

БИОСФЕРА

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

Том 5
№ 2

Санкт-Петербург
2013



BIOSPHERE

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

Vol. 5
No. 2
Saint-Petersburg
2013

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Президент Фонда научных исследований «XXI век»: А.И. Новиков (Санкт-Петербург)
Главный редактор: Э.И. Слепян (Санкт-Петербург)
Заместитель главного редактора: А.Г. Голубев (Санкт-Петербург)

Почетные члены редакционной коллегии

Г.В. Добровольский (Москва)
Ю.А. Израэль (Москва)
Г.И. Марчук (Москва)
Б.С. Соколов (Москва)

Российское представительство в редакционной коллегии

Т.Г. Авдеева (Москва)	И.А. Захаров-Гезехус (Москва)	В. Реген (Санкт-Петербург)
А.В. Адрианов (Владивосток)	Л.А. Ильин (Москва)	Г.С. Розенберг (Тольятти)
С.М. Алексеев (Москва)	А.С. Исаев (Москва)	Р.Б. Рыбаков (Москва)
В.Р. Болов (Москва)	Г.А. Исаченко (Санкт-Петербург)	В.Б. Сапунов (Санкт-Петербург)
В.Н. Большаков (Екатеринбург)	Л.Н. Карлин (Санкт-Петербург)	А.В. Селиховкин (Санкт-Петербург)
Л.Я. Боркин (Санкт-Петербург)	А.И. Кривченко (Санкт-Петербург)	Г.А. Софронов (Санкт-Петербург)
Ю.С. Васильев (Санкт-Петербург)	Л.А. Кудерский (Санкт-Петербург)	С.А. Степанов (Москва)
Э.М. Галимов (Москва)	А.П. Кудрявцев (Москва)	М.Д. Уфимцева (Санкт-Петербург)
В.И. Данилов-Данильян (Москва)	Ю.К. Новожилов (Санкт-Петербург)	М.А. Федонкин (Москва)
Ю.Ю. Дгебуадзе (Москва)	Г.Г. Онищенко (Москва)	М.П. Федоров (Санкт-Петербург)
В.А. Драгавцев (Санкт-Петербург)	В.И. Осипов (Москва)	М.В. Флинт (Москва)
Г.В. Жижин (Санкт-Петербург)	Г.В. Осипов (Москва)	А.И. Фокин (Москва)
А.А. Жученко (Москва)	К.М. Петров (Санкт-Петербург)	А.Ф. Цыб (Обнинск)
М.Ч. Залиханов (Москва)	Ю.А. Рахманин (Москва)	В.Т. Ярмишко (Санкт-Петербург)

Международное представительство в редакционной коллегии

И. Алитало (Финляндия)	А. Карабанов (Белоруссия)	А. Рафиков (Узбекистан)
Д. Беккулова (Киргизия)	М. Клявинш (Латвия)	А. Сагателян (Армения)
О. Брейдбах (Германия)	В. Контримавичус (Литва)	С. Сатторов (Таджикистан)
Р. Гаглоев (Южная Осетия)	А. Мелдебеков (Казахстан)	Ф. Фурдуй (Молдавия)
Ф. Гаджи-заде (Азербайджан)	З. Миквабия (Абхазия)	В. Чехун (Украина)
Т. Девдариани (Грузия)	Я. Олексин (Польша)	П. Эсенов (Туркменистан)
Ю. Канн (Эстония)	А. Петков (США)	

Верстка: Т.А. Слащева
Корректор: Н.А. Натарова

Администратор сайта: Е.А. Руденко
Логотип: О.Г. Бурова

Адрес редакции: 197110, Санкт-Петербург, Большая Разночинная ул., д. 28; *Тел./факс:* (812) 347-61-38;
Эл. почта: biosphaera@21mm.ru;

Электронная версия: <http://www.biosphere21century.ru> (ISSN 2077-1460)

Издание журнала «БИОСФЕРА» осуществляется при финансовой поддержке Правительства Санкт-Петербурга
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций: ПИ № ФС77-32791 от 08 августа 2008 г.

EDITORIAL BOARD

President of XXI Century Research Foundation

Editor-in-Chief

Deputy Editor-in-Chief

A.I. Novikov

(Saint-Petersburg)

E.I. Slepian

(Saint-Petersburg)

A.G. Golubev

(Saint-Petersburg)

HONORARY EDITORIAL BOARD

G. V. Dobrovolskiy (Moscow)

Yu. A. Izrael (Moscow)

G.I. Marchuk (Moscow)

B.S. Sokolov (Moscow)

RUSSIAN REPRESENTATION

T.G. Avdeyeva (Moscow)

A.V. Adrianov (Vladivostok)

S.M. Alexeyev (Moscow)

V.R. Bolov (Moscow)

V.N. Bolshakov (Yekaterinburg)

L.Ya. Borkin (Saint-Petersburg)

Yu.S. Vasiliyev (Saint-Petersburg)

E.M. Galimov (Moscow)

V.I. Danilov-Daniliyan (Moscow)

Yu.Yu. Dgebuadze (Moscow)

V.A. Dragavtsev (Saint-Petersburg)

G.V. Zhizhin (Saint-Petersburg)

A.A. Zhuchenko (Moscow)

M.Ch. Zalikhanov (Moscow)

I.A. Zakharov-Gezeus (Moscow)

L.A. Ylyin (Moscow)

A.S. Isayev (Moscow)

G.A. Isachenko (Saint-Petersburg)

L.N. Karlin (Saint-Petersburg)

A.I. Krivchenko (Saint-Petersburg)

L.A. Kuderskiy (Saint-Petersburg)

A.P. Kudriavtsev (Moscow)

Yu. K. Novozhilov (Saint-Petersburg)

G.G. Onischenko (Moscow)

V.I. Osipov (Moscow)

G.V. Osipov (Moscow)

K.M. Petrov (Saint-Petersburg)

Yu. A. Rakhmanin (Moscow)

V. Regen (Saint-Petersburg)

G.S. Rosenberg (Togliatti)

R.B. Rybakov (Moscow)

V.B. Sapunov (Saint-Petersburg)

A.V. Selikhovkin (Saint-Petersburg)

G.A. Sofronov (Saint-Petersburg)

S.A. Stepanov (Moscow)

M.D. Ufimtseva (Saint-Petersburg)

M.A. Fedonkin (Moscow)

M.P. Fedorov (Saint-Petersburg)

M.V. Flint (Saint-Petersburg)

A.I. Fokin (Moscow)

A.F. Tsyb (Obninsk)

V.T. Yarmishko (Saint-Petersburg)

FOREIGN REPRESENTATION

I. Alitalo (Finland)

D. Bekkulova (Kyrgyzstan)

O. Breidbach (Germany)

R. Gagloev (South Ossetia)

F. Gadzhi-zade (Azerbaijan)

T. Devdariani (Georgia)

U. Kann (Estonia)

A. Karabanov (Belarus)

M. Klavinsh (Latvia)

V. Kontrimavichus (Lithuania)

A. Meldebekov (Kazakhstan)

Z. Mikvabia (Abkhazia)

J. Oleksyn (Poland)

A. Petkov (USA)

A. Rafikov (Uzbekistan)

A. Sagatelian (Armenia)

S. Sattorov (Tadjikistan)

F. Furduy (Moldova)

V. Chekhun (Ukraine)

P. Esenov (Turkmenistan)

Layout: T.A. Slascheva

Proofreading: N.A. Natarova

WWW site administrator: E.A. Rudenko

Logotype: O.G. Burova

Address: 28 Bolshaya Raznochinnaya, 197110, Saint-Petersburg, Russia;

Phone/fax: +7(812)347-61-38; E-mail: biosphaera@21mm.ru;

Online version: <http://www.biosphere21century.ru> (ISSN 2077-1460)

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

В ПАМЯТЬ ОБ УШЕДШИХ ИЗ ЖИЗНИ ЧЛЕНАХ РЕДКОЛЛЕГИИ		IN MEMORY OF DECEASED MEMBERS OF EDITORIAL BOARD
Гурий Иванович Марчук – выдающийся гражданин России <i>Э.И. Слепян</i>	.....VI.....	Guriy Ivanovich Marchuk – prominent citizen of Russia <i>E.I. Slepyan</i>
Глеб Всеволодович Добровольский – замечательный представитель научной интеллигенции России <i>Э.И. Слепян</i>	.....X.....	Gleb Vsevolodovich Dobrovolskiy – outstanding paragon of Russian scientific intelligentsia <i>E.I. Slepyan</i>
Александр Александрович Жученко – выдающийся растениевод и генетик <i>Э.И. Слепян, В.А. Драгавцев</i>	.....XV.....	Aleksandr Aleksandrovich Zhuchenko – prominent plant geneticist and breeder <i>E.I. Slepyan, V.A. Dragavtsev</i>
ТЕОРИЯ		THEORY
ФРАКТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СТРУКТУРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БИОТИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ Д.Б. Гелашвили, Г.С. Розенберг, Д.И. Иудин, В.Н. Якимов, Л.А. Солнцец	.....143.....	FRACTAL ASPECTS OF STRUCTURAL STABILITY OF BIOTIC COMMUNITIES D.B. Gelashviliy, G.S. Rozenberg, D.I. Iudin, V.N. Yakimov, L.A. Solntsev
ПРАКТИКА		PRACTICE
КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ) ЧАСТЬ II: ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ Д.Н. Ковалев, Г.А. Носков, М.Г. Носкова, И.Ю. Попов, Т.А. Рымкевич	.....160.....	A CONCEPT OF DEVELOPMENT OF REGIONAL NETWORKS OF PROTECTED AREAS AS APPLIED TO SAINT-PETERSBURG AND LENINGRAD OBLAST PART I: ORGANIZATIONAL ASPECTS D.N. Kovalev, G.A. Noskov, M.G. Noskova, I.Yu. Popov, T.A. Rymkevich
ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЙ УРАНА И ТОРИЯ В ПОЧВАХ Г. ЧЕРЕМХОВО (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ) И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ В СВЯЗИ С ДОБЫЧЕЙ И СЖИГАНИЕМ КАМЕННОГО УГЛЯ П.В. Кузнецов, В.И. Гребенщикова, Т.С. Айсуева	.....175.....	ESTIMATES OF URANIUM AND THORIUM LEVELS IN SOILS OF THE CITY OF CHEREMKHOVO AND ITS ENVIRONS (IRKUTSKAYA OBLAST) AND THEIR RELATIONSHIPS WITH COAL MINING AND BURNING P.V. Kuznetsov, V.I. Grebenshchikova, T.S. Aisueva
ПРИРОДА		NATURE
МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И РАСПАДА АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ И ОБЛАЧНОСТИ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ Л.С.Ивлев	.....182.....	MECHANISMS OF GENERATION AND DECAY OF ATMOSPHERIC AEROSOLS AND CLOUDS AND THEIR ECOLOGICAL SIGNIFICANCE L.S. Ivlev
СООТНОШЕНИЕ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТОРФЯНЫХ И САПРОПЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ Н.Н. Бамбалов	.....211.....	RELATIONSHIPS BETWEEN BIOTIC AND ABIOTIC PROCESSES IN PEAT AND SAPROPEL SEDIMENTS FORMATION N.N. Bambalov
ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ В.В. Волков	.....223.....	THE FIFTH ELEMENT V.V. Volkov
ОБЩЕСТВО		SOCIETY
О НОВОЙ ПАРАДИГМЕ АНТИНАРКОТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ, ОТРИЦАЮЩЕЙ НАСИЛИЕ И РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ПРАВО НА РАЗВИТИЕ В.П. Иванов	.....234.....	ON A NEW PARADIGM OF ANTI-DRUG POLICY, WHICH DENIES VIOLENCE AND RESPECTS THE RIGHT TO DEVEL- OPMENT V.P. Ivanov
КОНФЕРЕНЦИЯ ООН ПО УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ «РИО+20»: ГОД СПУСТЯ Т.Г. Авдеева	.....237.....	UN CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT “RIO+20”: ONE YEAR AFTER T.G. Avdeeva
ОЧЕРК ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ «ЗЕЛЕННОГО ДВИЖЕНИЯ» В ЛЕНИНГРАДЕ – САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ С КОНЦА 1970-х гг. ПО НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ Ю.С. Шевчук	.....246.....	REFLECTIONS ON THE DEVELOPMENT OF “GREEN MOVEMENT” IN LENINGRAD- SAINT-PETERSBURG SINCE LATE 1970-ies UP TO PRESENT Yu.S. Shevchuk
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭТИКА БУДДИЗМА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА О.В. Доржигушаева	.....254.....	THE ECOLOGICAL ETHICS OF BUDDHISM: THEORY AND PRACTICE O.V. Dorzhigushaeva

ПРИЛОЖЕНИЯ		APPENDICES
Сведения об авторах	.....i.....	Author references
Правила оформления рукописи и проведения статьи до публикации в журнале «Биосфера»	.....vi.....	Authors' guide and manuscript processing procedure

**Журнал «Биосфера» входит в
Перечень российских рецензируемых научных журналов,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты
диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук**

**ЖУРНАЛ «БИОСФЕРА»
РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ
ПО ПОДПИСКЕ
(БУМАЖНАЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИИ)**

1. В России подписаться на бумажную версию журнала можно в отделениях почтовой связи по каталогу Агентства «Роспечать» (подписной индекс 22926, каталожная цена за 1 номер – 700 руб.), заполнив почтовые бланки и оплатив стоимость подписки (период подписки – полугодие).

2. Подписку можно оформить и через редакцию. Для этого:
– физическим лицам достаточно заполнить подписной купон, оплатить квитанцию в любом отделении Сбербанка и отправить копии квитанции и купона в редакцию по факсу (812) 347-61-38, по электронной почте: sales@21mm.ru или по почте: 197110, ул. Б. Разночинная, д. 28, редакция журнала «Биосфера»;
– юридическим лицам достаточно отправить заявку на подписку в редакцию по факсу (812) 347-61-38, по электронной почте: sales@21mm.ru или по почте: 197110, ул. Б. Разночинная, д. 28, редакция журнала «Биосфера», и затем оплатить счет, выставленный редакцией согласно заявке. Редакционная цена за 1 номер – 800 руб. Доставка журналов осуществляется по почте.

3. Подписку в остальные страны рекомендуем оформить через агентство «Информнаука», Москва. Телефон: (495) 787-38-73, e-mail: ovk@viniti.ru, rtg@viniti.ru сайт: www.informnauka.com, наш индекс 22926. Каталожная цена за 1 номер – 800 руб.

4. Электронные версии журнала можно приобрести или подписаться на них по адресам: www.esmi.subscribe.ru, www.pressa.ru, www.imobilco.ru.

5. По вопросам подписки обращаться по телефону (812)347-61-38, e-mail: sales@21mm.ru, Акулин Борис Васильевич. Вся информация – на сайте www.biosphere21century.ru.



**Академик
Гурий Иванович Марчук
(08.06.1925–24.03.2013)**

24 марта 2013 г. в возрасте восьмидесяти семи лет ушел из жизни почетный член редколлегии журнала «Биосфера» академик Гурий Иванович Марчук – выдающийся ученый и выдающийся гражданин России, внесший гигантский личный вклад в ядерную физику, математику, познание океана и атмосферы, метеорологию, экологию, борьбу с инфекционными болезнями, взаимопонимание между государствами. Гурий Иванович был доступным в общении и благожелательным человеком, и к нему с неперенным уважением и доверием относились как руководители многих стран, так и деятели нации и культуры. За свои заслуги Гурий Иванович был удостоен многих отечественных и зарубежных наград и почетных званий.

Редакционный коллектив журнала «Биосфера» выражает свое искреннее соболезнование семье, близким, ученикам и последователям Гурия Ивановича.

ГУРИЙ ИВАНОВИЧ МАРЧУК – ВЫДАЮЩИЙСЯ ГРАЖДАНИН РОССИИ

Э.И. Слепян

24 марта 2013 г. в возрасте восьмидесяти семи лет ушел из жизни один из наиболее выдающихся деятелей и лидеров отечественной науки академик Гурий Иванович Марчук, которого в полной мере оправдано именовать великим гражданином и великим ученым.

Первая послесибирская встреча моя с Гурием Ивановичем произошла в Государственном комитете по науке и технике СССР, руководителем которого он являлся, по инициативе академика Кирилла Яковлевича Кондратьева, своего коллеги (в том числе и по интересам). В Москве в 1992 г. в издательстве «Наука» была опубликована монография «Приоритеты глобальной экологии», авторы которой – Г.И. Марчук и К.Я. Кондратьев. Расспросив меня и узнав, что я выпускник Ленинградского университета, Гурий Иванович обрадовался и с живостью сказал мне, что рад встретить коллегу, так как и его Alma Mater – Ленинградский университет. Гурий Иванович, однако, не ленинградец. Он родился 8 июня 1925 г. в селе Петро-Херсонце Оренбургской области, его родители – сельские учителя Иван Петрович Марчук и Елизавета Афанасьевна Марчук (урожденная Цибульская). Окончив среднюю школу, Гурий Иванович поступил на математико-механический факультет Ленинградского университета и с первого курса был призван в армию (стал слушателем Школы артиллерийской разведки), участвовал в Великой Отечественной войне, после ее победоносного окончания в 1945 г. был демобилизован, вернулся на учебу,

поступил в аспирантуру и в 1949 г. университетское образование и аспирантуру завершил.

Вскоре после окончания университетского образования и аспирантуры началась деятельность Гурия Ивановича как дипломированного специалиста. Местом его исследовательской деятельности в 1952–1953 гг. был Геофизический институт Академии наук, в 1953–1962 гг. – Физико-энергетический институт Академии наук (он являлся заведующим отделом), в 1963–1980 гг. – Вычислительный центр Сибирского отделения Академии наук (в котором он был назначен директором), в 1980 г. – Отдел вычислительной математики Академии наук (который был им создан и возглавлен и в 1991 г. стал самостоятельным Институтом вычислительной математики Академии наук, в котором Гурий Иванович восемь лет был директором, а с 2000 г. – почетным директором). Нельзя не отметить, что в 1951 г. Гурий Иванович получил аттестат профессора и в 1962–1980 гг. был заведующим кафедрой вычислительной математики Новосибирского университета, в 1980–2003 гг. заведовал кафедрой математического моделирования физических процессов Московского физико-технического института, в 2004 г. возглавил кафедру вычислительных технологий и кибернетики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

В 1952 г. Гурий Иванович Марчук защитил кандидатскую диссертацию (тема диссертации «Динамика крупномасштабных полей метеорологических

элементов в бароклинной атмосфере»), через четыре года в 1956 г. защитил докторскую диссертацию (тема диссертации «Численные методы расчета ядерных реакторов») и стал в итоге дипломированным ученым. Следует отметить, что темы диссертаций и их направленность различны. Объединяет обе темы математический подход.

В 1962 г. Г.И. Марчук был избран членом-корреспондентом Академии наук по Отделению энергетики, а в 1968 г. – академиком Академии наук по Отделению физики атмосферы. Как член Академии наук Г.И. Марчук в 1975–1980 гг. являлся Председателем Сибирского отделения Академии наук и одновременно ее вице-президентом. В 1980 г. Г.И. Марчук был назначен председателем Государственного комитета по науке и технике СССР и, далее, заместителем Председателя Совета Министров СССР.

Вторая встреча с Гурием Ивановичем произошла у меня осенью 1984 г. по рекомендации академика К.Я. Кондратьева. Я обратился к Гурию Ивановичу (в это время Председателю Комитета по науке и технике СССР) со следующим письмом:

*Академику Г.И. Марчуку
Глубокоуважаемый Гурий Иванович!*

Мною проводятся исследования в области экологической и сравнительной патологии свободноживущих и одомашненных организмов, существенные для диагностики и прогнозирования экологических ситуаций, при восстановлении нарушенных экологических систем, а также при решении иных биосферных проблем пограничного характера.

Упомянутая тематика междисциплинарна и требует определенной самостоятельности, необходимой для ее дальнейшего развития и практического применения результатов (в настоящее время исследования осуществляются в Зоологическом институте АН СССР, к которому они имеют лишь частичное отношение).

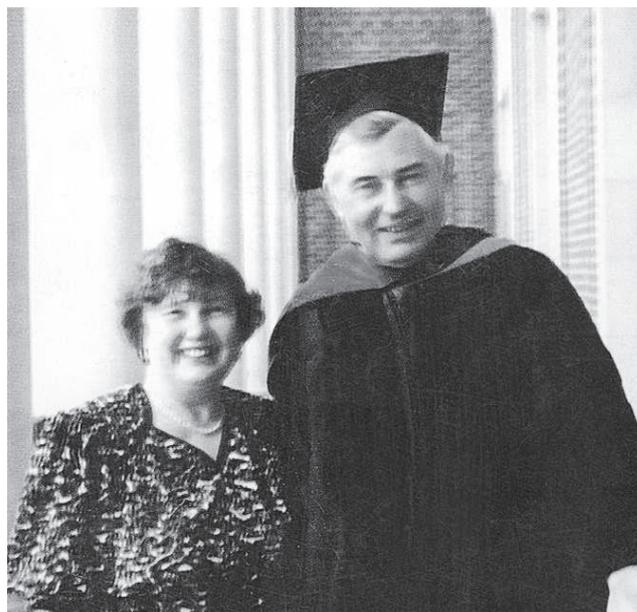
Обращаюсь к Вам с просьбой помочь в решении вопроса об организационных условиях разработки названной тематики, которая приобретает все большее и разностороннее значение.

Э.И. Слепян, доктор биологических наук

Гурий Иванович принял меня в своем кабинете в здании Комитета, внимательно ознакомился с содержанием моего письма в его адрес, задал вопросы о научных и прикладных направлениях исследования, остался доволен, позвонил в отдел кадров Академии наук и договорился об увеличении численности сотрудников вверенного мне научного коллектива. Вместе с тем, осознавая, что такая его поддержка может оказаться недостаточна, на моем машинописном обращении написал резолюцию: «Акад. И.А. Глебову. Большая просьба вникнуть в эти вопросы и сообщить мне свое мнение. 1.XI.1984. Г. Марчук». (Академик Игорь Алексеевич Глебов был Уполномоченным Президиума Академии наук СССР по Ленинграду.

Несмотря на свое высокое положение в обществе, чрезвычайную занятость и высочайшую научную известность, в личных общениях и в повседневной жизни Гурий Иванович оставался доступным для общения и благожелательным человеком, интересным

и внимательным собеседником, всегда готовым поддержать существенное начинание. Хорошо помню, как в сентябре 2008 г. я позвонил ему по служебному телефону, который был мне известен, и сказал, что у меня есть одно важное предложение лично к нему. Гурий Иванович ответил, что если предложение важное, а возможно и интересное, то приезжайте ко мне домой, где поговорим и в спокойной домашней обстановке все обсудим. Естественно, что, получив такое приглашение, я отправился к Гурию Ивановичу домой, был представлен жене Ольге Николаевне Марчук – выпускнице, как и Гурий Иванович, Ленинградского университета, но не математико-механического, а химического факультета по специальности радиохимия (Ольга Николаевна вышла замуж за Гурия Ивановича в 1951 г.).



Ольга Николаевна и Гурий Иванович Марчук

Море света и радости

Репродукции картин

О. Н. МАРЧУК

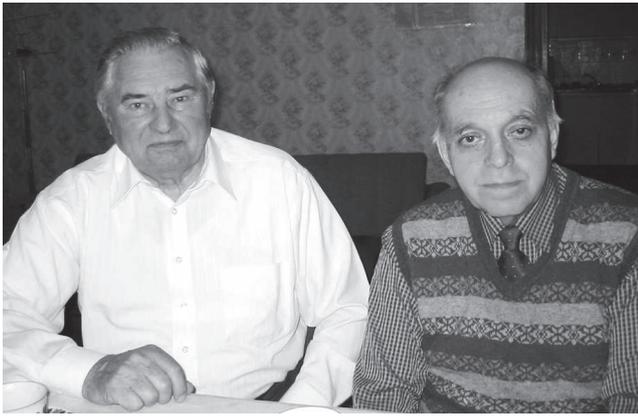
Масло, акварель



*Вашему другу Исидору Слепяну
с добрыми пожеланиями. Ольга*
12 сент. 2008 г.

Москва
Издательство «Знание»
2001

Уместно отметить, что, когда мне посчастливилось быть гостем Гурия Ивановича, Ольга Николаевна сфотографировала за чаепитием Гурия Ивановича и меня, и эта очень дорогая мне фотография бережно мной сохраняется и стоит в моем кабинете в рамке. Во время этого же чаепития Ольга Николаевна преподнесла мне в подарок подписанный ею на память альбом репродукций своих картин. Совместно Ольга Николаевна и Гурий Иванович подарили мне и одну из своих вместе написанных книг – «Пройденный путь» с памятной надписью.



Акад. Г. И. Марчук и проф. Э.И. Слепян

В это время обдумывал я возможность издания журнала «Биосфера», который представлялся мне как междисциплинарный и не только научный, но и прикладной и был бы посвящен познанию биосферы в ее прошлом, настоящем и предполагаемом будущем, в том числе и с целью освоения и научно обоснованного использования ее ресурсов и фондов. Естественно, что при домашней встрече с Гурием Ивановичем я детально обрисовал ему ситуацию с журналом, рассказал про договоренность о его издании, достигнутую с Фондом научных исследований «XXI век», и спросил о возможности введения его в редакционную коллегию как Почетного члена. После этого я обратился к Гурию Ивановичу с просьбой предложить для первого номера, который, как я предполагал, должен выйти из печати во второй половине 2009 г., научную статью по любой из проблем, касающихся биосферы как целого. Гурий Иванович дал свое согласие и при следующей встрече, которая также состоялась у него дома, предложил мне статью «Динамика и кинетика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере и их значение для биосферы», написанной им в соавторстве со своим учеником доктором физико-математических наук Арташем Еремовичем Алоянном. Моя радость была несказанной, и я обратился к Гурию Ивановичу с просьбой о совете, что предпринять для придания вновь издаваемому журналу необходимого «веса». Несколькими днями раньше я обратился к академику Глебу Всеволодовичу Добровольскому (почвоведу), академику Борису Сергеевичу Соколову (палеонтологу) и академику Армену Леоновичу Тахтаджяну (ботанику) с предложением войти в состав редакционной коллегии журнала «Биосфера» в качестве почетных членов и получил согласие. Гурий Иванович рекомендовал мне обратиться ко многим членам и членам-корреспондентам Российской академии наук, Российской академии медицинских наук, Российской академии сельскохозяйственных наук, Российской академии архитектуры и строительных наук, Российской инженерной академии, в МЧС, к ректорам вузов, в Дипломатическую академию МИД и т. д. За подписями Президента Фонда научных исследований «XXI век» и моей как главного редактора журнала мы направили письма более чем шестидесяти специалистам, и от пятидесяти двух было получено согласие. Редакционный коллектив был создан, и 23 октября 2009 г. был подписан выход из печати номер первый тома первого журнала «Биосфера».

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Г. И. Марчук
О. Н. Марчук

Пройденный путь

*Глубокому уважению
Гурию Ивановичу
Слепяну от автора*

В. И. Г. Марчук
12/IX/13

МОСКВА НАУКА 2004

Все рекомендованное Гурием Ивановичем и обсужденное с ним было осуществлено. Это было весьма важно для журнала «Биосфера» – принципиально нового по замыслу и предполагаемому содержанию. У Гурия Ивановича был уже значительный и многолетний опыт участия в журнальной деятельности и руководства этой деятельностью (с 1983 по 1989 г. Гурий Иванович был главным редактором журнала «Исследования Земли из космоса», хорошо известного как российским, так и иностранным специалистам; главным редактором Российского журнала «Численный анализ и математическое моделирование», издающегося на русском языке в Голландии; членом редакционных коллегий шести международных научных журналов).

Как уже было отмечено выше, научное наследство Г.И. Марчука – более 350 публикаций – книг, статей, опубликованных выступлений, причем Гурий Иванович не избегал приглашать в подготовленное им для издания соавторов, хотя идеологом и автором написанного был он сам лично. Таких приглашенных соавторов более ста. Все это свидетельствует не только о научной щедрости и дружелюбии Гурия Ивановича, но и о его доступности в общении, способности к человеческому контакту, в полном отсутствии у него так называемого «бронзовения», мании величия, подчеркивании личной значимости, нередко присущих многим из тех, кто достиг высокого положения в обществе. В связи с этим нельзя не отметить, что у Гурия Ивановича и Ольги Николаевны были и сохранились многие личные друзья. Вполне оправдано и следует в то же время отметить, что Гурий Иванович был депутатом Верховного Совета СССР десятого и одиннадцатого созывов (то есть дважды), Лауреатом Ленинской премии (1961 г.), Лауреатом Государственной премии (1979 г.), Лауреатом Государственной премии Российской Федерации (2000 г.), был четыре раза награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени, орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени (2005 г.), многими медалями и премиями Академии наук – имени А.А. Фридмана (1975 г.), имени П.Л. Чебышева (1996 г.), имени М.В. Ломоносова (2004 г.), Международной премией им. А.П. Карпинского, Демидовской премией, орденами Франции, Индии, Кубы, включая высшую награду Французской Республики – Орден Почетного Легиона. Гурий Иванович был избран иностранным членом академий наук девяти стран, доктором Honoris causa университетов США, Франции, Израиля, Индии, Чехословакии.

Изложенное убеждает, что с уходом Гурия Ивановича Марчука из жизни Российская Федерация потеряла выдающегося человека, во всех отношениях выдающуюся личность – воина, педагога, ученого, общественника, организатора и руководителя исследований, имеющих первостепенное значение для России, государственно-го деятеля.

Вполне оправдано подчеркнуть, что Гурий Иванович Марчук пользовался безусловным уважением и доверием многих сотен как отечественных, так и зарубежных представителей культуры, науки, высшего руководства государств.

Среди тех, кто хорошо знал и высоко ценил Гурия Ивановича, в соответствии с последовательностью алфавита должны быть упомянуты такие ученые, как А.Г. Аганбегян, А.П. Александров, Ж.И. Алферов, В.А. Амбарцумян, Н.Г. Басов, Н.Н. Блохин, Н.Н. Боголюбов, Е.П. Велихов, В.Л. Гинзбург, Г.С. Голицын, В.Т. Иванов, Ю.А. Израэль, П.Л. Капица, М.В. Келдыш, И.А. Кибель, В.А. Кириллин, А.Н. Колмогоров, К.Я. Кондратьев, М.В. Котляков, И.В. Курчатов, Н.П. Лаверов, М.А. Лаврентьев, А.А. Ляпунов, Н.Н. Моисеев, А.С. Мониин, А.Н. Несмеянов, А.М. Обухов, Ю.А. Овчинников, А.П. Окладников, Ю.С. Осипов, Б.Е. Патон, Р.В. Петров, Л.С. Понтрягин, П.Р. Прохоров, Р.З. Сагдеев, А.Д. Сахаров, Н.Н. Семенов, Г.К. Скрябин, С.Л. Соболев, Б.С. Соколов, В.Е. Соколов, К.В. Фролов, М.Г. Хубларян, М.М. Шемякин, О.Ю. Шмидт, А.Л. Яншин; такие выдающиеся представители отечественной культуры, как Ч.Т. Айтматов, Р. Гамзатов, Л.Г. Зыкина, Е.В. Образцова, Р.С. Стручкова, М.А. Ульянов, О.Г. Эрдели; такие государственные деятели России, как Ю.В. Андропов, А.Н. Акаев, Н.К. Байбаков, Л.И. Брежнев, Е.К. Лигачев, П.Т. Машеров, Н.А. Назарбаев, Е.М. Примаков, Н.И. Рыжков, Е.П. Славский, Д.Ф. Устинов, В.Я. Ходырев; космонавты В.В. Терешкова, А.А. Серебров и другие; такие представители науки и государственные деятели зарубежных стран, как И. Бабушка, А.В. Балакришнан, Р. Бейтс, д-р Бука, Дж. Буш, П. Вайан-Кутюрье, д-р Варадареджан, И. Ганди, Р. Ганди, Р. Гловински, Дж. Голуб, Ф.-М. Гонсалес, А. Гор, проф. Дальквист, Ш. Де-Голль, д-р Дока, проф. Железный, Е. Калней, А. Касахара, Ф. Кастро, Р. Кастро, А. Квартерони, У.К. Кекконен, М. Койвисто, Р. Курант, д-р Курихара, П.Д. Лакс, Ж. Лёре, Ж.-Л. Лионе, Э. Лоренц, М.А. Маженес, Ф. Майор, Р. Макферсон, д-р Манабе, д-р Маркес, Ф. Миттеран, д-р Накасоне, д-р Наньхун Го, Дж. Неру, Р. Никсон, Дж. Ниренберг, У. Пальме, А. Папандреу, М. и О. Плам, Л. Полинг, Ж. Помпиду, проф. Поттер, Н.Р. Рао, Дж. Смагоринский, М. Тэтчер, Дж. Форсайт, Ф. Хендлер, д-р Чжоу, Ф. Шуман и бесчисленное количество других ученых и государственных деятелей.

Все изложенное – безусловное и убедительное свидетельство и подтверждение того значения и того влияния, которое имел и которое оказывал Гурий Иванович Марчук на мировую науку, политические и общественные процессы, происходящие в России и в мире. Очевидно и естественно, что еще многие годы достижения Гурия Ивановича будут использовать в научном познании и его практических приложениях.

Прямые продолжатели дела Гурия Ивановича – три сына Ольги Николаевны и его – Андрей, Александр, Николай, ставшие математиками (профессорами, докторами физико-математических наук). Ольге Николаевне семья обязана возможностью спокойной плодотворной работы и особой семейной одухотворенностью. Она – радиохимик по университетскому образованию –

стала, что называется, по призыву души живописцем – автором множества натюрмортов, писанных маслом, и акварельных работ (неоднократно по приглашению выставившихся). Это, естественно, создало особый настрой, который обеспечивает для всех членов семьи успешность творческой деятельности.

Одна из знаменательных для меня встреч с Гурием Ивановичем Марчуком произошла на организованной Правительством Санкт-Петербурга, Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации, Санкт-Петербургским центром содействия Программе ООН по окружающей среде (ЮНЕПКОМ), Российской академией естественных наук, Экологической академией Российской Федерации, Русским географическим обществом, Международным научно-исследовательским и прикладным академическим центром сравнительной и экологической патологии и биоэкологического контроля, АО «Промышленно-строительный банк» Санкт-Петербурга, Санкт-Петербургским региональным постоянно действующим научно-практическим семинаром по проблемам нарушения и восстановления экологических систем Юбилейной годичной международной научной конференции «Фундаментальные научные и прикладные проблемы экологии на рубеже третьего тысячелетия» (состоявшейся на десятый год деятельности семинара). Председателем Организационного комитета Юбилейной конференции был автор этих строк.

17 декабря 1996 г. на открытии XI симпозиума «Биосфера как целое» состоялся доклад Гурия Ивановича «Глобальные изменения в атмосфере и океане и их значение для судьбы биосферы», который был первым. Вторым докладом был доклад академика А. Л. Яншина (Президента Экологической академии Российской Федерации) «Глобальные экологические проблемы и их значение для биосферы». Третьим докладом был доклад академика К.Я. Кондратьева «Глобальная биосфера как основа экологического благополучия». Четвертым докладом был доклад доктора физико-математических наук В.Н. Трояна (проректора Санкт-Петербургского государственного университета) и кандидата биологических наук Н.К. Белишевой (старшего научного сотрудника Физического факультета СПбГУ) «Геосферно-биосферные взаимодействия» и пятый доклад – доклад академика В.Н. Большакова (директора Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН) «Роль адаптаций организмов в судьбе биосферы».

Полагаю вполне уместным далее отметить следующее. 27–30 января 1970 г. в актовом зале Ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР состоялась очередная конференция учащихся старших классов средних школ. Ее тематика – «Проблемы защиты растений глазами старшеклассников». В первый день конференции после вступительного слова директора Ботанического института члена-корреспондента АН СССР А.А. Федорова и моего доклада как руководителя факультативного курса по теоретической биологии для старшеклассников «Профессиональная ориентация учащихся старших классов средних школ в области биологических дисциплин» выступила в соответствии с программой конференции моя школьная подопечная, ученица 8 класса средней школы № 55 Петроградского района Ирина Неуймина, с докладом «Консорции и фитопатогенные организмы». В задних рядах актовом

го зала сидел и внимательно слушал доклад Ирины ее дед профессор Кирилл Федорович Огородников (годы жизни 1900–1985).



Акад. Л.С. Берг
и проф. К.Ф. Огородников

В годы Великой Отечественной войны Ленинградский университет был эвакуирован в Саратов, в котором и оказался Кирилл Федорович вместе со своим математико-механическим факультетом. Живя в Саратове, Кирилл Федорович посетил так называемую Духовницкую школу, в которой учился будущий академик Г.И. Марчук, а в те годы обычный школьник. Отец

Гурия Ивановича учитель Иван Петрович Марчук пригласил Кирилла Федоровича домой, так как видел, что профессор после встречи со школьниками устал и был,

конечно же, голоден. Во время ужина Кирилл Федорович спросил юношу Гурия: «Гурий, ты на будущий год школу заканчиваешь, куда думаешь поступать?» Гурий ответил: «В Баумановское училище». После этого ответа Кирилл Федорович сказал: «А почему? Если хочешь стать настоящим ученым, поступай в университет, а из университетов лучший Ленинградский» [цит. по: *Марчук Г.И., Марчук О.Н. Пройденный путь.* – М.: Наука, 2004. – 208 с. – С. 195]. Целесообразно отметить, что К.Ф. Огородников, доктор физико-математических наук, университетский профессор, интересовался многими самыми разнообразными проблемами, был весьма разносторонним и в связи с широкими научными интересами встречался со многими учеными. Один из его собеседников, например, корифей отечественного естествознания академик Лев Семенович Берг – знаменитый ученый-географ, климатолог, гляциолог, биолог, историк науки и т. д., президент Русского географического общества.

Гурий поступил в соответствии с советом профессора Огородникова. Результат этого решения – послеузовский жизненный путь Гурия Ивановича Марчука.





**Академик
Глеб Всеволодович
Добровольский
(22.09.1915–08.04.2013)**

8 апреля 2013 г. в возрасте девяносто восьми лет ушел из жизни почетный член редколлегии журнала «Биосфера» академик Глеб Всеволодович Добровольский – выдающийся ученый России, почвовед с мировым именем, один из главных создателей современной науки о почве, внесший гигантский личный вклад в обоснование ее насущных проблем и разработку наиболее объективных и действенных методик ее изучения. Глеб Всеволодович был чрезвычайно доброжелательным и обаятельным человеком, к которому тянулись не только непосредственные коллеги и члены семьи, но и все окружающие. Глеба Всеволодовича ценили и любили все, кому выпало счастье быть с ним знакомым, как российские, так и зарубежные специалисты. Наследство Глеба Всеволодовича – крупнейшая научная школа и множество публикаций – книг, учебников, статей. Глеб Всеволодович был удостоен многих наград и почетных званий. Редакционный коллектив журнала «Биосфера» выражает искреннее соболезнование близким, ученикам и соратникам Глеба Всеволодовича Добровольского.

ГЛЕБ ВСЕВОЛОДОВИЧ ДОБРОВОЛЬСКИЙ – ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ НАУЧНОЙ ИНТЕЛЛИГЕНЦИИ РОССИИ

Э.И. Слепян

8 апреля 2013 г. в возрасте девяносто восьми лет ушел из жизни академик Глеб Всеволодович Добровольский – выдающийся ученый России, почвовед с мировым именем, действительный член Российской академии наук, почетный член Российской академии естественных наук и Международной академии наук высшей школы, доктор биологических наук, заслуженный профессор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Глеб Всеволодович Добровольский – замечательный представитель научной интеллигенции России.

Глеб Всеволодович родился в Москве в 1915 г. 22 сентября по новому стилю, в десятилетнем возрасте (в 1925 г.) поступил в семилетнюю школу, окончил ее в 1930 г. и на следующий год стал учеником фабрично-заводского училища при Московской городской электростанции (МОГЭС). В 1931 г. по завершении обучения в училище он поступил на геолого-почвенный факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. После завершения университетского образования в октябре 1939 г. Глеб Всеволодович был принят в аспирантуру на кафедру географии почв к профессору Д.Г. Виленскому, но в ноябре 1941 г. в связи с началом Великой Отечественной войны был призван в Красную Армию и по 1946 г. служил в инженерных войсках в звании техника-лейтенанта.

После победы над гитлеровскими оккупантами Глеб Всеволодович вернулся к исследованиям по аспирант-

ской теме, в 1948 г. подготовил кандидатскую диссертацию на тему «Красноцветные почвы Южного берега Крыма в районе Аю-Дага», которую в 1949 г. успешно защитил. В этом же году Глеб Всеволодович стал ассистентом кафедры географии почв и младшим научным сотрудником университетского научно-исследовательского института почвоведения. В 1951 г. Глеб Всеволодович был избран старшим сотрудником кафедры географии почв биолого-почвенного факультета Московского университета и оставался им по 1961 г.



С 1951 по 1953 г. Глеб Всеволодович являлся заместителем директора Биолого-почвенного научно-исследовательского института Московского университета и в 1961 г. был избран заведующим кафедрой географии почв Московского университета и служил в этой должности более тридцати лет по 1992 г. В 1964 г. Глеб Всеволодович защитил докторскую диссертацию на тему «Почвы речных пойм бассейна верхней и средней Волги». В 1965 г. ему было присвоено ученое звание профессора. В 1966 г. Глеб Всеволодович был избран членом Центрального совета Всесоюзного общества почвоведов, а в 1971 г. – членом его Президиума. С 1969 по 1970 г. Глеб Всеволодович служил заведующим почвенным отделением биолого-почвенного факультета и председателем факультетского Ученого совета. Десять лет с 1969 по 1979 г. Глеб Всеволодович служил в Московском университете в должности председателя Совета по вопросам учебной и научной работы в области сельского хозяйства. С 1970 по 1973 г. Глеб Всеволодович был деканом биолого-почвенного факультета Московского университета и одновременно председателем Специализированного совета университета по присуждению ученой степени доктора биологических наук по специальности почвоведение и агрохимия.

С 1973 по 1989 г. Глеб Всеволодович был инициатором, организатором и, соответственно, первым деканом факультета почвоведения. С 1970 г. до ухода из жизни Глеб Всеволодович был членом Ученого совета Университета. С 1977 по 1989 г. он был членом президиума Центрального совета Всесоюзного общества почвоведов и председателем Комиссии по генезису, географии и классификации почв этого общества. С 1978 по 1980 г. – был членом Специализированного совета при Институте географии Академии наук СССР по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора географических наук. В 1999 г. Глеб Всеволодович был избран членом бюро Координационного экологического совета Университета.

1984 г. стал для Глеба Всеволодовича Добровольского знаменательным. Он был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР по Отделению биологических наук, а через восемь лет – в 1992 г. – действительным членом Российской академии наук.

В 1996 г. Глеб Всеволодович стал директором Института почвоведения, подведомственного Московскому университету и Российской академии наук, и оставался в этой должности, будучи при этом членом бюро Отделения общей биологии Российской академии наук, до конца жизни.

Всю свою сознательную жизнь Глеб Всеволодович посвятил познанию почв и разработке методик их изучения. Результат – установление сравнительных закономерностей и общих законов этой основополагающей науки и возникновение школы «Эколого-генетическое направление почвенных исследований», признанной в 1996 г. ведущей научной школой, руководителем которой академик Г.В. Добровольский оставался до конца жизненного пути.

Как член Академии наук Глеб Всеволодович выполнял самые разнообразные поручения Академии. В 1981 г. он стал членом Экспертной комиссии АН СССР, а через десять лет, в 1991 г., – председателем Экспертной комиссии АН СССР и позже Российской академии наук по присуждению премии и золотой медали имени В.В. Докучаева за выдающиеся научные открытия в области почвоведения.

С 1985 по 1993 г. Глеб Всеволодович был членом бюро Отделения биохимии, биофизики и химии физиологически активных соединений Академии наук СССР и вице-президентом Всесоюзного общества почвоведов при Российской академии наук. В 1985 г. Глеб Всеволодович был избран председателем научного Совета Академии наук по проблемам почвоведения и мелиорации почв, а также членом Научного совета Академии наук по проблемам биосферы. Глеб Всеволодович исполнял возложенное в этих Советах до конца жизненного пути.

В 1988 г. Глеб Всеволодович стал членом Научного совета Академии наук по проблемам инженерной геологии и гидрогеологии и членом Научного совета по государственной программе «Исследование живой природы, включая вопросы биотехнологии».

В 1989 г. Глеб Всеволодович был избран Президентом Всесоюзного общества почвоведов, которое в 1992 г. стало Обществом почвоведов при Российской академии наук, а в 1996 г. – Докучаевским обществом почвоведов при Российской академии наук. С 1993 г. Глеб Всеволодович был членом Национального комитета Российской академии наук по международной геосферно-биосферной программе и заведующим лабораторией «Экологические функции почв» Института эволюционной морфологии и экологии животных имени А.Н. Северцова Российской академии наук. Все эти обязанности Глеб Всеволодович исполнял до ухода из жизни.

С тех пор как в 1989 г. Глеб Всеволодович был избран Президентом Всесоюзного общества почвоведов, он активно участвовал во всех съездах общества. В 1996 г. на Втором съезде общества, посвященном 150-летию со дня рождения В.В. Докучаева, он выступал не только с отчетным докладом о деятельности общества за период с 1992 по 1996 г., но и с научным докладом «Докучаев и современное естествознание». На третьем съезде Глеб Всеволодович выполнял функцию не только председателя Организационного комитета, но и докладчика, выступив с докладом «Почвоведение на рубеже веков». На четвертом съезде Глеб Всеволодович сделал доклад «Итоги и перспективы почвоведения в начале XXI века».

В 1998 г. Глеб Всеволодович стал сопредседателем Научного совета Академии по охране культурного и природного наследия, в 1999 г. был избран членом Секции литературы по биологическим наукам Научно-издательского совета Академии и членом Регионального отделения Научного совета Академии по проблемам экологии и чрезвычайным ситуациям, в 2001 г. он был утвержден заместителем председателя российской части Российско-монгольской комиссии по научному сотрудничеству Российской академии наук и Академии наук Монголии, в 2002 г. он стал членом экспертной комиссии Академии по присуждению премии имени Д.Н. Прянишникова, а в 2005 г. был избран председателем этой экспертной комиссии.

Глеб Всеволодович никогда не отказывался, несмотря на свою чрезмерную занятость, от поручений и просьб иных организаций, к которым имел отношение. В 1985 г. он был приглашен стать членом Главной редакции Государственной почвенной карты СССР. С 1988 по 1992 г. он являлся членом Национального комитета России в Международной геосферно-биосферной программе (IGBP) Международного совета научных союзов (ICSU), с 1974 по 1987 г. – членом бюро Межведомственного научно-технического совета по комплексным проблемам охраны окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов

при Государственном комитете СССР по науке и технике и одновременно председателем секции Комитета по рациональному использованию и охране почв и земельных ресурсов, с 1978 по 1985 г. – членом Экспертного совета Высшей аттестационной комиссии СССР по агрономии и сельскому хозяйству, в 1980 г. он был утвержден членом Секции биологии Комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР в области науки и техники при Совете министров СССР, с 1991 по 1993 г. – был членом Экспертного совета секции биологии Высшей аттестационной комиссии и с 1994 г. – участником Пленума Высшей аттестационной комиссии, с 1992 по 2000 г. он был членом бюро и председателем Секции охраны почв Научно-технического совета Министерства экологии и природных ресурсов Российской Федерации, в 1998 г. – был утвержден членом Научного совета Министерства науки и технологий Российской Федерации по программе «Биологическое разнообразие», Федеральной целевой научно-технической программы на 1996–2000 гг. «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники гражданского назначения», в 1998 г. он стал членом Проблемного научно-методического совета по борьбе с опустыниванием Российской сельскохозяйственной академии, членом Экологического консультативного совета при мэре Москвы, членом секции «Охрана почв и агроэкология» Высшего экологического совета при Комитете по экологии Государственной Думы Российской Федерации и членом Совета Московского общества испытателей природы.

Следует отметить, что Глеб Всеволодович был отменным любителем чтения, ценителем книг и, естественно, строгим редактором. Ввиду его читательских познаний он постоянно привлекался к редакторской деятельности, весьма ответственной как со служебной, так и с личной точек зрения (обидеть автора он считал недопустимым). С 1962 по 1989 г. Глеб Всеволодович был членом редакционной коллегии журнала «Научные доклады высшей школы. Серия „Биологические науки“», с 1977 по 1991 г. он был главным редактором журнала «Вестник Московского Университета. Серия 17 „Почвоведение“», с 1988 г. он был главным редактором академического журнала «Почвоведение», а с 1991 г. – членом редакционной коллегии журнала «Природа».

Число научных собраний, симпозиумов, конференций, съездов, конгрессов, парламентских слушаний, форумов, в которых Глеб Всеволодович принимал участие на протяжении жизни, – более сорока. Их последовательность по годам следующая: 1966 г. – III Всесоюзный съезд почвоведов (Тарту); 1968 г. – XII Международный конгресс по истории науки (Франция); 1970 г. – IV Всесоюзный съезд почвоведов (Тбилиси); 1972 г. – V Всесоюзный съезд почвоведов (Алма-Ата); 1974 г. – X Международная конференция почвоведов (Москва) и руководство Международным симпозиумом по микроморфологии почв (Москва); 1976 г. – V Конгресс почвоведов (Югославия), Международный симпозиум по земельным ресурсам Мира (Самарканд), руководство Всесоюзным совещанием «Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв» (Москва), 1977 г. – V Всесоюзный съезд почвоведов (Минск); 1978 г. – XI Международный конгресс почвоведов (Канада) и I Всесоюзная конференция «Взаимодействие природы и общества» (Москва); 1980 г. – Международный симпозиум «Спасите наши почвы» (Сочи); 1981 г. – VI Всесоюзный съезд почвоведов (Тбилиси); 1989 г. –

VIII Всесоюзный съезд почвоведов (Новосибирск), Международный симпозиум «Человек и биосфера – история и современность» (г. Пущино, Моск. обл.) и 9 Международный симпозиум по биогеохимии окружающей среды (Москва); 1990 г. – Международная конференция по загрязнению почв (Карлсруэ, Германия); 1995 г. – конференция по Международной геосферно-биосферной программе (IGBP) и доклад «Дегградация почв – угроза экологического кризиса и экономической нестабильности» (Москва), Всероссийский съезд по охране природы, Международный конгресс географов «Глобальные изменения и география» и совместный с Г.С. Кустом доклад на тему «Методы прогноза глобальных изменений почв», Всероссийский конгресс «Рациональное природопользование России в переходный социально-экономический период» и доклад «Почвы России – ее национальное богатство и основа экологического благополучия», участие в деятельности Рабочей группы Государственной Думы Российской Федерации по подготовке «Закона о почвах»; 1996 г. – II съезд Общества почвоведов при Российской академии наук, посвященный 150-летию со дня рождения В.В. Докучаева, выступления на нем с отчетным докладом о деятельности Общества в 1992–1996 гг. и с научным докладом «Докучаев и современное естествознание»; 1996 г. – 10-я Международная конференция по микроморфологии почв (Москва); 1997 г. – Международная научная конференция «Генезис и охрана горных почв Средиземноморья» и доклад «Генезис красноцветных почв южного берега Крыма» (Тбилиси), сопредседательство на Международной конференции «Проблемы антропогенного почвообразования» (Москва), председательство на заседании научного оргкомитета во 2-й Международной конференции по криопедологии (Сыктывкар); 1998 г. – участие в Международной конференции «Экология больших городов» и доклад «Экологические функции почв в городах»; 1999 г. – председатель Международной конференции по проблемам опустынивания и деградации почв и выступление с вступительным словом; 2000 г. – сопредседатель на Международной научной конференции «Экосистемы центральной Азии» (к 30-летию Советско-Монгольской комплексной биологической экспедиции) и доклад «О деградации почв Монголии и путях ее преодоления» (Улан-Батор, Монголия), доклад на Парламентских слушаниях в Государственной Думе Российской Федерации, посвященных охране почв, доклад на Международной конференции по экологии и устойчивому развитию городов (Москва); 2001 г. – Съезд славянских народов Белоруссии, Украины и России, руководство секцией «Защита экосистем и земель как основы жизни славянских народов» (Москва), доклад на заседании Национального форума по стратегии сохранения живой природы России (Москва), председательство на организационном комитете Международного симпозиума «Функции почв в биосферно-геосферных системах» и доклад «Функционально-экологическая роль почв в биосфере» (Москва); 2003 г. – II Международная конференция «Роль гуминовых веществ в биосфере» (Москва); 2004 г. – V Международная конференция по фитолитному анализу (Москва), сопредседательство Международным симпозиумом по классификации почв и доклад на тему «Еще раз о принципах классификации почв» (Петрозаводск), IV съезд Докучаевского общества почвоведов и доклад «Итоги и перспективы почвоведения в начале XXI века» (Новосибирск).

Изложенное – убедительное свидетельство творческой активности Глеба Всеволодовича и глубокого понимания им как фундаментальных научных, так и фундаментальных прикладных проблем и аспектов науки о почвах.

Заслуги Глеба Всеволодовича Добровольского в научном познании почв и в понимании возможностей и путей обоснования и разработки технологий их исследования с целью их охраны, поддержания их плодородия, сохранения их функций в биосфере и рационального использования как необходимого и незаменимого компонента экологических систем очевидна и признана во всем мире. Труды Глеба Всеволодовича – ценнейшее достояние Российской Федерации.

Участие Глеба Всеволодовича Добровольского в Великой Отечественной войне отмечено многими наградами, в том числе медалями «За Победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «За Победу над Японией», «За боевые заслуги» Орденом Отечественной войны II степени с юбилейной медалью «40 лет Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

Большое число правительственных, академических и зарубежных наград и почетных званий Глеб Всеволодович Добровольский получил за свои научные, организационные и педагогические достижения. Среди этих наград – медаль «За трудовое отличие» (1961), медаль «За доблестный труд» (1970), орден «Знак почета» (1971), орден Трудового Красного Знамени (1976, 1986), нагрудный знак Министерства высшего и специального образования ГДР «За заслуги в специальном образовании» (1977), орден Дружбы народов (1981), орден Российской Федерации «За заслуги перед Отечеством» (1995, 2005). В 2013 г. он был награжден посмертно Большой золотой медалью имени М.В. Ломоносова Российской академии наук и посмертно Государственной премией Российской Федерации.

Помимо орденов и медалей Глеб Всеволодович Добровольский удостоен многих премий, почетных званий, дипломов, грамот и титулов, среди них премия имени академика В.Р. Вильямса за работу «Почвы речных пойм центра Русской равнины» (1971 г., от Тимирязевской сельскохозяйственной академии); премия имени М.В. Ломоносова I степени за цикл работ «Почвенно-географическое районирование как научное направление и основа рационального использования земельных ресурсов» (1984), премия имени В.Р. Вильямса за работу «География почв» (1985); Государственная премия СССР за цикл работ «Почвы мира: картография, генезис, ресурсы, освоение» (1987), премия имени В.Р. Вильямса за работу «Функции почв в биосфере и экосистемах» (1999), Почетный диплом от Комиссии Академии наук СССР по разработке научного наследия академика В.И. Вернадского (1989), Государственная премия в области науки и техники за руководство циклом работ «Функционально-экологические основы изучения, охраны, повышения плодородия почв и рационального использования почвенных ресурсов» (2002), премия и диплом Благотворительного фонда поддержки науки имени академика В.Е. Соколова за работы в области общей биологии и экологии (2003), премия Президента Российской Федерации за большие достижения в решении проблем развития экономики России (2004), премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники за разработку экологических и природно-ре-



сурсных атласов России и премия Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова «За выдающийся вклад в развитие образования» (2005).

В 1990 г. Глеб Всеволодович был избран почетным членом Казахстанского общества почвоведов при Академии наук Казахской ССР; в 1997 г. – почетным доктором Грузинского аграрного университета; в 1998 г. – почетным членом Украинского общества почвоведов; в 2000 г. – почетным членом Международного союза наук о почвах и почетным членом Национального общества почвоведов Молдовы.

Г.В. Добровольский – создатель и руководитель одной из ведущих научных школ России, тематика которой – эколого-генетические почвенные исследования. Эта школа возникла на кафедре географии почв Московского университета – Alma Mater Глеба Всеволодовича. Под его руководством подготовлены и успешно защищены 14 докторских и 35 кандидатских диссертаций.

Предмет исследований Глеба Всеволодовича – не только общие проблемы истории и теории почвоведения, но и детальная разработка проблем генезиса, эволюции, классификации, типологии, географии, картографии, морфологии и экологических функций почв. Им обоснована и создана технология последовательного и преемственного минералого-микроморфологического анализа генезиса почв (которой он занимался более тридцати лет – с 1950 по 1983 г.), разработаны фундаментальные основы генезиса, классификации и рациональные технологии практического использования аллювиальных почв, установлены эколого-геохимические закономерности почвообразования и эволюции почв в долинах и дельтах рек Европейской России и Западной Сибири (познанием которой он занимался двадцать лет – с 1956 по 1984 г.). Совместно с Ю.Д. Никитиным Глеб Всеволодович разработал концепцию эколого-генетических функций почв в биосфере, на разработку которой также ушло более двадцать лет – с 1986 по 1990 г.

Педагогическая деятельность Глеба Всеволодовича включала курсы лекций по истории и методологии почвоведения, систематике, классификации и географии почв на факультете почвоведения Московского университета, а также подготовку многих учебников и пособия – «География почв» (в соавторстве с И.С. Урусевской; два издания в 1984 и 2004 г.); «Охрана почв» (в соавторстве с Л.А. Гришиной); «A Methodological Manual of Soil Micromorphology» (Gent : International Training Center for Postgraduate Soil Scientists, 1991).

Итог исследовательской деятельности Глеба Всеволодовича – около 600 публикаций. В их числе монография – «Почвы речных пойм русской равнины» (1986 г.), «География почв центрального экономического района СССР» (соавтор и редактор, 1972 г.), «Функции почвы в биосфере» (главный редактор, 1999 г.), «Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы» (соавтор Б.Д. Никитин, 2000 г.), «Регуляторная роль почв в



Г.В. Добровольский (справа)
и Э.И. Слепян



Г.В. Добровольский (справа)
и Г.Н. Фельдштейн

функционировании таежных экосистем» (ответственный редактор, 2002 г.), «Структурно-функциональная роль почвы и почвенной биоты в биосфере» (главный редактор, 2003 г.), Избранные труды по почвоведению, Том 1, Том 2 (2005 г.), разномасштабные почвенные карты и карты почвенно-географического районирования России, стран Содружества независимых государств, Монголии и мира (создание и публикация с 1972 по 1997 г.), обобщенная характеристика географического разнообразия почв России (Большая Российская Энциклопедия). Книга «Жизненный путь почвовед» (М. : Изд-во МГУ, 2013. – 416 с.) была опубликована после ухода Глеба Всеволодовича из жизни.

Моя встреча с Глебом Всеволодовичем Добровольским произошла на кафедре почвоведения Московского университета в 2008 г., когда я и руководитель Научно-инженерного центра «Потенциал-2» Григорий Наумович Фельдштейн (известный специалист по очистке и оздоровлению сточных вод) посетили его с целью получить согласие стать почетным членом редакционной коллегии создаваемого в Санкт-Петербурге по моей инициативе нового по замыслу и ожидаемому со-

держанию журнала «Биосфера», об издании которого была достигнута договоренность с Фондом научных исследований «XXI век». С такой же просьбой, но в иное время я обращался к академикам А.Л. Тахтаджяну (ботанику), Г.И. Марчуку (математику, посвятившему жизнь разработке проблем ядерной физики, экологии, метеорологии, океанологии, иммунологии) и Б.С. Соколову (палеонтологу). Согласие было получено от всех академиков.

С Глебом Всеволодовичем у меня сложились доверительные и благожелательные отношения. Для издаваемого к моему 80-летию сборника научных работ «Актуальные проблемы биологии и экологии» им была написана статья «Почвоведение как междисциплинарная синтетическая наука», за что, естественно, Глебу Всеволодовичу я безмерно и бесконечно благодарен. Я часто звонил ему в Москву, и он как-то сказал мне, что готовит для журнала «Биосфера» обстоятельную статью о насущных проблемах почвоведения, возникших в самое недавнее время. К скорби и печали не только почвоведов, но и всей российской науки, эта статья не была написана.





**Академик
Александр Александрович
Жученко
(25.09.1935–01.06.2013)**

1 июня 2013 г. в возрасте 77 лет ушел из жизни член редколлегии журнала «Биосфера» Александр Александрович Жученко – выдающийся растениевод и генетик, доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии наук и Академии сельскохозяйственных наук, Академии наук Республики Молдова, Аграрной академии Республики Беларусь, Вице-президент Вавиловского общества генетиков и селекционеров, заслуженный деятель науки Российской Федерации. Научное наследие Александра Александровича Жученко – более 600 научных трудов, в том числе 11 монографий, и более 30 изобретений. Его достижения в области экологической генетики растений и их селекции, стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства признаны во всем мире и отмечены многими наградами, в том числе орденом «За заслуги перед отечеством» IV степени и Золотой медалью имени Н.И. Вавилова. Редакционный коллектив журнала «Биосфера» выражает членам семьи и близким Александра Александровича Жученко свое искреннее соболезнование.

АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ ЖУЧЕНКО – ВЫДАЮЩИЙСЯ РАСТЕНИЕВОД И ГЕНЕТИК

Э.И. Слепян, В.А. Драгавцев

1 июня 2013 г. в возрасте 77 лет ушел из жизни выдающийся растениевод и генетик Александр Александрович Жученко – доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии наук, Российской академии сельскохозяйственных наук, Академии наук Молдавии, Аграрной академии Белоруссии, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, вице-президент Вавиловского общества генетиков и селекционеров.



**Родители
А.А. Жученко**

Александр Александрович родился 25 сентября 1935 г. в г. Ессентуки. Его родители – Александр Григорьевич и Таïсия Александровна Жученко. Отец – военный, погиб в 1943 г.

После окончания средней школы Александр Александрович учился в Высшем сельскохозяйственном институте имени В. Коларова в Болгарии, окончил его с отличием в 1960 г. и сразу же поступил на работу в Молдавский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия и овощеводства (МНИ-ИОЗиО). Первая его должность – научный сотрудник, далее – главный агроном Кагульского опытного поля, с 1961 по 1963 г. – заведующий отделом агротехники Кагульской опытной станции. Из научно-исследовательского института Александр Александрович перешел на должность директора совхоза «Семилетка» в селе Зернешты. Затем в 1966 г. он был назначен

начальником Главного управления орошаемого земледелия Министерства сельского хозяйства Молдавской ССР. В 1967 г. он стал директором Молдавского научно-исследовательского института орошаемого земледелия и овощеводства Министерства сельского хозяйства Молдавии и оставался им до 1976 г. В 1973 г. Александр Александрович был утвержден генеральным директором Научно-производственного объединения «Днестр», а через три года избран вице-президентом и академиком-секретарем Отделения биологических и химических наук Академии наук Молдавской ССР. В 1974 г. А.А. Жученко стал доктором биологических наук, в 1976 г. – профессором. В 1977 г. Александр Александрович был избран президентом Академии наук Молдавской ССР и оставался им до 1989 г. В 1977 г. он стал академиком Академии сельскохозяйственных наук Германской Демократической Республики, в 1979 г. – членом-корреспондентом Академии наук СССР по Отделению общей биологии, в 1980 г. – директором Института экологической генетики Академии наук Молдавии, в 1985 г. – академиком Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина и директором Института экологической генетики Академии наук Молдавской ССР. В 1989 г. он был назначен заместителем председателя Государственного комитета СССР по науке и технике (то есть заместителем академика Гурия Ивановича Марчука). В 1992 г. он был избран вице-президентом Российской академии сельскохозяйственных наук (по 2009 г.) и назначен заведующим кафедрой генетики Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева и Лабораторией рекомбиногенеза Всероссийского научно-исследова-

тельского института сельскохозяйственной биотехнологии (по 2007 г.). В 1993 г. он был избран академиком Аграрной академии наук Республики Беларусь и академиком Аграрных наук Болгарии, в 2006 г. он стал академиком Российской академии наук по отделению биологических наук. А.А. Жученко занимал посты вице-президента Вавиловского общества генетиков и селекционеров и председателя правления фонда им. А.Т. Болотова, был членом бюро Научного совета РАН по проблемам экологии и чрезвычайным ситуациям, членом Рабочей группы по льну при Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, председателем Международного фонда русского льна, председателем редакционного совета журнала «Сельскохозяйственная биология», членом редакционного совета журналов «Экологическая генетика», «Агро XXI».



В кабинете А.А. Жученко (в центре)
академики Г.И. Марчук (слева) и В.С. Шевелуха (справа)

Важнейшая организаторская черта Александра Александровича Жученко – его умение и способность находить достойных, наиболее способных и образованных людей для своей команды. В разное время с ним работали академик Молдавской академии наук профессор А.А. Спасский (известный паразитолог, ученик создателя школы российских гельминтологов академика К.И. Скрябина), академик Г.В. Лазурьевский (химик и биохимик), профессор А.Е. Коварский, академик Я.И. Принц (создатель школы по борьбе с бичом винограда – филлоксерой), известный физиолог и биохимик растений С.И. Пашкар, доктора биологических наук П.Х. Кискин, П.Н. Недов, Л.А. Собецкий, И.Ф. Слоновский, Б.В. Верещагин, Б.Т. Матиенко, О.В. Бляндур, В.Н. Лысиков, С.Г. Сулима, Н. Тугоци, А.А. Чеботарь, С. Плугару и многие другие.

Результатами исследований А.А. Жученко и созданной им школы адаптивного растениеводства (7 докторов и 50 кандидатов наук) стали:

- всесторонний системный анализ генетической обусловленности филогенетических и онтогенетических адаптаций возделываемых растений;
- обоснование целесообразности учета и использования преадаптивных способностей сельскохозяйственных растений;
- установление своеобразия функционирования и взаимной связи генетических систем овощных растений;
- обоснование и подтверждение принципиально новой стратегии адаптивной интенсификации растениеводства и сельского хозяйства в целом;

- выявление и доказательство первостепенного значения мейотической рекомбинации в адаптивно важной генотипической изменчивости сельскохозяйственных растений, доступной для искусственного отбора;
- разработка практических технологий индукции рекомбинаций у сельскохозяйственных растений;
- обоснование, доказательство, подтверждение и формулирование, на примере томатов, важнейших положений как частной, так и экологической генетики в применении к селекции сельскохозяйственных растений;
- выявление качественно новых механизмов адаптивных реакций сельскохозяйственных растений – как возникших в филогенезе, так и формирующихся в онтогенезе;
- обоснование целесообразности комплексного изучения процессов адаптации, возникновения рекомбинаций и становления агробиоценозов с использованием системного подхода;
- анализ возможностей и перспектив повышения не только продуктивности агроландшафтов, но и их способности улучшать состояние природной среды;
- формулирование эколого-генетических основ адаптивной интенсификации растениеводства – в первую очередь создания сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, сочетающих высокую продуктивность и экологическую устойчивость, и конструирования агроэкосистем и агроландшафтов на основе эволюционно-аналогового подхода.

Свои выдающиеся научные и организационные таланты А.А. Жученко посвятил развитию сложнейшей и труднейшей ветви современной генетики – экологической генетике растений. Это – эмерджентные надмолекулярные взаимодействия лимитирующих факторов среды с продуктами генов в растительных клетках, осложненные поведением гормональных систем целостного организма растений.

А.А. Жученко в течение многих лет выяснял возможные эффекты функционального взаимодействия генетических систем, контролирующих модификационную и генотипическую изменчивость растений. Поскольку модификационную изменчивость традиционно изучает онтогенетика, а генотипическую вариабельность – популяционная генетика, то оказалось, что эффекты их взаимодействия не изучает никто. А.А. Жученко сумел создать принципиально новую, самостоятельную научную дисциплину, слив воедино существенные экологические и генетические переменные в одну сложнейшую систему, и описать неизвестные ранее «целостные» реакции эколого-генетических систем в разных экологических и селекционных ситуациях. Он не только обнаружил и описал, как говорят биологи Германии, совершенно новые «гештальт-эффекты», но и разработал оптимальные пути и методы управления ими. А.А. Жученко показал, что рекомбинация, хотя и зависит от случайных мутаций, ускоряет эволюцию, объединяя их в потомстве гетерозигот в адаптивно значимые сочетания. «Мы считаем, что беспрецедентно быстрое формирование громадного числа видов цветковых растений, которое Ч. Дарвин (1859) назвал „ужасной тайной“, стало возможным только благодаря мейотической рекомбинации», – писал он в одной из своих монографий (Жученко, 1980). С учетом полигенной природы важнейших адаптивно значимых и хозяйственно ценных признаков высших растений, высокой интегрированности их генома, разработке методов эндо- и экзогенного управления мейотической рекомбинацией культурных растений

этому генетическому процессу в обозримом будущем будет принадлежать первостепенная роль.

А.А. Жученко организовал первый в мире Институт экологической генетики в Кишиневе, создал широко известную школу экологических генетиков растений, многие из которых сегодня успешно развивают эту очень важную ветвь генетики. Среди них его сын А.А. Жученко-мл. – доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии сельскохозяйственных наук, директор Научного центра «Средоулучшающие фитотехнологии» Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений.

На территории Института экологической генетики А.А. Жученко поставил один из первых в СССР памятников Н.И. Вавилову.



У памятника Н.И. Вавилову

Научное и практическое наследство А.А. Жученко – более 600 научных публикаций, в том числе книг и брошюр, более 30 изобретений. Основные монографии: «Генетика томатов» (Кишинев, 1973. – 663 с.); «Экологическая генетика культурных растений» (Кишинев, 1980. – 587 с.); «Рекомбинация в эволюции и селекции» (соавт. А.Б. Король. М., 1985. – 400 с.); «Адаптивный потенциал культурных растений: эколого-генетические основы» (Кишинев, 1988. – 767 с.); «Эколого-генетические основы селекции томатов» (соавторы Н.Н. Балашова и др.; Кишинев, 1988. – 430 с.); «Архитектура репродуктивной системы томатов. Генетический подход» (Кишинев, 1990. – 201 с.); «Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке» (Саратов, 2000. – 275 с.); «Адаптивная система селекции растений. Эколого-генетические основы» (М., 2001. Т. 1. – 780 с., Т. 2. – 785 с.); «Экологическая генетика культурных растений» (Самара, 2003. – 274 с.); «Экологическая генетика культурных растений и проблемы агроосфе-



В.И. Драгавцев
и А.А. Жученко

ры: теория и практика» (М., 2004, Т. 1. – 688 с., Т. 2. – С. 695–1153); «Ресурсный потенциал производства зерна в России: теория и практика» (М., 2004. – 1109 с.); «Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика». Т. 1. «Проблемы адаптации в сельском хозяйстве XXI века. Значение адаптивного потенциала культурных видов растений. Стратегия адаптивной интенсификации растениеводства» (М., 2008. – 813 с.); «Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика». Т. 2. «Биологизация и экологизация интенсификационных процессов как основа перехода к адаптивному развитию АПК. Основы адаптивного использования природных, биологических и техногенных ресурсов» (М., 2009. – 1098 с.); «Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика». Т. 3. «Особенности реализации стратегии адаптивной интенсификации растениеводства в условиях России» (М., 2009. – 958 с.); «Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. Теория и практика» (Краснодар, 2010. – 485 с.); «Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации» (М., 2012. – 583 с.).

За заслуги перед сельским хозяйством России и зарубежных стран А.А. Жученко удостоен орденов Ленина (1966 г.), Октябрьской Революции (1973 г.), Трудового Красного Знамени (1971, 1981, 1985 гг.), «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2006 г.), награжден многими медалями СССР, Российской Федерации и Болгарии, Золотой медалью им. Н.И. Вавилова, Большой Золотой медалью Словацкой академии наук, тремя Золотыми медалями Выставки достижений народного хозяйства, золотой медалью Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

По рекомендации академика Г.И. Марчука А.А. Жученко вошел в состав редакционной коллегии Междисциплинарного научного и прикладного журнала «Биосфера».

Авторы этих строк знали Александра Александровича много лет по встречам в Кишиневе и в Москве. Мы знали его как доброго и отзывчивого человека, ценителя книг и музыки, с большой и явной заинтересованностью обсуждающего обращенные к нему вопросы, мысли и предложения.

ФРАКТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СТРУКТУРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БИОТИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ

Д.Б. Гелашвили^{1*}, Г.С. Розенберг², Д.И. Иудин¹,
В.Н. Якимов¹, Л.А. Солнцев¹

¹ Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского –
Национальный исследовательский университет, Нижний Новгород, Россия;

² Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия

* Эл. почта: ecology@bio.unn.ru

Статья поступила в редакцию 20.02.2013; принята к печати 24.04.2013

Устойчивость биотических сообществ к воздействию внешних и внутренних факторов является одной из самых актуальных проблем теоретической и прикладной экологии. Классическая теоретическая экология опирается на гипотезу о положительной связи между разнообразием и устойчивостью сообществ. Трудности ее разработки связаны с отсутствием строго формализованных определений для понятий разнообразия и устойчивости и со сложностью самого понятия разнообразия. Целью настоящей статьи является теоретическая разработка гипотезы о связи стабильности сообщества с фрактальностью его структуры. Последовательное рассмотрение базисных понятий (фрактал, сообщество, устойчивость) позволило перейти к мультифрактальному описанию структуры сообщества, где виды могут вымирать поодиночке, но выживают только совместно в рамках взаимоотношений, имеющих определенную структуру. Приведены доводы в пользу предположения, что самоподобие (фрактальность) структуры биотических сообществ способствует самоорганизации и совместному выживанию популяций разных видов благодаря поддержанию их сообществ в гомеостатических диапазонах экологических параметров. Самоподобие задает структурный каркас сообщества, позволяющий оптимальным образом распределять потоки вещества и энергии в экосистеме.

Ключевые слова: фракталы, устойчивость, структура биотического сообщества.

FRactal Aspects of Structural Stability of Biotic Communities

D.B. Gelashvili^{1*}, G.S. Rozenberg², D.I. Iudin¹, V.N. Yakimov¹, L.A. Solntsev¹

¹ N.I. Lobachevskiy University, Nizhniy Novgorod, Russia;

² Institute of Volga Basin Ecology of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russia

* E-mail: ecology@bio.unn.ru

The stability of biotic communities against external and internal factors is one of the most urgent problem of theoretical and applied ecology. The classic theoretical ecology relies on the hypothesis that the association between the diversity and stability of a community is positive. Difficulties in developing the hypothesis include the lack of strictly formalized definitions for the notions of diversity and stability and the complexity of the very notion of diversity. The objective of the present paper is to treat theoretically the hypothesis that the stability of a community may be linked to the fractality of its structure. A sequential analysis of the basic concepts, i.e., fractal, community and stability allowed to proceed towards a multifractal description of epy structures of communities where, although species may become extinct separately, their survival is possible only within a system of their interactions featuring a certain structure. Arguments are presented that the self-similarity (fractality) of the structures of biotic communities facilitates their self-organisation and the mutual survival of populations of different species within homeostatic ranges of ecological parameters. Self-similarity defines a structural carcass of a community providing for an optimal distribution of material and energetic fluxes in the respective ecosystem.

Keywords: fractals, stability, structures of biotic communities.

Введение

Проблема устойчивости сообществ биологических видов к воздействию внешних и внутренних факторов различной природы является одной из самых актуальных в свете глобального тренда постоянного роста антропогенного воздействия на экосистемы. Одной из классических теоретических конструкций экологии является гипотеза о положительной связи между разнообразием и устойчивостью сообществ. Сложности в теоретической и эмпирической разработке этой гипотезы связаны, с одной стороны, с отсутствием строго формализованных определений понятий разнообразия и устойчивости, с другой – со сложностью контролируемого манипулирования такой структурообразующей характеристикой со-

общества, как разнообразие. Целью настоящей статьи является анализ *устойчивости* как имманентной характеристики *биотических сообществ* с позиций *фрактальной* геометрии. Попытаемся достичь поставленной цели, последовательно рассмотрев базисные понятия (*фрактал, сообщество, устойчивость*), от которых перейдем к мультифрактальному описанию структуры сообщества. В заключение рассмотрим гипотезу о связи фрактальной структуры и устойчивости сообщества¹.

¹ Символично, что источником ряда «фрактальных» идей была книга выдающегося биолога XX в. Р. Маргалефа «Облик биосферы» [23], название которой тесно перекликается с названием журнала «Биосфера».

Фракталы

Экспансия идей и методов фрактальной геометрии в различные области знаний явилась визитной карточкой конца XX столетия. Фрактальная геометрия является удобным математическим инструментом при анализе сложных систем, в которых отсутствует характерный масштаб.

Несмотря на широкое распространение, понятие фрактала до сих пор не имеет строгого и универсального определения. Б. Мандельброт (B. Mandelbrot) [22], говоря о фракталах, указывал: «Все фигуры, которые я исследовал и назвал *фракталами*, в моем представлении обладали свойством быть нерегулярными, но *самоподобными*». Таким образом, при характеристике фрактала центральным понятием оказывается самоподобие. В природе широко распространены системы, морфология и поведение которых демонстрируют *самоподобие* при изменении пространственно-временных интервалов, или, как говорят, *масштабную инвариантность* – один из фундаментальных видов симметрий физического мира, играющих формообразующую роль во Вселенной [49]. Рост деревьев и дренажные системы речных бассейнов, растительный покров и лесные пожары, структура облачности и грозовые электрические разряды, просачивание жидкости сквозь грунты и сейсмичность, эволюция популяций – все это примеры активного проявления самоподобия.

Математическим выражением самоподобия являются степенные законы. Если в однородной степенной функции

$$f(x) = cx^\alpha, \quad (1)$$

где c и α постоянные, подвергнуть x преобразованию подобия путем умножения на некоторую константу, то функция $f(x)$ по-прежнему будет пропорциональна x^α , хотя и с другим коэффициентом пропорциональности. Тот факт, что однородные степенные законы не имеют естественных внутренних масштабов, и обуславливает феномен масштабной инвариантности в самых разнообразных явлениях реального мира.

Главной количественной характеристикой фрактального объекта является его размерность [12]. Наиболее просто понятие размерности можно ввести как количество переменных (или измерений), необходимых для полного описания положения точки в пространстве. Так, для описания положения точки на плоскости необходимо указать две координаты, поэтому плоскость, так же как и любая другая гладкая поверхность, имеет размерность, равную 2, то есть двумерна. Описать положение точки на линии можно с помощью одной координаты, поэтому линия одномерна, ее размерность равна 1. Аналогично, размерность точки равна нулю; пространство, в котором мы все живем, трехмерно. Введенное таким интуитивным образом понятие размерности соответствует тому, что в математике называется топологической размерностью. Эта размерность всегда является целым числом. Масштабно-инвариантные системы обычно характеризуются нецелой – фрактальной – размерностью. Понятие дробной размерности на первый взгляд может показаться абсурдным, однако при работе с фрактальными объектами оно совершенно необходимо.

Рассмотрим общую схему определения меры множества. Пространство, в котором находится множе-

ство, покрывается областями некоторого характерного размера ε . Например, плоскость можно покрыть квадратной сеткой с размером ячейки ε . Затем подсчитывается число $N(\varepsilon)$ таких областей, в которые попали точки исследуемого множества. Процедура повторяется для разных ε , а мера определяется как предел:

$$M = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} N(\varepsilon) \cdot \varepsilon^D. \quad (2)$$

Здесь D соответствует размерности объекта. Если ошибиться с выбором D , получим либо ноль, либо бесконечность. Только при одном определенном значении размерности D существует ненулевой предел меры (2). Именно этот признак можно использовать для определения размерности фрактальных объектов:

$$D = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\varepsilon)}{\log \varepsilon}. \quad (3)$$

Размерность, определенную таким образом, то есть с помощью покрытия множества областями фиксированной формы и размера, математики называют емкостью множества или размерностью Колмогорова. Математически более строгим является понятие размерности Хаусдорфа. Отличие размерности Хаусдорфа заключается в том, что в ее определении при покрытии множества используются элементы произвольной формы и размера.

Рассмотрим свойства фракталов на примере триадной кривой Коха, впервые предложенной шведским математиком Хельге фон Кохом в 1904 г. [29]. Алгоритм ее построения начинается с прямолинейного отрезка единичной длины. Центральная треть отрезка вырезается, а на его месте надстраивается фиорд из двух отрезков, образующих с вырезанной частью равносторонний треугольник (рис. 1), получается фигура, являющаяся генератором нашего нового фрактала. На последующих шагах построения кривой Коха все прямолинейные отрезки просто заменяются уменьшенными копиями генератора, то есть их средняя треть вырезается и заменяется фиордом. В результате бесконечного повторения такой несложной процедуры получается очень красивая фигура, любая сколь угодно малая часть которой подобна целой конструкции.

Кривая Коха относится к обширному классу конструктивных фракталов, обладающих свойством строгого самоподобия. Для них фрактальная размерность вычисляется следующим образом. Пусть на некотором этапе построения конструктивного фрактала

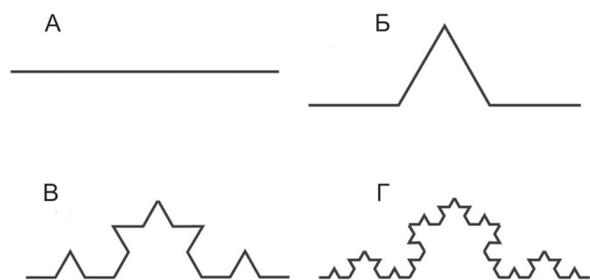


Рис. 1. Изображение итерационной процедуры построения кривой Коха

он состоит из $N(\varepsilon)$ элементов характерного размера ε , а на другом этапе из $N(\varepsilon')$ элементов размера ε' . Тогда величина фрактальной размерности может быть вычислена по формуле:

$$D = -\frac{\ln\left(\frac{N(\varepsilon)}{N(\varepsilon')}\right)}{\ln\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon'}\right)}. \quad (4)$$

Для кривой Коха получаем:

$$D = -\frac{\ln\left(\frac{4}{1}\right)}{\ln\left(\frac{1/3}{1}\right)} = \frac{\ln 4}{\ln 3} \approx 1,2619. \quad (5)$$

Длина кривой Коха не определена: ее величина зависит от точности измерения и расходится при увеличении этой точности. Действительно, на каждом шаге итерационной процедуры, представленной на рис. 1, длина образующейся ломаной увеличивается по сравнению с предыдущей в $4/3$ раза и составляет $(4/3)^n$, где n – номер шага процедуры.

Конструктивные фракталы (примером которых является кривая Коха) являются результатом повторения некоторого детерминированного алгоритма. Для них свойство самоподобия выполняется строго. В природе же обычно встречаются так называемые случайные, или стохастические фракталы. Их основное отличие от регулярных фракталов состоит в том, что свойство самоподобия проявляется в них статистически. Самоподобие проявляется в ансамбле и только после соответствующего усреднения по всем статистически независимым реализациям объекта. При этом для конкретной реализации увеличенная часть фрактала точно не идентична исходному фрагменту, однако их статистические характеристики совпадают.

Хрестоматийным примером природных стохастических фракталов служит береговая линия океанского побережья. Обратимся к результатам Ричардсона по измерению длины береговой линии британского побережья [42]. Использованный им метод измерения длины можно описать следующим образом. Установим раствор циркуля на некоторую заданную длину ε , которую назовем длиной шага, и пройдемся этим циркулем вдоль интересующей нас береговой линии, начиная каждый новый шаг в той точке, где закончился предыдущий. Количество шагов, умноженное на длину ε , даст нам приблизительную длину берега $L(\varepsilon)$. Логично было бы ожидать, что при уменьшении длины шага ε значение длины побережья быстро сойдется к некоторому значению, называемому истинной длиной. Однако Ричардсон обнаружил совсем иной эффект: при уменьшении длины шага ε длина побережья $L(\varepsilon)$ склонна увеличиваться неограниченно, то есть фактически бесконечна. Такое поведение береговой линии связано с тем, что она не является гладкой кривой, а представляет собой фрактал (отметим, что длина кривой Коха ведет себя абсолютно аналогично). При увеличении масштаба ее рассмотрения (то есть при уменьшении ε) неизбежно появляются новые подробности, новые полуострова и бухты, а на них еще более мелкие полуострова и бухточки и так далее. Рассматривая изображения береговой линии, выполненные в разных масштабах, например 1:1000000 и 1:10000, мы не сможем сказать, какому масштабу соответствует каждая из картин: обе выглядят одинаково (рис. 2). Это означает, что береговая линия самоподобна, то есть является масштабно-инвариантным объектом или, другими словами, объектом, не имеющим характерной длины.

Длина побережья в эксперименте Ричардсона описывается следующим приближенным уравнением:

$$L(\varepsilon) = L_1 \cdot \varepsilon^{1-D}, \quad (6)$$

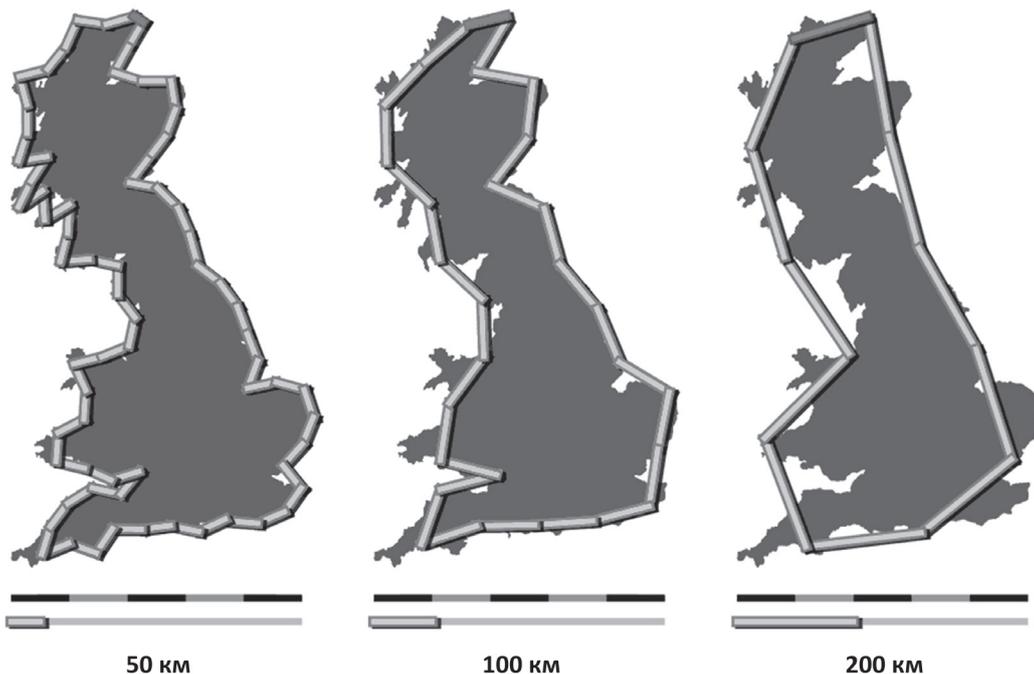


Рис. 2. Береговая линия побережья Великобритании [67]

где L_1 – константа (фактически равная длине, измеренной с единичным раствором циркуля), а D – фрактальная размерность береговой линии. Рассмотренное Ричардсоном побережье Британии имеет размерность $D \approx 1,3$.

В отношении численных значений фрактальных размерностей кривой Коха и побережья Британии следует отметить, что они превышают единицу, но существенно меньше двух. В определенном смысле можно утверждать, что эти объекты слишком извилисты, чтобы считаться линиями, и в этом отношении ближе к заполняющим поверхность множествам. Тем не менее, их извилистость не настолько велика, чтобы заполнять плоское пространство целиком (размерность гораздо ближе к единице, чем к двойке). Отметим, тем не менее, существование настолько извилистых линейных объектов, которые заполняют площадь целиком и имеют размерность, равную двум.

Для количественного описания фракталов, в принципе, достаточно одной величины – показателя скейлинга (или размерности Хаусдорфа), характеризующего инвариантность геометрии или статистических характеристик при изменении масштаба. В то же время во многих отраслях знаний (физике, биологии, геологии, химии и др.) встречаются множество явлений и процессов, для которых необходимо распространение понятия фрактала на сложные системы, характеризующиеся целым спектром показателей, среди которых размерность Хаусдорфа является частным случаем. Такие объекты называют сложными фракталами или мультифракталами, важность которых определяется, в первую очередь, тем обстоятельством, что в природе встречаются именно мультифракталы, тогда как простые самоподобные объекты – монофракталы – представляют собой идеализацию реальных явлений [28]. Итак, мультифракталы – это неоднородные фрактальные объекты, для полного описания которых, в отличие от обычных фракталов, недостаточно введения всего лишь одной величины, его фрактальной размерности d_f , а необходим целый спектр таких размерностей, число которых, вообще говоря, бесконечно [2, 42]. Причина этого заключается в том, что наряду с чисто геометрическими характеристиками, определяемыми размерностью d_f , такие фракталы обладают еще одним важным свойством, а именно – распределением по своему геометрическому носителю некоторой меры. В качестве такой меры может выступать практически что угодно: плотность населения, концентрация вещества, намагниченность, энергия. Важным моментом является то, что мера распределена по мультифракталу неравномерно, но самоподобно.

Именно мультифракталы в биоэкологическом аспекте будут интересовать нас в первую очередь, но о них речь пойдет позже, а сейчас целесообразно обратиться к современным представлениям о биотическом сообществе – центральном объекте нашего исследования.

Сообщества

Исследование видовой структуры биотических сообществ является актуальным направлением современной теоретической экологии и постоянно находится в сфере пристального внимания и оживленных дискуссий среди экологов [10, 20, 34, 53, 68, 74, 80, 81, 88, 89]. А.П. Левич [20, с. 12] указывает, что «видовую структуру можно рассматривать как свое-

образную „систему отсчета“ – именно по изменениям в численностях видов нередко судят о проявлении многообразных факторов, определяющих жизнь сообщества». В то же время термин «сообщество» интерпретируется неоднозначно. Так Ю.А. Песенко [30] и, вслед за ним, А.М. Гиляров [10] рассматривают «... сообщество как совокупность видов одного трофического уровня (данной таксономической группы), или *таксоценоза*» [30, с. 83]. Уиттекер (Whittaker) [41, с. 9] под сообществом понимает «... систему организмов, живущих совместно и объединенных взаимными отношениями друг с другом и со средой обитания...». Определение Уиттекера является, по мнению Джиллера (Giller) [11], самым точным. Не претендуя на оригинальность, предложим следующее, скорее всего компилятивное, определение: биотическое сообщество – это совокупность *взаимодействующих* популяций, объединенных *общей судьбой*. Межпопуляционные *взаимодействия* являются материальной основой связей, собственно и образующих структуру сообщества, тогда как *общность судьбы* характеризует пространственно-временные параметры исторического сосуществования популяций, составляющих сообщество как сложную систему.

Таким образом, понятие «сообщество» является емким, но довольно произвольным. Тем не менее, мы полагаем, что сведение «сообщества» к «таксоценозу» не только упрощает структуру изучаемого объекта, но и делает его нереалистичным, поскольку выхолащивает такую важнейшую структурную характеристику, как трофическую. Достаточно сравнить правомочность применения термина «таксоценоз» в интерпретации Ю.А. Песенко [30] или А.М. Гилярова [10] к таким устоявшимся в гидробиологии дефинициям, как «фитопланктоценоз» и «зоопланктоценоз». Очевидно, что в последнем случае сведение к «... одному трофическому уровню...» неприемлемо. Кроме трофических аспектов, при характеристике сообщества большое значение имеет корректный выбор масштаба [74]. П. Джиллер [11], говоря о группах сходных видовых популяций, встречающихся вместе, предлагает пользоваться термином «ассамблея» (ассамблея птиц, насекомых и т. д.). Уместно отметить, что, по свидетельству А.М. Гилярова [10], А.И. Азовский, один из наиболее авторитетных отечественных экологов, подчеркивая значение масштаба в макроэкологических исследованиях, также сознательно избегает в этом случае термина «сообщество» и предпочитает применять выражение «видовые ансамбли».

В контексте обсуждения структуры сообщества особо следует остановиться на традиционной проблеме экологии, касающейся распределения видов по численности (species abundance distribution, SAD). Б. Макгилл и соавт. (B.J. McGill *et al.*) [80] пришли к выводу, что пока нет удовлетворительного объяснения наблюдаемой закономерности, обычно изображаемой в виде сильно вогнутой (гиперболической) кривой. Эту ситуацию они охарактеризовали как «коллективную неудачу» (collective failure). Суть неудачи, по мнению этих авторов, сводится к тому, что, несмотря на большое число моделей, дающих, в конечном счете, один и тот же результат (то есть распределение асимметрично и характеризуется множеством редких видов, но небольшим числом доминирующих), до сих пор не сформулирована теория,

объединяющая и объясняющая существующие эмпирические факты. Действительно, давно и хорошо известно, что в большей пробе можно обнаружить и большее число видов, однако характер и универсальность этой зависимости до сих пор вызывает дискуссии. В равной степени это относится к попытке количественной оценки разнообразия не только в смысле видового богатства (то есть числа видов), но и с учетом соотношения численностей доминирующих и редких видов при изменении суммарной численности сообщества.

Особенно интригующе выглядит ситуация в отношении редких видов, характеризующихся крайне низкой плотностью популяций, но, тем не менее, остающихся не вытесненными массовыми видами. Объяснению этого феномена было посвящено много работ. Так, гипотеза Джанзена-Коннелла (Janzen-Connell) [62, 71] предусматривает возрастание удельной смертности при увеличении относительной численности какого-либо вида в сообществе, что в итоге дает преимущество редким видам, которое называют в данном случае «частотно-зависимым». Согласно гипотезе Чессона-Уорнера (Chesson-Warner) [61], зависимость от плотности смертность молодых особей, особенно выраженная у массовых видов, приводит к высвобождению лимитирующих ресурсов, которые будут использоваться, прежде всего, редкими видами, реализующими в данном случае «плотностно-зависимый» механизм. В последнее время в целом ряде работ показана успешность «стратегии редких видов» [54, 55, 97 и др.]. И все же, несмотря на определенные успехи, проблема выживания редких видов ждет своего решения. В итоге А.М. Гиляров [10, с. 387], ссылаясь на работу Дж. Лоутона (Lawton) [74], указывает: «...сомнения в том, что действительно существуют общие закономерности устройства сообществ, по-прежнему остаются». Между тем А.П. Левич [20, с. 56], подчеркивая универсальный и общенаучный характер гиперболических (или степенных) распределений, являющихся одним из геометрических образов SAD, пишет, что они «...появляются всюду, где мы имеем дело с самоорганизующимися системами». Б.И. Кудрин [17], много сделавший для установления закономерностей функционирования техноценозов как сложных систем, указывал, что все устойчивые плотности (кроме гауссовой) убывают при больших значениях аргумента *приблизительно как гиперболы*.

Действительно, квазигиперболические распределения, кроме упоминавшихся SAD, в таксономии известны как закон Виллиса (Willis) [94], применяются в социологии и экономике в виде закона Парето (Pareto) [87] или «правила 20/80» [19] и используются в лингвистике в форме закона Ципфа (Zipf) [100] или Ципфа-Мандельброта [21]. Добавим к этому перечню закон Бредфорда (Bradford), известный в библиометрии [57, 58], и закон Гутенберга-Рихтера, имеющий фундаментальное значение в сейсмологии [16]. Дж. Ципф попытался объяснить такую количественную связь на основе всеобщего принципа наименьших усилий, который методологически восходит к принципу наименьшей затраты силы Авенариуса, или принципу экономии мышления Маха.

В последнее время А.В. Марков и А.В. Коротаев [24, 25] на основе изучения палеонтологической летописи показали, что морская и наземная биоты фанерозоя эволюционировали в соответствии с гиперболическим законом. Авторы подчеркивают, что если экспоненциальная и логистическая модели, применяемые для описания динамики популяций, практически не учитывают межтаксонные взаимодействия, то гиперболическая модель, напротив, предусматривает нелинейную положительную обратную связь второго порядка. Авторы предполагают, что в развитии биоты имеется нелинейная положительная обратная связь второго порядка между разнообразием и структурой сообществ, которая схематично может реализовываться следующим образом: увеличение числа родов ведет к росту альфа-разнообразия (то есть среднему числу родов в одном сообществе), в свою очередь сообщества становятся более сложными и устойчивыми, что приводит к росту «таксономической емкости» среды и средней продолжительности существования родов. Итог – темп вымирания снижается, а рост разнообразия ускоряется. Заметим, что именно об этом писал П. Джиллер [11] более 20 лет назад. Итак, смысл квадратичного накопления разнообразия заключается в увеличении устойчивости сообществ при росте разнообразия и увеличении эффективности использования ресурсов, причем увеличение устойчивости родов при росте разнообразия отражает кооперативный, а не конкурентный характер эволюции. Одно из следствий предлагаемой модели: для морской и наземной биоты действуют одинаковые механизмы появления и вымирания таксонов.

Несколько замечаний к обоснованию гиперболической модели. Во-первых, апелляция к экспоненциальной и логистической моделям, особенно в их рафинированном виде, является не вполне корректной, поскольку нереалистичность этих моделей давно стала хрестоматийным фактом. Во-вторых, объяснение устойчивости (стабильности) сообщества сложностью его структуры является предметом оживленной полемики [1, 50, 35, 76]. Тем не менее, несмотря на всю сложность и дискуссионность обсуждаемой проблемы, квазигиперболические распределения продолжают «задавать тон» в описании сложных систем. Так, например, гиперболические распределения совершенно неожиданно обнаружили себя при анализе сетевых структур. Сетевые структуры состоят из узлов и связей между ними и, как следствие, являются замечательным модельным представлением сложных систем, состоящих из большого числа взаимодействующих однотипных элементов. Более того, в математике с 1735 г., когда Эйлер решил знаменитую задачу о семи мостах в Кенигсберге, существует замечательный аппарат для описания и анализа сетевых структур – это теория графов. В теоретико-графовом представлении узлы сетевых структур изображаются вершинами графа, а связи – его ребрами. Очевидно, что очень многие биологические конструкции могут рассматриваться как сетевые структуры или как соответствующие этим структурам графы. Сообщества, и не только биотические, но и социальные и техногенные, становятся сегодня хрестоматийными примерами сетевых структур. Наиболее значительные результаты последних лет в изучении сетевых структур были получены на основе статистического анализа эмпирических данных о реальных сетях, таких как Всемирная паутина, сети друзей и знакомых, сети сотрудничества актеров, сети электростанций США, авиационных сообщений в США, а также сети метаболических и белковых взаимодействий в клетках, и

многих других. Подчеркнем, что именно степенное распределение узлов по числу связей было получено для многих сетей, в том числе и вышеперечисленных, вместо ожидавшегося распределения по закону Пуассона. Сети со степенным распределением узлов по числу связей получили наименование «безмасштабных» или масштабно-инвариантных сетей (scale-free networks). Это название совершенно естественно было перенесено из теории критических явлений, где флуктуации параметров системы в критических состояниях также подчиняются степенному закону. Более того, саму теорию масштабно-инвариантных сетей стали рассматривать как один из сценариев перехода сложных систем в критическое состояние. «Критические явления» и «критические состояния» давно уже вышли за пределы интересов физики, они встречаются везде, где эволюция системы определяется сильной взаимозависимостью происходящих событий. К живым системам это относится в первую очередь: жизнь – это критическое состояние.

Гиперболические распределения возникают в открытых системах, далеких от равновесия, где характерные времена внутренней динамики существенно уступают интервалам изменения внешних условий. Именно наличие резкого контраста между быстрыми диссипативными процессами внутри сложной системы и медленными изменениями внешней энергетической накачки является необходимым условием возникновения фрактальной динамики [55, 70]. Разделение временных масштабов тесно связано с существованием порогов и метастабильности. Внутренние напряжения в системе должны нарастать до определенного предела – порога. Этот рост внутренних напряжений занимает интервал времени, существенно более длительный, чем время, необходимое системе для конфигурационной перестройки. Во время длительной фазы роста напряжений внутренняя энергия системы постепенно увеличивается. Затем эта энергия высвобождается или поглощается лавинообразно в момент конфигурационной перестройки. Именно «цепная реакция», то есть лавинообразное нарастание возмущения с вовлечением в событие все большего количества ресурса приводит к возникновению степенных законов распределения вероятностей. В системе, склонной к катастрофам, малые возмущения могут приводить к большим последствиям, что обусловлено существенной неравновесностью такой системы. В настоящее время явления такого рода объединены общим наименованием систем с *самоорганизованной критичностью* (СОК) (self-organized criticality) [55, 72]. Парадигма самоорганизованной критичности соединяет в себе два перспективных направления современной физической парадигмы – самоорганизацию и критические явления – и актуализирует новый подход к анализу сложного поведения нелинейных распределенных систем.

Таким образом, универсальность квазигиперболических распределений свидетельствует о том, что их применимость к биологическим объектам будет иметь объяснительную силу и для биоэкологии. Еще раз подчеркнем, что фундаментальные особенности функционирования сложных систем обусловлены степенными законами распределения вероятностей. Поэтому нам представляется, что возможным выходом из «кризиса по Макгиллу» может стать обращение к заложенной Мандельбротом [22] фрактальной

парадигме устройства природы. Это тем более актуально, поскольку в одной из последних работ Б. Макгилл [81] включил в перечень объединяющих теорий биоразнообразия фрактальный подход. Однако восприятие фрактальной идеологии требует смены «колодок мышления», под которыми В.Н. Тутубалин и др. [40, с. 68] предлагают понимать «модель, не обязательно формализованную, неадекватность которой осознана». В контексте рассматриваемой проблемы это означает необходимость предпринять определенные усилия для выхода из прокрустового ложа абстрактных стереотипов евклидовых метрик пространства и перехода в мир фракталов, на самом деле и являющийся отражением реального мира. Но прежде рассмотрим проблему устойчивости биоэкологических систем, в том числе и сообществ.

Устойчивость

Под устойчивостью понимают способность системы сохранять текущее состояние при наличии внешних воздействий [26]. Один из синонимов устойчивости – стабильность – есть способность системы функционировать без изменений собственной структуры и находиться в равновесии. И устойчивость, и стабильность тесно связаны с понятием гомеостаза, которое американский физиолог У. Кеннон (W. Cannon) [60] использовал для обозначения «координированных физиологических процессов, которые поддерживают большинство устойчивых состояний организма». В дальнейшем этот термин распространился на способность динамически сохранять постоянство внутреннего состояния любой открытой системы. Основой для таких понятий о гомеостазе было введенное Клодом Бернаром в 1878 г. представление о постоянстве внутренней среды организма. Таким образом, устойчивость вместе со сложностью и целостностью представляет собой одну из важнейших характеристик любой сложной системы и характеризует способность системы поддерживать свою структуру более или менее стабильной на протяжении некоторого отрезка времени.

В экологии вслед за кибернетикой под гомеостазом понимают наличие устойчивых состояний и способность системы самостоятельно достигать их при нарушении равновесия. Так, например, экологический гомеостаз наблюдается в климаксовых сообществах с максимально возможным биоразнообразием при благоприятных условиях среды. В нарушенных экосистемах после прекращения действия возмущающего фактора с течением времени климаксовое состояние способно восстанавливаться через ряд промежуточных субклимаксовых состояний. Классическим примером может служить экосистема о. Кракатау. После сильного извержения вулкана в 1883 г. состояние гомеостаза предыдущей лесной климаксовой экосистемы было уничтожено, как и вся жизнь на этом острове. Остров Кракатау за годы после извержения прошел цепь экологических изменений, в которых новые виды растений и животных сменяли друг друга, что привело к постепенному росту разнообразия и в результате – к климаксовому сообществу. В 1983 г., спустя сто лет с того времени, как извержение уничтожило на нем жизнь, на острове образовалось климаксовое сообщество с восемью тысячами зарегистрированных видов. Случай с о. Кракатау и другими нарушенными или нетронутыми экосистемами показывает, что первоначаль-

чальная колонизация пионерными видами осуществляется через стратегии воспроизведения, основанные на положительной обратной связи, при которых пионерные виды расселяются, производя на свет как можно больше потомства, но при этом практически не вкладываясь в успех каждого отдельного потомка (г-стратегия). В таких видах наблюдается стремительное развитие и столь же стремительный крах (например через эпидемию). Когда экосистема приближается к климаксу, такие пионерные виды заменяются более сложными климаксовыми видами, которые через отрицательную обратную связь адаптируются к специфическим условиям окружающей их среды. Эти виды тщательно контролируются потенциальной емкостью экосистемы и следуют иной стратегии – производству на свет меньшего потомства, в репродуктивный успех которого в условиях микросреды его специфической экологической ниши вкладывается больше ресурсов (К-стратегия). Приведенный пример является хрестоматийным, поскольку кочует из одного источника в другой и представляет собой яркий образчик натуралистического описания экологического процесса, лишённого количественных критериев.

Попытки формализовать понятие устойчивости в экологии потребовали перехода от вербальных определений к более строгим математическим характеристикам. Так, устойчивость для экосистем и сообществ можно определить через сохранение числа видов, их количественных соотношений в данном сообществе и взаимосвязей в течение некоторого интервала времени, для популяции – как отсутствие резких колебаний численности, способных привести популяцию к гибели. Однако, несмотря на кажущуюся интуитивную очевидность понятия «устойчивость» дать ему четкое и однозначное определение оказывается трудной задачей. Более того, по мнению Г.С. Розенберга [35], вообще не имеет смысла пытаться дать какое-либо исчерпывающее определение достаточно богатому по содержанию понятию: точное определение ограничивает рамки его применения, и это может оказаться вредным. В этом случае можно использовать ряд фрагментарных определений, касающихся лишь некоторых сторон этого понятия.

Надежность

Одним из фрагментарных определений устойчивости можно считать надежность – сохранение системы, несмотря на гибель отдельных ее элементов, с помощью замены, дублирования и т. д. Скорость подобного восстановления называют авторегенеративностью системы [31]. Так, например, надежность растительных сообществ достигается за счет переменности флористического состава при обратимых (сезонных и разногодичных) изменениях [15, 33]. Из теории потенциальной эффективности сложных систем выводится предельный закон надежности [43], который дает оценку вероятности того, что система с изменяющимся числом элементов просуществует определенное время:

$$P_R(t) = \begin{cases} \geq 1 - \frac{1}{a}(1 - t^{-a}) & \text{при } n(\tau) \geq f_1(\theta, p, \ln \tau) \\ \leq \frac{2o(\ln t)}{1+t} & \text{при } n(\tau) \leq f_2(\theta, \bar{p}, \ln \tau) \\ = \exp(-\lambda t) & \text{при } n = const, \end{cases} \quad (7)$$

где $P_R(t)$ – надежность системы, t – время, которое система должна существовать, $o(\ln t)$ – величина, существенно меньшая по сравнению с $\ln t$, f_1, f_2 – функции, монотонно зависящие от $\ln \tau$, θ – коэффициент смерти системы, p – средняя вероятность жизни отдельного вида, $\bar{p} < 0,5$ – верхняя оценка для p .

Таким образом, если число видов со временем растет медленнее, чем в случае его пропорциональности логарифму времени, то надежность такой системы на достаточно длительном отрезке времени будет стремиться к нулю. Примерами могут служить сообщества в ситуации аклимакса или циклоклимакса [41], флуктуации которых беспрестанны, и устойчивые сообщества, свойства которых неотличимы от серийных (например фитопланктон или растительные сообщества однолетников в пустыне). Во втором случае (первое равенство), когда число видов со временем растет быстрее, чем в случае пропорциональности логарифму времени, при достаточно длительном существовании надежность системы будет близка к единице:

$$P_R(t) > 1 - a^{-1}, \quad (8)$$

где a – некая константа.

Этим неравенством может характеризоваться надежность фитоценозов суперклимакса (растительность тундры) или классические изменения эуклимакса, приводящие к развитию лесной растительности. Наконец, если число видов со временем не меняется, то надежность системы (сообщества) характеризуется известным экспоненциальным законом, где параметр λ имеет смысл величины, обратной среднему времени между «стрессами» системы. Примером такой ситуации может служить простое онтогенетическое старение популяций, составляющих ценоз (например в условиях создания искусственных травосмесей длительного срока жизни).

Устойчивость по Ляпунову

Наиболее близко соответствует экологическому понятию устойчивости определение устойчивости по Ляпунову, то есть устойчивость сообщества ассоциируется с устойчивостью некоторого положительного стационарного решения системы модельных уравнений – точка равновесия или предельный цикл [37, 38]. Из устойчивости в таком понимании следует сохранение числа видов в сообществе (обратное, вообще говоря, не обязательно). Уже классическим стал пример зоогенной флуктуации, описанный Е.М. Лавренко и А.А. Юнатовым [18]: воздействие полевки Брандта на сообщества ковыля и востреца. Грызуны почти полностью уничтожают дернину ковыля, что дает конкурентное преимущество злакам, в частности, вострецу. Когда пик развития полевки сменяется депрессией, происходит восстановление численности ковыля. Эта ситуация может быть описана следующей моделью:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_1(\varepsilon_1 - \gamma_1 x_1 - r_1 x_2 - a_1 y), \\ \frac{dx_2}{dt} &= x_2(\varepsilon_2 - \gamma_2 x_2 - r_1 x_1), \\ \frac{dy}{dt} &= y(a_2 x_1 - \beta), \end{aligned} \quad (9)$$

где x_1 и x_2 – численности конкурирующих популяций ковыля и востреца, y – численность популяции полевки Брандта, ε_i – скорость роста популяции растений, γ_i – коэффициенты внутривидовой конкуренции, r_i – коэффициенты межвидовой конкуренции ковыля и востреца, α_i – коэффициенты «взаимодействия» ковыля и полевки, β – естественная смертность полевки.

Такая модель имеет две точки равновесия:

$x_1 = x_2 = y = 0$ (неустойчивая точка равновесия),

$$x_1 = \frac{\beta}{a_2}, \quad x_2 = \frac{\varepsilon_2 a_2 - \beta r_2}{a_2 \gamma_2}, \quad (10)$$

$$y = \frac{\varepsilon_1 a_2 \gamma_2 - \varepsilon_2 a_2 r_1 - \beta r_1 r_2 - \beta \gamma_1 \gamma_2}{a_1 a_2 \gamma_1}$$

Положительность координат второй точки равновесия достигается при выполнении следующего неравенства:

$$\frac{a_2}{\beta} > \max\left(\frac{\gamma_1}{s_1}, \frac{\gamma_2}{s_2}\right) \quad (11)$$

а устойчивость этой точки равновесия (устойчивость по Ляпунову, которая определяется как отрицательность действительных частей корней характеристического полинома) достигается при

$$\frac{\varepsilon_1 a_1 - \beta \gamma_1}{\varepsilon_2 a_2 - \beta \gamma_2} > \frac{r_1(r_2 + a_2)}{\gamma_2 a_2} \quad (12)$$

Таким образом, при выполнении этих условий система «ковыль–вострец–полевка Брандта» при различных начальных условиях (различные начальные численности популяций) будет совершать затухающие колебания около второй точки равновесия; незначительные воздействия случайных факторов, отклоняющих систему от своего стационарного состояния, дополняют картину колебаний данной экосистемы.

Устойчивость по Лагранжу (стабильность)

Если сообщество сохраняет все свои виды, но не имеет равновесных состояний (то есть решения модельных уравнений ограничены сверху и снизу некоторыми положительными константами), то говорят о стабильности системы и оценивают устойчивость по Лагранжу. Очевидно, что требование стабильности является более «слабым», чем устойчивости. Всем условиям стабильности удовлетворяет экосистема со структурой сообщества, демонстрирующей перенос энергии, заключенной в пище, от одного вида к другому (связь видов в трофическую цепь), когда скорость поступления ресурса или его суммарная величина ограничены. Уравнения вольтерровского типа для трофической цепи длины n имеют вид [38]:

$$\frac{dN_0}{dt} = Q - a_0 N_0 N_1, \quad (13)$$

$$\frac{dN_i}{dt} = N_i(-m_i + k_i a_{i-1} N_{i-1} - a_i N_{i+1}), \quad i = \overline{1, n},$$

где N_0 – количество ресурса (Q – его начальное количество), N_i – численность видов в трофической цепи, m_i, k_i, a_i – коэффициенты в уравнении конкуренции.

В незамкнутой трофической цепи в качестве ресурса можно рассматривать энергию солнечного света, «протекающую» через всю экосистему, а видами будут автотрофные растения, консументы первого порядка (фитофаги), консументы второго порядка (хищники) и т. д. Математический анализ устойчивости по Лагранжу такой системы задает ограничения на начальную величину ресурса [38]:

$$Q^*(q) < Q < Q^*(q+1), \quad (14)$$

где q – число видов в трофической цепи, Q^* – ограничительная функция, зависящая от вида трофической функции взаимодействия видов, КПД использования ресурса, коэффициентов естественной смертности.

Устойчивость по Холлингу (упругость)

В экосистеме, особенно находящейся под антропогенным воздействием, может происходить исчезновение (вымирание) одного или нескольких видов и, соответственно, сокращение соответствующих трофических связей. К. Холлинг (C. Holling) [66] предложил наряду с устойчивостью сообщества рассматривать еще и такое свойство, как «упругость» – способность системы сохранять свои внутренние взаимосвязи при возмущении ее состояния. Взаимосвязи системы формализуются корреляционной матрицей, которая в свою очередь сводится к обыкновенному знаковому графу, анализ последнего как целостного объекта может предоставить информацию об упругости (устойчивости) изучаемой экосистемы. В частности, Г.Е. Михайловский [27] предлагает рассматривать следующие показатели: конкордность системы (средняя сила достоверных корреляционных связей), организованность системы (нормированная суммарная сила связей системы) и сложность системы (коэффициент, связывающий конкордность с организованностью). Взаимосвязь этих показателей задается следующим образом:

$$R = \sigma \varphi, \quad \sigma = \frac{2N}{n^2}, \quad (15)$$

где R – организованность, φ – конкордность (средний модуль достоверных коэффициентов связи), σ – сложность системы, N – наблюдаемое число достоверных связей, n – общее число видов. Конкордность системы интерпретируется Михайловским как упругость в понимании Холлинга.

Еще один подход к оценке структуры связей экосистемы основывается на вероятности связанности случайного графа, n вершин которого могут быть с вероятностью p связаны с любой из $n - 1$ вершин:

$$P_{np} \approx 1 - n(1 - p)^{n-1}, \quad (16)$$

где P_{np} – вероятность связанности графа [44].

Устойчивость по Флейшману (живучесть)

Живучесть – это сохранение структуры и функционирования системы с помощью активного подавления вредных факторов [43, 44, 45]. Примером

живучести фитоценологических систем может служить явление замкнутости некоторых растительных сообществ (в частности, луговых) к «проникновению» в них новых видов [15]. Видимо, к этому классу явлений нужно отнести и развитые аллелохимические реакции защиты растений от фитофагов [41].

Естественно, что рассмотренными подходами к формализации различных понятий устойчивости нельзя исчерпать все многообразие этой проблемы. Так, Ю.М. Свиричев [36] предложил концепцию «иерархической устойчивости», суть которой сводится к следующему. Любая экосистема состоит из «блоков», каждый из которых на своем отрезке времени может быть либо устойчивым, либо нет. Однако неустойчивость отдельного блока стабилизируется другим блоком, расположенным иерархически выше. Так, устойчивость растительности в известной мере зависит от изменений абиотической составляющей экосистемы (свет, температура, влажность и пр.), но в свою очередь блок «растительность» в существенной степени определяет устойчивость животных, то есть динамику следующих трофических уровней.

Устойчивость, таким образом, является важнейшим качеством систем, более того, это качество следует считать первичным, так как без него система неизбежно погибает. Простые системы имеют пассивные формы устойчивости: прочность, сбалансированность, гомеостазис, а для сложных (к которым, естественно, относятся и экосистемы) определяющими являются в разной степени активные формы устойчивости. Б.С. Флейшман [44] подчеркивает, что определяющие формы устойчивости сложных систем носят в основном структурный характер, и поэтому математический анализ должен быть направлен на учет как уязвимости отдельных компонентов сложных систем, так и связей между этими компонентами и, в конечном итоге, на целостное исследование устойчивости и элементов, и связей между ними.

Дискуссионным до настоящего времени остается вопрос о связи между сложностью и устойчивостью сообществ. Гипотеза о положительной связи между разнообразием и устойчивостью была сформулирована «корифеями» экологии середины XX века Э. Одумом (E. Odum) [85], Р. Макартуром (R. MacArthur) [78] и Ч. Элтоном (Ch. Elton) [50]. В их работах обосновывается тезис о том, что если некий хищник питается несколькими видами добычи, то колебания среды, затрагивающие популяции добычи, будут слабо сказываться на колебаниях популяции хищника. И наоборот, если плотность популяции вида контролируется несколькими хищниками, то этот вид будет более стабилен при экзогенных воздействиях, выбивающих одного из хищников. В качестве эмпирической поддержки Одум и Элтон приводят в пример значительные осцилляции многих популяций в Арктике, которые не наблюдаются в более разнообразных тропических сообществах, а также характерные для упрощенных агроэкосистем вспышки численности вредителей, которые не характерны для естественных сообществ.

Первоначальный энтузиазм экологов был поколеблен в 1970-х гг. работами М. Гарднера и У. Эшби [63], а также Р. Мэя [76, 77], в которых показано, что в сконструированных случайным образом пищевых сетях разнообразие снижает устойчивость. В частности, Р. Мэй выяснил, что модельные пищевые сети

устойчивы (то есть возвращаются к равновесному состоянию после небольшого нарушения), только если

$$\beta(SC)^{1/2} < 1, \quad (17)$$

где S – число видов, C – связность сети, а β – средняя сила взаимодействия. Другими словами, возрастание числа видов, повышение связности и усиление взаимодействия – все это способствует росту неустойчивости (увеличивается левая часть неравенства). При этом, чем больше каждый из перечисленных параметров, тем выше сложность. Следовательно, согласно этой и целому ряду других моделей, усложнение ведет к неустойчивости, что сформировало «новую парадигму», просуществовавшую несколько десятилетий.

Постепенно накапливавшийся эмпирический материал экспериментальных исследований связи между стабильностью и разнообразием сообществ привел, в конце концов, к очередному изменению хода дискуссии. А. Айвс и С. Карпентер [69] приводят сводку из 59 исследований, из которых в 41 случае (69%) обнаружена положительная связь между разнообразием и стабильностью, и только в 8 случаях (14%) зафиксирована отрицательная связь. Теоретические разработки последнего десятилетия указывают следующий выход из имеющегося противоречия между разработками Р. Мэя и эмпирическими данными. Реальные пищевые сети обладают сложной структурой и формируются отнюдь не случайным образом (как в теоретических работах Р. Мэя). В частности, в них преобладают слабые трофические взаимодействия, оказывающие стабилизирующее влияние [79]. В реальных трофических сетях распространены структуры, получившие название петель всеядности (omnivorous loop), также оказывающих сильный стабилизирующий эффект [84].

Сравнительно недавно [90] было показано, что стабильность экосистем обеспечивается асимметрией структуры их сообществ. Так, передача энергии в трофических сетях в природных экосистемах (например озерах) от нижних уровней к верхним происходит по двум разным каналам (более быстрому и более медленному), объединяемым хищниками на верхних уровнях. Известно, что в основании трофических связей в озере лежит фитопланктон, создающий органическое вещество, которое потом может быть использовано зоопланктоном, и детрит – взвешенное неживое органическое вещество, которое может быть использовано бактериями, в свою очередь потребляемыми некоторыми животными. Изучение поведения математических моделей таких систем показало, что в тех случаях, когда потоки по двум каналам уравниваются, система становится гораздо менее стабильной. Дело в том, что в этом случае изменения в обоих каналах происходят синхронно, а важна именно асинхронность и возможность компенсации одного за счет другого. Резкое снижение стабильности происходит и в том случае, когда поток идет только по одному каналу. Следовательно, для сохранения своей устойчивости экосистемы должны быть гетерогенными, допускающими возможность разных путей («каналов») передачи вещества и энергии от основания трофической пирамиды до ее вершины. Кроме того, в них должны быть «верховные хищники», способные переключаться с одного канала на другой. Подробный анализ pro et contra обсу-

ждаемой проблемы можно найти у М. Бигона и соавт. [1], и, по-видимому, следует согласиться с ними в том, что «...зависимость между сложностью сообщества и его устойчивостью остается неясной». При этом трендом последнего десятилетия стал отказ от лобовой атаки на проблему взаимосвязи сложности и стабильности и переход к поиску и описанию реальных стабилизирующих механизмов, позволяющих поддерживать высокое биологическое разнообразие без потери стабильности [91].

Мультифрактальное описание структуры сообщества

Основные теоретические предпосылки, лежащие в основе развиваемой нами фрактальной теории видовой структуры сообщества, могут быть сформулированы следующим образом. Видовая структура биотического сообщества рассматривается нами с позиций самоподобия, то есть как фрактал, основные характеристики которого сохраняются при изменении характерных размеров (масштабов) сообщества. Эквивалентом масштаба в данном случае является общая численность особей N или занимаемая сообществом площадь A . Нами показано, что масштабная инвариантность, степенная зависимость числа структурных элементов сообщества наземных и водных экосистем (особей, популяций, видов) от масштаба (выборочного усилия) и, наконец, дробное значение показателя степени (фрактальной размерности) характеризуют сообщество как фрактальный объект [3, 4, 14]. При этом для видовой богатства сообщества соответствующим математическим образом является монофрактал: множество, характеризующееся единственным параметром – фрактальной размерностью. Однако анализ видовой разнообразия в рамках фрактальной концепции потребовал применения более сложного математического аппарата – мультифрактального формализма. Нами обобщены приложения мультифрактального анализа к описанию видовой структуры сообщества. Показано, что мультифрактальный формализм является адекватным аппаратом фрактальной теории описания видовой структуры сообщества и позволяет перейти от анализа видовой богатства к полному анализу видовой разнообразия с учетом гетерогенности сообщества. Обобщенные фрактальные размерности, являющиеся инструментом мультифрактального анализа, естественным образом отражают структурную гетерогенность сообщества, обусловленную различной представленностью входящих в его состав видов [4]. В свою очередь, индексы сингулярности характеризуют скорость уменьшения относительной численности видов с ростом размеров сообщества. Удобным способом визуализации результатов мультифрактального анализа является мультифрактальный спектр, который можно расценивать как обобщенный геометрический образ видовой структуры сообщества, ранее не достижимый известными методами. Существенно, что функциональная перестройка сообщества сопровождается изменением его мультифрактальной структуры, которая разрушается при равнопредставленности видов, то есть максимальной выравненности.

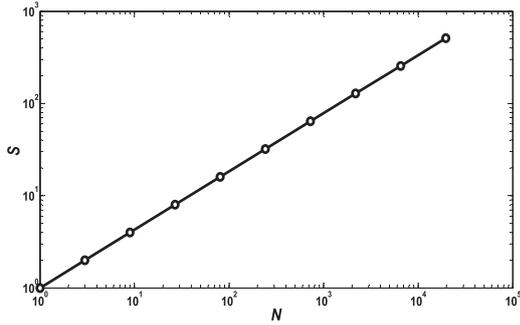
Приведем ключевые этапы разработанной нами процедуры проведения мультифрактального анализа структуры сообщества на примере модельного сообщ-

ества (рис. 3), сгенерированного на основе целочисленного обобщения мультипликативного процесса Безиковича [42, 75].

На *первом этапе* анализа проводится верификация монофрактальной гипотезы Маргалефа [23], согласно которой рост видовой богатства S сообщества при увеличении объема выборки N как меры выборочного усилия описывается степенной зависимостью в ортогональных координатах натуральных значений и, соответственно, линейной зависимостью в билогарифмических координатах. На этом этапе констатируется лишь сам факт наличия вида в выборке и ничего не говорится о распределении видов по численности или степени их доминирования. Для описания видовой разнообразия сообщества на следующих этапах анализа необходим переход от анализа числа видов к анализу их относительных представленностей и, соответственно, от монофрактального анализа к мультифрактальному. Для этого на *втором этапе* вводятся моменты распределения особей по видам M_q и выясняется характер их поведения при увеличении выборочного усилия N . Свидетельством соблюдения степенного скейлинга является линейный характер билогарифмических графиков изменения моментов распределения особей по видам. На *третьем этапе* мультифрактального анализа выявляется характер поведения функции $\tau(q)$. Здесь $-\infty \leq q \leq \infty$ называется порядком момента, а показатель $\tau(q)$ описывает скорость изменения соответствующего момента M_q при увеличении размера выборки N . Показатели τ определяются как наклоны графиков скейлинга соответствующих моментов M_q в билогарифмических координатах. Для более детального анализа используется аппарат обобщенных размерностей Реньи, рассмотрение которых происходит на *четвертом этапе* анализа. Спектр обобщенных размерностей Реньи (обобщенные размерности распределения D_q) представляет собой убывающую функцию от q . Обобщенные фрактальные размерности D_q не зависят от масштаба и являются своеобразными структурными инвариантами, естественным образом отражающими структурную гетерогенность сообщества, обусловленную различной представленностью входящих в его состав видов. Наконец, успешное выполнение всех условий анализа позволяет перейти к завершающему *пятому этапу*, а именно – построению мультифрактального спектра с помощью преобразования Лежандра или иных алгоритмов.

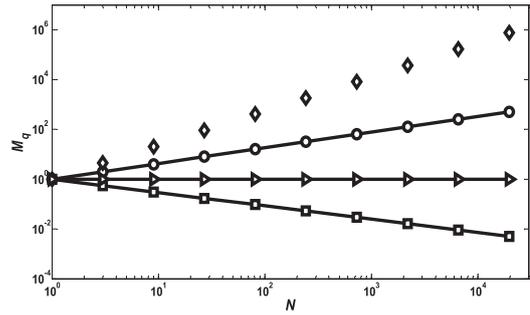
Приведем некоторые примеры, верифицирующие развиваемую нами фрактальную теорию видовой структуры сообщества.

Фрактальная структура гидробиоценозов. Анализ структурной организации зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища, а также фитопланктоценозов и макрозообентоценозов городских озер Нижнего Новгорода показал, что степенной характер накопления видовой богатства при росте выборочного усилия является характерной чертой этих гидробиоценозов. Следовательно, для этих сообществ выполняется монофрактальная гипотеза, и, соответственно, эти сообщества обладают свойством самоподобия. Мультифрактальный анализ видовой структуры этих сообществ дал возможность получить мультифрактальные спектры (рис. 4А), являющиеся адекватными обобщенными геометрическими образами их видовой структуры [9].



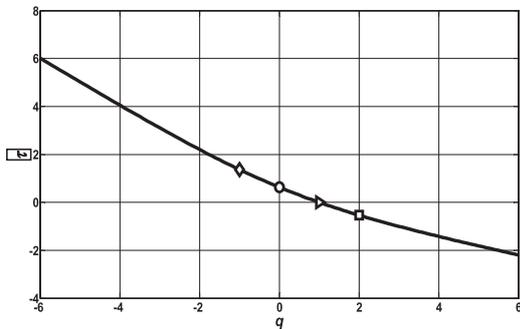
$$S = N^k \text{ или } \lg S = k \lg N$$

Этап 1. Степенная зависимость накопления видового богатства (S) от объёма выборки (N)



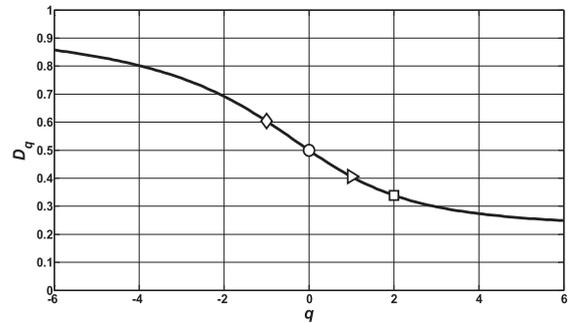
$$M_q(N) = \sum_{i=1}^{S(N)} p_i^q \propto N^{\tau(q)}$$

Этап 2. Степенная зависимость моментов распределения особей по видам (M_q) от объёма выборки (N)



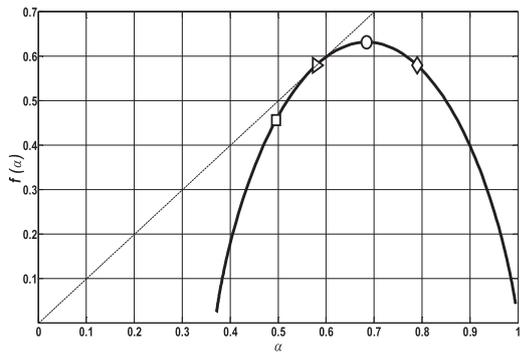
$$\tau(q) \neq k(1-q)$$

Этап 3. Нелинейная зависимость скейлинговых показателей τ от порядка момента q



$$D_q = \lim_{N \rightarrow \infty} \left\{ \frac{1}{1-q} \frac{\ln M_q}{\ln N} \right\} = \frac{\tau(q)}{1-q}$$

Этап 4. Зависимость обобщённых размерностей Реньи (D_q) от порядка момента (q)



$$\begin{cases} a(q) = -\frac{d}{dq} \tau(q) \\ f(a(q)) = qa(q) + \tau(q) \end{cases}$$

Этап 5. Мультифрактальный спектр модельного сообщества. Абсцисса – индекс сингулярности (a), ордината – значение функции мультифрактального спектра $f(a)$.

Алгоритм построения модельного сообщества:

На первой итерации сообщество состоит из одной особи, принадлежащей одному виду. На последующих итерациях число особей утраивается, а число видов удваивается таким образом, что численность видов, присутствовавших на предыдущей итерации, удваивается и к ним добавляется блок новых видов, численность которых в точности совпадает с распределением численностей видов на предыдущей итерации.

Условные обозначения:

- $q = 0$
- ▷ $q = 1$
- $q = 2$
- ◇ $q = -1$

Рис. 3. Алгоритм мультифрактального анализа модельного сообщества. Пять критических этапов

Фрактальная структура рецентных сообществ мелких млекопитающих Нижегородского Поволжья. На примере мелких млекопитающих Нижегородского Поволжья изучена возможность использовать фрактальный анализ для описания видовой структуры наземных сообществ. Показано, что структура видового богатства изученных сообществ соответствует монофрактальной, а структуры видового разнообразия – мультифрактальной гипотезе (рис. 4Б). Анализ видовой структуры сообщества мелких млекопитающих, обитающих в лесном Заволжье и лесостепном Предволжье Нижегородской области, проведенный традиционными методами и с помощью моно- и мультифрактального формализма, не выявил логических противоречий [5].

Фрактальная структура сообщества насекомых луговых и саванных местообитаний национального парка «Кедровая лощина» (США). Аналогичный анализ видовой структуры проведен для сообществ насекомых национального парка «Кедровая лощина». Видовая структура этого сообщества также удовлетворяет требованиям моно- и мультифрактального

анализа. Полученный для этого сообщества мультифрактальный спектр (рис. 4В) обладает характерной асимметрией, связанной с большим количеством редких видов [51].

Фрактальный анализ пространственной структуры растительного сообщества дюнных понижений (Бельгия). Наряду с видовой структурой сообщества фрактальному анализу может быть подвергнуто пространственное распределение видов в сообществе, то есть его пространственная структура. Описание пространственной структуры сообщества в терминах видового богатства связано с зависимостью видового богатства от площади (species-area relationship, SAR), тогда как для пространственного анализа с учетом видового разнообразия применяется мультифрактальный формализм. Моделью для наших исследований послужили участки растительности в дюнных понижениях четырех заповедников, расположенных на побережье Бельгии и северной Франции. Результаты анализа показали, что в целом SAR хорошо описывается степенной зависимостью, то есть является монофракталом. Зависимости моментов от площади также опи-

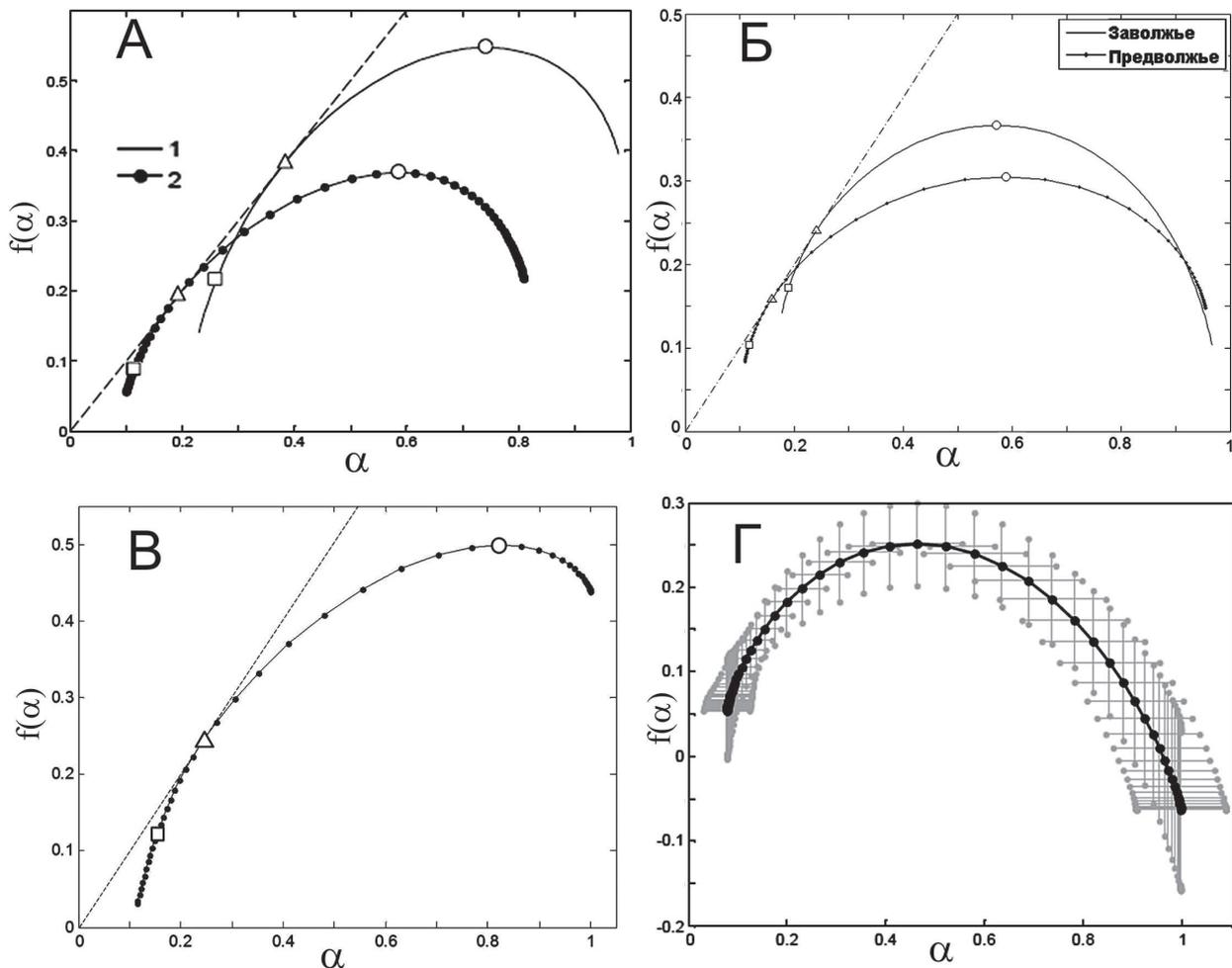


Рис. 4. Мультифрактальные спектры видовой структуры биотических сообществ:
 А) сообщества макрозообентоса (1) и фитопланктона (2) водоемов г. Н. Новгорода;
 Б) сообщества мелких млекопитающих Нижегородской области;
 В) сообщество насекомых заповедника «Кедровая лощина» (США);
 Г) растительные сообщества дюнных понижений (Бельгия) со стандартными отклонениями для $f(\alpha)$ и α
 Прямая линия соответствует биссектрисе координатного угла. Условные обозначения обобщенных фрактальных размерностей, соответствующих:
 ○ – видовому разнообразию по Маргалёфу (D_0);
 △ – видовому разнообразию по Шеннону (D_1);
 □ – индексу доминирования по Симпсону (D_2).

сываются степенным законом, что указывает на наличие мультифрактальной структуры. Ввиду наличия 14 независимых повторностей в данном случае удалось оценить изменчивость мультифрактальных спектров для сообществ данного типа (рис. 4Г, изменчивость обозначена стандартными отклонениями) [98].

Кроме вышеприведенных примеров, справедливость мультифрактальной гипотезы обоснована нами для видовой структуры сообщества жуков-долгоносиков (национальный парк «Смольный», Мордовия); сообщества наездников-ихневмонид Среднего Урала; карабидокомплексов Татарии; сообществ орибатидных клещей Нижегородской области; растительного сообщества серпентинитового луга (Калифорния, США); а также для разнообразия отряда Rodentia на территории Европы в неогене [6, 8, 39, 51].

Небольшие модификации описанного алгоритма мультифрактального анализа позволяют расширить сферу его применения до размерной и таксономической структуры сообществ. В первом случае при росте масштаба (выборочного усилия) необходимо отслеживать не число видов, а число обнаруженных размерных классов и их относительных представленностей, по которым и рассчитываются моменты M_q . Этот подход использован для анализа размерной структуры ихтиоценоза Чебоксарского водохранилища.

Для описания таксономического разнообразия при росте масштаба отслеживается не распределение особей по видам, а распределение обнаруженных в пробах видов по родам. Этот вариант анализа применяется при наличии качественных данных (когда нет количественной оценки представленностей видов) по достаточно разнообразным сообществам. Тогда в качестве относительных представленностей, необходимых для расчета моментов M_q , используются доли видов, относящихся к родам, обнаруженным в пробах. Этот подход был использован для анализа таксономического разнообразия сосудистых растений национального парка «Самарская Лука» [7].

Фрактальность и устойчивость сообществ

После рассмотрения основных теоретических конструкций пришло время сформулировать гипотезу о связи фрактальной организации и устойчивости сообщества. На текущем этапе исследований фрактальность структурной организации представляется имманентным свойством самых различных биологических сообществ, что следует как из теоретических предположений, так и из обработанного эмпирического материала. Устойчивость также рассматривается как одна из имманентных характеристик зрелых сообществ, поскольку внутренне нестабильная система не могла бы существовать сколько-нибудь значимое в эволюционном масштабе время. Таким образом, вопрос о взаимосвязи фрактальности и устойчивости сообществ возникает естественным образом.

На данном этапе мы склоняемся к положительному решению обозначенного вопроса и готовы сформулировать гипотезу о фрактальной природе устойчивости: фрактальная организация биологических сообществ является как минимум одним из механизмов, обеспечивающих их устойчивость. Действительно, реализация принципа самоподобия в исследовании видовой и пространственной структуры биотических сообществ позволила вскрыть фрактальную

природу их организации как открытых систем, далеких от равновесия, в которых характерные времена внутренней динамики существенно уступают интервалам изменения внешних условий, что, как указывалось выше, является необходимым условием возникновения фрактальной динамики [70]. Известно, что многие процессы в природе приводят к образованию *диссипативных структур* – стационарных распределений значений переменных, обладающих устойчивостью к возмущениям [32]. Движение системы, ведущее к подобному стационарному распределению, получило название *самоорганизации* [46, 47]. Однако, как уже говорилось, многие природные системы можно рассматривать как самоорганизованные критические системы. В частности, предполагается, что экосистемы функционируют в состоянии устойчивого динамического равновесия на границе хаоса. Хотя скорости процессов в этих системах сбалансированы таким образом, чтобы оптимально использовать доступные ресурсы, даже незначительный дисбаланс в параметрах и скоростях может приводить на отдельных промежутках времени к хаотическому поведению и перестройке всей системы в целом или отдельных ее компонентов.

Теория самоорганизующихся динамических систем показывает, что, когда количество энергии, проходящей через систему той или иной природы, превышает некое пороговое значение, внутренняя динамика системы перестраивается таким образом, чтобы оптимальным образом обеспечивать диссипацию энергии. При этом часто образуются фрактальные структуры, которые и обеспечивают оптимальный перенос энергии. Так, в ламинарном слое жидкости при возрастании скорости образуются турбулентные вихри, изучение которых дало один из первых натуральных примеров мультифрактальных структур в природе. В грозном облаке спонтанно образуется ветвящийся разряд, геометрически представляющий собой фрактал и обеспечивающий сброс избыточной энергии из облака на землю. Структура речных бассейнов, обеспечивающих эффективный транспорт атмосферных осадков с огромных территорий, также является хрестоматийным примером фрактальной самоорганизации [22]. Полезность развиваемого подхода обнаруживает себя при анализе, например, проблемы экологических границ, или экотон, подробно рассмотренной нами ранее в рамках биоэкологических аспектов теории перколяции [14]. Известно, что экологические границы в силу «повторения определенного типа складчатости или неравномерностей в различных масштабах» имеют фрактальную структуру [23, с. 95]. Такие границы, или экотоны, если они разделяют хорошо отличающиеся местообитания или сообщества, часто характеризуются тенденцией к увеличению разнообразия и плотности организмов – т. н. краевым эффектом. Можно показать, что скорость роста полного периметра, учитывающего внутренние границы, описывается индексом, равным фрактальной размерности перколяционного кластера d_f . Другими словами, *краевой индекс является степенной функцией масштаба перколирующего экотона*. Дело в том, во-первых, что, подобно диссипативным структурам, перколяционные структуры также оказываются результатом фазовых превращений. Во-вторых, геометрические параметры перколяционных кластеров вблизи порога

слабо зависят от деталей мелкомасштабного устройства, что делает перколяцию чрезвычайно привлекательной в прикладном аспекте. Наконец, в-третьих, наличие контрастных по отношению к фону физических или функциональных свойств элементов перколяционных структур делает их весьма чувствительными к внешнему воздействию. Даже в слабом стороннем поле (силовом или концентрационном) экспоненциально редкое событие образования крупного перколяционного кластера способно вызвать значительные, подчас катастрофические, изменения на масштабах, сопоставимых с размерами самой системы. Драматизм ситуации усиливается тем обстоятельством, что катастрофическое событие не может быть обнаружено или предсказано в приближении среднего поля. Последнее обстоятельство особенно ярко проявляется в крупномасштабных природных системах.

В упомянутых примерах самоорганизующихся естественных фракталов степенными законами описывается не только собственно структура геометрического носителя, но и огромный перечень самых разнообразных динамических показателей, например частота и амплитуда наводнений, частота и пространственное распределение землетрясений и т. п. Показатели степени, определяющие структуру и динамику различных аспектов таких динамических систем, часто оказываются связанными друг с другом относительно простыми количественными соотношениями, отражающими формирования самоподобных фрактальных структур. При этом степенными законами описывается не только геометрия носителя, но также и самые различные характеристики этих систем, что хорошо изучено в физике открытых неравновесных динамических систем, рассматриваемых в настоящее время в рамках концепции СОК. Ценность концепции самоорганизованной критичности для вопросов, обсуждаемых в статье, заключается в том, что повсеместно встречающиеся в природе *фракталы* рассматриваются как *мгновенные «срезы» самоорганизованных критических процессов*. Таким образом, фрактальные структуры являются, по существу, пространственными «отпечатками» самоорганизованной критичности.

Живые организмы также проявляют черты фрактальной организации. Практически все системы высоко развитых организмов, связанные с транспортными функциями, структурно организованы в виде иерархически ветвящихся фрактальных сетей. Примерами таких сетей являются у позвоночных кровеносная [65, 99], дыхательная [82, 83] и нервная (в этом случае транспортируется информация) [93] системы, у растений – проводящая система [96], у насекомых – трахейная система. Именно фрактальная организация этих систем позволяет оптимальным образом осуществлять транспортные функции внутри ограниченного объема [13, 73].

Представления о принципиально фрактальном характере внутреннего устройства организмов легли в основу теории метаболического скейлинга, объясняющей повсеместное распространение степенных зависимостей самых различных физиологических показателей организмов от массы тела с показателями степени, кратными 4 [48]. В серии программных работ Дж. Уэст и соавт. [95, 96] показали, что именно фрактальность внутренней организации является

основой «четвертного» скейлинга. Уровень метаболизма ограничен скоростью получения ресурсов через поверхность и скоростью их распределения внутри организма. Именно фрактальность внутреннего транспорта является оптимальным решением и приводит к возникновению скейлинговых показателей, кратных 4, а не 3, что ожидалось бы на основе чисто евклидовых представлений.

Дальнейшее развитие теории метаболического скейлинга показало, что различные физиологические показатели и связанные с ними величины зависят не только от массы тела, но и от температуры. Например,

$$I = i_0 \cdot M^{3/4} \cdot e^{E/kT}, \quad (18)$$

где I – индивидуальная скорость метаболизма, i_0 – константа, M – масса тела, E – энергия активации, k – константа Больцмана, T – абсолютная температура в градусах Кельвина.

Теория метаболического скейлинга описывает не только индивидуальные показатели (такие как продукция биомассы, размножение, смертность), но также находит свое применение для описания характеристик уровня популяции и сообщества. Так, показано, что в рамках метаболического скейлинга хорошо описываются популяционные плотности, биомасса и продуктивность сообществ [59]. На этой основе даже начала развиваться так называемая метаболическая теория биоразнообразия, описывающая зависимость видового богатства и эволюционных параметров (например, скорость видообразования) от температуры [52, 64, 92].

Повсеместное распространение степенных законов, описывающих различные аспекты функционирования сообществ, свидетельствует о том, что сообщества, так же как и отдельные организмы, обладают принципиально фрактальным внутренним устройством. Одним из различных аспектов фрактальной организации сообществ являются изучаемые нами в последние годы с применением мультифрактального анализа видовая, пространственная, размерная и таксономическая структуры, рассмотренные выше.

Таким образом, концепция фрактальной организации позволяет рассматривать биотические сообщества как открытые неравновесные системы, формирующиеся в результате процессов самоорганизации и оптимальным образом использующие доступные сообществу ресурсы. При этом имманентная иерархичность, свойственная фрактальным структурам, вносит существенный вклад в формирование потоков энергии, проходящих через сообщество. Мы полагаем, что методологическое значение принципа самоподобия является руководящим для анализа *структуры* биотических сообществ и носит системообразующий принцип. Известно, что выживание организмов достигается различными биологическими механизмами: конкуренцией, размножением, адаптациями и т. д. В сообществе виды могут вымирать поодиночке, но выживают только совместно. Можно предположить, что поддержание сообществом самоподобной (фрактальной) структуры способствует на основе самоорганизации совместному выживанию популяций разных видов, поскольку соответствует нахождению сообщества в гомеостатическом диапазоне экологических параметров.

Таким образом, самоподобие можно рассматривать как один из потенциальных факторов обеспечения устойчивости сообщества как целостного эволюционного образования. Самоподобие задает структурный каркас сообщества, позволяющий оптимальным образом распределять потоки вещества и энергии. Отдельные проявления фрактальной организации сообществ, в частности аллометрическое распределение степеней узлов графа трофической сети, уже предлагаются в качестве стабилизирующих механизмов [86], однако целостной картины влияния фрактальности сообщества на его устойчивость на сегодняшний день не создано.

Мы полагаем, что задача верификации гипотезы о связи фрактальной организации структуры сообщества и его устойчивости может решаться по трем магистральным направлениям: (1) путем фрактального анализа заведомо устойчивых и неустойчивых сообществ, что требует большого количества эм-

пирического материала по сообществам, детально изученным в отношении их устойчивости; (2) прямыми манипулятивными экспериментами, позволяющими выводить модельные сообщества из состояния равновесия и отслеживать их реакцию (эксперименты такого рода сопряжены с большими затратами, и их число в мировой науке исчисляется всего лишь десятками); (3) путем анализа имитационных моделей биотических сообществ, проявляющих свойства фрактальной организации. В настоящее время представляется целесообразным продолжение исследований именно по теоретическому рассмотрению гипотезы о связи фрактальности и устойчивости сообществ в рамках 3-го направления. Современные динамические модели эволюционирующих по определенным правилам сообществ позволяют со значительной степенью детализации изучать различные аспекты структуры, функционирования и устойчивости сообществ и экосистем.

Литература

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология: особи, популяции, сообщества. – Т. 2. – М., 1989.
2. Божок С. В., Паршин Д. А. Фракталы и мультифракталы. – Ижевск, 2001.
3. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С., Якимов В.Н. Степенной характер накопления видового богатства как проявление фрактальной структуры биоценоза // Ж-л общ. биол. – 2007. – Т. 68. – № 2. – С. 115–124.
4. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С. и др. Основы мультифрактального анализа видовой структуры сообщества // Успехи соврем. биол. – 2008. – Т. 128. – № 1. – С. 21–34.
5. Гелашвили Д.Б., Якимов В.Н., Иудин Д.И. и др. Мультифрактальный анализ видовой структуры сообществ мелких млекопитающих Нижегородского Поволжья // Экология. – 2008. – № 6. – С. 456–461.
6. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С. и др. Фрактальная характеристика видовой структуры сообществ наездников-ихневмонид Среднего Урала // Докл. АН. – 2010. – Т. 434. – № 6. – С. 838–841.
7. Гелашвили Д.Б., Якимов В.Н., Иудин Д.И. и др. Фрактальные аспекты таксономического разнообразия // Ж-л общ. биол. – 2010. – Т. 71. – № 2. – С. 115–130.
8. Гелашвили Д.Б., Солнцев Л.А., Якимов В.Н. и др. Фрактальный анализ видовой структуры карабидокомплексов урбанизированных территорий (на примере города Казани) // Поволжский экол. ж-л. – 2011. – № 4. – С. 407–420.
9. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Якимов В.Н. и др. Мультифрактальный анализ видовой структуры пресноводных гидробиоценозов // Известия РАН (сер. биол.). – 2012. – № 3. – С. 327–335.
10. Гиляров А.М. В поисках универсальных закономерностей организации сообществ: прогресс на пути нейтрализма // Ж-л общ. биол. – 2010. – Т. 71. – № 5. – С. 386–401.
11. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. – М., 1988.
12. Зельдович Я.Б., Соколов Д.Д. Фракталы, подобие, промежуточная асимптотика // Успехи физ. наук. – 1985. – Т. 146. – № 3. – С. 493–506.
13. Исаева В.В. Фрактальные и хаотические паттерны в морфологии животных // Тр. Зоол. ин-та РАН. – Приложение 1. – 2009. – С. 199–218.
14. Иудин Д.И., Гелашвили Д.Б., Розенберг Г.С. и др. Биологические и экологические аспекты теории перколяции // Успехи соврем. биол. – 2010. – Т. 130. – № 5. – С. 446–460.
15. Куркин К.А. Системные исследования динамики лугов. – М., 1976.
16. Касахара К. Механика землетрясений. – М., 1985.
17. Кудрин Б.И. Мои семь отличий от Ципфа // Общая и прикладная ценология. – 2007. – № 4. – С. 25–33.
18. Лавренко Е.М., Юнатов А.А. Залежный режим в степях как результат воздействия полвки Брандта на степной травостой и почву // Бот. ж-л. – 1952. – Т. 37. – № 2. – С. 128–138.
19. Ланге О. Введение в эконометрику. – М., 1964.
20. Левич А.П. Структура экологических сообществ. – М., 1980.
21. Мандельброт Б. Теория информации и психолингвистическая теория частот слов // Математические методы в социальных науках. – М., 1973. – С. 316–337.
22. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М., 2002.
23. Маргалеф Р. Облик биосферы. – М., 1992.
24. Марков А.В., Кортаев А.В. Динамика раз-

- нообразия фанерозойских морских животных соответствует модели гиперболического роста // Ж-л общ. биол. – 2007 – Т. 68. – № 1. – С. 1–12.
25. Марков А.В., Коротаев А.В. Гиперболический рост разнообразия морской и континентальной биот фанерозоя и эволюция сообществ // Ж-л общ. биол. – 2008. – Т. 69. – № 3. – С. 175–194.
26. Математический энциклопедический словарь. – М., 1995.
27. Михайловский Г.Е. Принципы экологического мониторинга водных сообществ // Человек и биосфера. – Вып. 8. – М., 1983. – С. 55–67.
28. Павлов А.Н., Анищенко В.С. Мультифрактальный анализ сложных сигналов // Успехи физ. наук. – 2007. – Т. 177. – № 8. – С. 859–876.
29. Пайтген Х.-О., Рихтер П.Х. Красота фракталов. – М., 1993.
30. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М., 1982.
31. Портнов Г.Я., Уемов А.И. Исследование зависимостей между системными параметрами с помощью ЭВМ // Системные исследования: Ежегодник, 1971. – М., 1972. – С. 103–127.
32. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. – М., 2002.
33. Работнов Т.А. Фитоценология. – М., 1978.
34. Розенберг Г.С. О путях построения теоретической экологии // Успехи соврем. биол. – 2005. – Т. 125. – № 1. – С. 14–27.
35. Розенберг Г.С. Устойчивость экосистем и ее математическое описание // Экологические аспекты гомеостаза в биогеоценозе. – Уфа, 1986. – С. 120–130.
36. Свиричев Ю.М. Иерархическая устойчивость биологических сообществ // Математическое моделирование морских экосистем. – К., 1974. – С. 44–46.
37. Свиричев Ю.М. Математические модели биологических сообществ // Математическая биология и медицина. М., 1978. – С. 117–165.
38. Свиричев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. – М., 1978.
39. Солнцев Л.А. Изучение видовой структуры и таксономического разнообразия рецентных и ископаемых сообществ мелких млекопитающих с позиций принципа самоподобия: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Н. Новгород, 2009.
40. Тутубалин В.Н., Барабашева Ю.М., Григорян А.А. и др. Математическое моделирование в экологии (Историко-методологический анализ). – М., 1999.
41. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. – М., 1980.
42. Федер Е. Фракталы. – М., 1991.
43. Флейшман Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. – М., 1971.
44. Флейшман Б.С. Основы системологии. – М., 1982.
45. Флейшман Б.С., Агаджанян Ш.М. О некоторых аналитических методах в теории случайных графов // Сб. научн. тр. аспирантов Армян. педагог. ин-та. Естественные науки. – 1976. – № 7. – Вып. 4. – С. 251–262.
46. Хакен Г. Синергетика. – М., 1980.
47. Хакен Г. Тайны природы: Синергетика: наука о взаимодействии. – Ижевск, 2003.
48. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: Приспособление и среда. – М., 1982.
49. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. – Ижевск, 2001.
50. Элтон Ч. Экология нашествий животных и растений. – М., 1960.
51. Якимов В. Н. Фрактальность видовой и пространственной структуры биологических сообществ: разработка концепции и верификация: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Н. Новгород, 2007.
52. Allen A.P., Gillooly J.F., Savage V.M., Brown J.H. Kinetic effects of temperature on rates of genetic divergence and speciation // Proc. Natl. Acad. U.S.A. – 2006. – Vol. 103. – P. 9130–9135.
53. Azovsky A.I. Species-area and species-sampling effort relationships: disentangling the effects // Ecography. – 2011. – Vol. 34. – P. 18–30.
54. Bell T., Freckleton R.P., Lewis O.T. Plant pathogens drive density-dependent seedling mortality in a tropical tree // Ecol. Lett. – 2006. – Vol. 9. – P. 569–574.
55. Bak P. How nature works: The science of self-organized criticality. – N. Y., 1996.
56. Boyce C.K., Brodribb T.J., Field T.S., Zwieniecki M.A. Angiosperm leaf vein evolution was physiologically and environmentally transformative // Proc. Roy. Soc. B. – 2009. – Vol. 276. – P. 1771–1776.
57. Bradford S.C. Documentation. – L., 1948.
58. Bradford S.C. Sources of information on specific subjects // Engineering. – 1934. – Vol. 26. – P. 85–86.
59. Brown J.H., Gillooly J.F., Allen A.P. et al. Toward a metabolic theory of ecology // Ecology. – 2004. – Vol. 85. – P. 1771–1789.
60. Cannon W.B. The wisdom of the body. – L., 1932.
61. Chesson P., Warner R.R. Environmental variability promotes coexistence in lottery competitive systems // Amer. Natur. – 1981. – Vol. 117. – P. 923–943.
62. Connell J.H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees // Dynamics of populations. – Wageningen, 1971. – P. 298–310.
63. Gardner M.R., Ashby W.R. Connectance of large dynamic (cybernetic) systems: Critical values of stability // Nature. – 1970. – Vol. 228. – P. 784.
64. Gillooly J.F., Allen A.P. Linking global patterns in biodiversity to evolutionary dynamics using metabolic theory // Ecology. – 2007. – Vol. 88. – P. 1890–1894.
65. Grasman J., Brascamp J.W., Van Leeuwen J.L., Van Putten B. The multifractal structure of arterial trees // J. Theor. Biol. – 2003. – Vol. 220. – P. 75–82.
66. Holling C.S. Resilience and stability of ecological systems // Ann. Rev. Ecol. Syst. – 1973. – Vol. 4. – P. 1–23.

67. http://en.wikipedia.org/wiki/Lewis_Richardson
68. *Hutchinson G.R.* Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals? // *Amer. Natur.* – 1959. – Vol. 93. – P. 145–159.
69. *Ives A.R., Carpenter S.R.* Stability and Diversity of Ecosystems // *Science.* – 2007. – Vol. 317. – P. 58–62.
70. *Iudin D. I., Trakhtengerts Vol. Yu., Hayakawa M.* Fractal dynamics of electric discharges in a thundercloud // *Phys. Rev. E.* – 2003. – Vol. 68. – P. 016601.
71. *Janzen D.H.* Herbivores and the number of tree species in tropical forests // *Amer. Natur.* – 1970. – Vol. 104. – P. 501–528.
72. *Jensen H.J.* Self-Organized Criticality.– Cambridge, 1998.
73. *Kenkel N.C., Walker D.J.* Fractals in the Biological Sciences // *Coenoses.* – 1996. – Vol. 11. – P. 77–100.
74. *Lawton J.H.* Are there general laws in ecology? // *Oikos.* – 1999. – Vol. 84. – P. 177–192.
75. *Mandelbrot B.B., Wallis J.R.* Some long-run properties of geophysical records // *Water Resources Res.* – 1969. – Vol. 5. – P. 321–340.
76. *May R.M.* Will a large complex system be stable? // *Nature.* – 1972. – Vol. 238. – P. 413–414.
77. *May R.M.* Stability and Complexity in Model Ecosystems. – Princeton, 1973.
78. *MacArthur R.* Fluctuations of animal populations, and a measure of community stability // *Ecology.* – 1955. – Vol. 36. – P. 533–536.
79. *McCann K.S.* The diversity-stability debate // *Nature.* – 2000. – Vol. 405. – P. 228–233.
80. *McGill B.J., Etienne R.S., Gray J.S. et al.* Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework // *Ecol. Lett.* – 2007. – Vol. 10. – P. 995–1015.
81. *McGill B.J.* Towards a unification of unified theories of biodiversity // *Ecol. Letters.* – 2010. – Vol. 13. – P. 627–642.
82. *McNamee J.E.* Fractal perspectives in pulmonary physiology // *J. Appl. Physiol.* – 1991. – Vol. 71. – P. 1–8.
83. *Nelson T.R., West B.J., Goldberger A.L.* The fractal lung: universal and species-related scaling patterns // *Experientia.* – 1990. – Vol. 46. – P. 251–254.
84. *Neutel A.-M., Heesterbeek J.A.P., van de Koppel J. et al.* Reconciling complexity with stability in naturally assembling food webs // *Nature.* – 2007. – Vol. 449. – P. 599–602.
85. *Odum E. P.* Fundamentals of ecology. – Philadelphia, 1953.
86. *Otto S., Rall B., Brose U.* Allometric degree distributions facilitate food-web stability // *Nature.* – 2007. – Vol. 450. – P. 1226–1229.
87. *Pareto V.* Cours de Economie Politique. – Lausanne, 1897.
88. *Pielou E.C.* Shannon's formula as a measure of species diversity: its use and measure // *Amer. Natur.* – 1966. – Vol. 100. – P. 463–465.
89. *Pielou E.C.* An introduction to mathematical ecology. – N. Y., 1969.
90. *Rooney N., McCann K., Gellner G., Moore J. C.* Structural asymmetry and the stability of diverse food webs // *Nature.* – 2006. – Vol. 442. – P. 265–269.
91. *Rooney N., McCann K.S.* Integrating food web diversity, structure and stability // *Trends Ecol. Evol.* – 2012. – Vol. 27. – P. 45–51.
92. *Stegen J.C., Enquist B.J., Ferriere R.* Advancing the metabolic theory of biodiversity // *Ecol. Lett.* – 2009. – Vol. 12. – P. 1001–1015.
93. *Werner G.* Fractals in the nervous system: conceptual implications for theoretical neuroscience // *Front. Physiol.* – 2010. – Vol. 1. – P. 15–43.
94. *West G.B., Brown J.H., Enquist B.J.* A General model for the origin of allometric scaling laws in biology // *Science.* – 1997. – Vol. 276. – P. 122–126.
95. *West G.B., Brown J.H., Enquist B.J.* The fourth dimension of life: Fractal geometry and allometric scaling of organisms // *Science.* – 1999. – Vol. 284. – P. 1677–1679.
96. *West G.B., Brown J.H., Enquist B.J.* A general model for the structure and allometry of plant vascular systems // *Nature.* – 1999. – Vol. 400. – P. 664–667.
97. *Wills C., Harms K.E., Condit R. et al.* Non-random processes maintain diversity in tropical forests // *Science.* – 2006. – Vol. 311. – P. 527–531.
98. *Yakimov B.N., Bossuyt B., Iudin D.I., Gelashevili D.B.* Multifractal diversity-area relationship at small scales in dune slack plant communities // *Oikos.* – 2008. – Vol. 117. – P. 33–39
99. *Zamir M.* Fractal dimensions and multifractality in vascular branching // *J. Theor. Biol.* – 2001. – Vol. 212. – P. 183–190.
100. *Zipf G.K.* Human behavior and the principle of least effort. – Cambridge (Mass.), 1949.

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

(на примере Санкт-Петербурга и Ленинградской области)

Часть II: Организационные аспекты

Д.Н. Ковалев*, Г.А. Носков, М.Г. Носкова, И.Ю. Попов,
Т.А. Рымкевич

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

* Эл. почта: dimakov@list.ru

Статья поступила в редакцию 28.01.2013 г.; принята к печати 21.05.2013 г.

На примере систем особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Санкт-Петербургского региона, включающего Санкт-Петербург, Ленинградскую область и федеральную акваторию Финского залива, рассмотрены основные организационно-правовые принципы, задачи и подходы к созданию эффективно действующих систем региональных ООПТ. Внесены предложения по совершенствованию нормативно-правовой базы, форм и структуры управления ООПТ. Охарактеризованы принципы организации природоохранных мероприятий, научных исследований и рекреационной деятельности на ООПТ. Рассмотрены перспективы экологического просвещения на ООПТ региона. Предложены методические подходы к совершенствованию информационного обеспечения деятельности ООПТ.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, законодательство, управление, научные исследования, рекреация.

A CONCEPT OF DEVELOPMENT OF REGIONAL NETWORKS OF PROTECTED AREAS AS APPLIED TO SAINT-PETERSBURG AND LENINGRAD OBLAST.

Part I: Organizational aspects

D.N. Kovalev*, G.A. Noskov, M.G. Noskova, I.Yu. Popov, T.A. Rymkevich

Saint-Petersburg University, Saint-Petersburg, Russia

* E-mail: dimakov@list.ru

The basic organizational and legal principles related to the objective of developing an efficient network of regional protective areas are exemplified with Saint-Petersburg region, which includes the city of Saint-Petersburg, Leningradskaya Oblast, and Finn Gulf basin. Proposals for elaboration of the respective normative legal base and administrative systems are put forward. The principles of organization of conservation measures, research activities, and human recreation are outlined. Prospects for environmental education using regional protected areas are considered and approaches to developing the informational support to the management of protected areas are suggested.

Keywords: protected areas, environmental legislation, management, research, human recreation.

Введение

В первой части статьи были рассмотрены основные экологические принципы и подходы к созданию эффективно действующих систем региональных ООПТ, главными задачами которых является сохранение биоразнообразия и природных комплексов [3]. Однако выполнение этих задач напрямую зависит от организационно-правовых и социально-экономических условий, при которых осуществляется территориальная охрана природы.

Роль региональных ООПТ в территориальной системе охраны природы огромна, их площадь на порядок превышает площадь федеральных. Причем такая ситуация складывается не только в России, но и в других крупных странах – США, Канаде, Австралии. Опыт управления общегосударственной систе-

мой ООПТ в России, в первую очередь, сетью заповедников, был одним из самых эффективных в мире. Региональные же сети ООПТ, созданные в 70-х годах прошлого века, до начала 2000-х практически не управлялись. До конца советского периода в этом и не было острой необходимости: на них соблюдались режимы ограничения рубок, и они не застраивались. Однако в изменившихся экономических условиях, при выходе на первый план вопросов собственности и с интенсификацией использования природных ресурсов возникла насущная необходимость эффективного централизованного управления региональными сетями ООПТ. До настоящего времени не существует единой государственной политики в области управления региональными сетями ООПТ и их развития. Практически каждый субъект Федерации имеет свои

особенности в этой сфере. Один из самых больших недостатков заключается в нестабильности этих систем. Попытки организовать управление системами региональных ООПТ ведутся методом проб и ошибок. Хотя опыт Москвы и Санкт-Петербурга, где за последние 10 лет достигнуты определенные успехи в развитии систем ООПТ, показывает результативность экологически выверенной политики, ведущейся в одном направлении, во многих регионах руководство субъектов Федерации не спешит с оптимизацией управления и расширением сетей ООПТ. Это особенно относится к регионам, где леса играют большую роль в экономике. В таких регионах режимы рубок контролируются недостаточно, расчетные лесосеки завышены, санитарные рубки, проводящиеся на ООПТ, носят характер приисковых. Можно с уверенностью говорить о политике интенсивного освоения лесных ресурсов в большинстве лесных субъектов Федерации. В отдельных регионах коренные леса возраста более 120 лет практически уничтожены. Естественно, как создание новых ООПТ, так и упорядочение управления существующими мешает хозяйственному освоению лесов.

Кроме непосредственно управленческих задач перед ООПТ стоит и множество других. В первую очередь это организация научных исследований, без которых полноценное сохранение природных комплексов невозможно. Рекреационная составляющая деятельности ООПТ и развитие экологического просвещения также выходит на передний план в связи с высокой социальной значимостью. Назрел вопрос о системном решении проблем региональных ООПТ. В настоящей работе сделана попытка обобщения имеющегося опыта работы региональных систем ООПТ Санкт-Петербургского региона, некоторых других субъектов Федерации и зарубежных государств. Предложены основные направления деятельности в решении проблем и задач, связанных с оптимизацией функционирования региональных систем ООПТ.

1. Формирование нормативно-правовой базы

Существование региональных сетей ООПТ в настоящее время базируется на международных нормативно-правовых актах и пакете федеральных законов и указов Президента РФ в области охраны окружающей среды, землепользования, лесопользования, водопользования и общегражданского законодательства. Изменяющиеся социально-экономические условия при постоянном усложнении федеральной законодательной базы – в первую очередь земельного, лесного и водного законодательства, законов, связанных с разграничением федеральной и региональной собственности и ответственности, – требуют приведения в соответствие с существующим законодательством нормативно-правовой базы субъектов федерации в сфере организации и функционирования региональной системы ООПТ. Так, в соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» (№ 7-ФЗ от 10.01.2002) многие функции, связанные с охраной и использованием ресурсов ООПТ регионального значения, передаются в компетенцию субъекта Российской Федерации и должны решаться на основании регионального законодательства.

В субъектах Федерации рассматриваемого региона ситуация с нормативно-правовой базой различна.

В Санкт-Петербурге законы об ООПТ принимаются с середины 2000-х гг. Так, в настоящее время действует закон «Об особо охраняемых природных территориях регионального значения в Санкт-Петербурге» (№ 639-128 от 09.11.2011), сменивший закон «О государственных природных заказниках и памятниках природы...». Он достаточно лаконичен, что вполне объяснимо для городской территории, где роль ООПТ в обеспечении экологического баланса всего Санкт-Петербургского региона относительно невелика. Однако закон работает, позволяет эффективно выполнять задачи, стоящие перед ООПТ, и динамично расширять сеть территорий. Важную роль в расширении сети ООПТ также играет закон «О Генеральном плане Санкт-Петербурга и границах зон охраны объектов культурного наследия на территории Санкт-Петербурга» (№ 728-99 от 22.12.2005).

Совершенно другая ситуация сложилась в Ленинградской области. В экологическом балансе этой территории роль ООПТ огромна, но при этом крайне слаба законодательная база. В первую очередь, необходим закон «Об особо охраняемых природных территориях Ленинградской области». В настоящее время вопрос о принятии этого закона, три варианта которого были подготовлены еще в 1998 г., не рассматривается в Законодательном собрании Ленинградской области и не входит в число приоритетных. Для принятия данного закона необходимо создание группы экспертов, включающей специалистов, как минимум, в 8 предметных областях, которые с учетом имеющихся вариантов закона, пакета подзаконных актов и изменившегося федерального законодательства смогут в короткий срок усовершенствовать его для принятия Законодательным собранием. Закон «Об особо охраняемых природных территориях Ленинградской области» должен быть непрямого действия и приближаться по своей структуре к кодексу, так как вопросы, затрагиваемые при организации и функционировании региональных ООПТ, связаны с широким диапазоном правовых норм – от международного сотрудничества до сферы частной собственности граждан. При этом необходимо учитывать следующие принципы:

- первоочередность решения природоохранных, а не ресурсных и социальных задач;
- проработка разграничения собственности и полномочий между субъектом Федерации и федеральными структурами;
- сбалансированное сочетание статей прямого действия и статей, требующих подзаконных актов;
- структурированность текста закона по категориям, так как ООПТ разных категорий призваны выполнять разные задачи и должны по-разному функционировать;
- закрепление в законодательстве 3–5 категорий ООПТ, специфичных для региона;
- резервирование ООПТ при начале их проектирования;
- осуществление научной деятельности на региональных ООПТ на основе специального положения и под контролем специально уполномоченных территориальных природоохранных и природоресурсных органов;
- увязка организации новых ООПТ с градостроительным кодексом, схемами территориального планирования субъекта федерации и муниципальных районов, генеральными планами поселений;

– создание специальной инспекции для реальной охраны ООПТ и осуществления права субъекта федерации на свою собственность, прописанную в федеральных законах;

– определение места ресурсных заказников (преимущественно охотничьих), призванных не сохранять природные комплексы, а восстанавливать и увеличивать биологический ресурс. В настоящее время таких заказников на рассматриваемой территории не существует, но, учитывая опыт советского периода, их создание в отдельных случаях целесообразно.

Сам закон должен быть подкреплен широким спектром подзаконных актов в форме положений: типовых о разных категориях ООПТ, мониторинге и научной деятельности, организации рекреации и экологического просвещения. Некоторые из этих положений уже существуют, однако их смысловая часть зачастую противоречит федеральному законодательству, а в некоторых случаях они создают большую угрозу злоупотреблений. Так, в типовом положении о региональных ООПТ Ленинградской области предусмотрена возможность выделения в них четырех зон с различным режимом природопользования: ценных природных комплексов (резерватов), рекреации, экстенсивного и интенсивного природопользования. Последняя зона неприемлема для ООПТ, так как ее режим не отличается от регламентов территорий хозяйственного использования. Чаще всего такие зоны несут как прямые, так и скрытые угрозы целостности и самому существованию ценных природных комплексов. Это позволяет на уровне принятия оперативных решений правительства Ленинградской области внедрять на ООПТ промышленные и другие опасные объекты или застраивать их многоэтажными домами.

2. Организация новых ООПТ

В условиях усиливающегося антропогенного пресса, ведущего к уничтожению биологических видов и целых экосистем, организация новых региональных ООПТ актуальна для всей России. Существующие в большинстве субъектов федерации сети ООПТ недостаточны по площадям и по степени охвата природного разнообразия, и их необходимо постепенно расширять согласно научно обоснованной стратегии. Для этих целей удобно использовать системный подход в выявлении ценных в природоохранном отношении комплексов и объектов, а также принципы «гэп-анализа» – выявление пробелов (*англ.*: «gap») в сетях ООПТ. Первоначально программа «гэп-анализа» (Gap Analysis Programme) началась в США как быстрая оценка объектов, требующих сохранения. Главная цель этой работы состояла в том, чтобы списки видов, находящихся под угрозой исчезновения, не увеличивались [28]. Первые работы в этой области сосредотачивались на видах, которым грозит исчезновение, но затем они стали включать более полный анализ природных комплексов и выявление объектов, на которых требуется сосредоточить внимание в первую очередь. В начале 2000-х гг. в России также начали проводиться исследования в данном направлении [10, 19]. Эта стратегия рассмотрена в первой части статьи, где для Санкт-Петербургского региона была предложена 81 территория, требующая принятия мер охраны в первую очередь [3].

В регионах, где природоохранные традиции сильны, на основе имеющихся баз данных и предложе-

ний специалистов можно достаточно быстро предложить необходимое количество новых ООПТ. Так, в Ленинградской области в 2012 г. при создании Схемы территориального планирования за короткий срок было предложено к организации около 120 ООПТ. В соответствии с Федеральным законом «Об особо охраняемых природных территориях» (№ 33-ФЗ от 14.03.1995) схемы территориального планирования являются механизмом резервирования. Однако схемы территориального планирования субъекта федерации, муниципальных районов и генеральные планы поселений являются самостоятельными документами, и предлагаемые к организации ООПТ необходимо учитывать в каждом из них. Включение ООПТ в региональные Красные книги также является определенной защитой этих территорий от застройки и вырубки, но юридические гарантии появляются только в тех случаях, когда по их ведению приняты соответствующие правительственные документы.

Процесс проектирования ООПТ многоуровневый и долговременный. Судя по опыту Ленинградской области, он может затянуться на 5–10 лет. В среднем время организации ООПТ занимает 2–4 года. За этот период нередко природные комплексы полностью или частично оказываются разрушенными. Затруднения при создании ООПТ часто возникают из-за противодействия со стороны хозяйствующих субъектов: лесопользователей, недропользователей, застройщиков и т. д. Отсутствие необходимых средств также замедляет проектирование ООПТ, поскольку оно требует определенных финансовых затрат и большого объема работы. Но все же главным тормозом обычно является природоохранная политика в субъекте федерации. Тем не менее, в последние годы участились случаи финансирования и активной поддержки организации ООПТ со стороны граждан и организаций. Эту инициативу необходимо всячески поддерживать.

3. Организация управления ООПТ

Формы управления региональными системами ООПТ различны на территории Российской Федерации. Есть субъекты, в которых созданы государственные казенные учреждения (ГКУ) в виде дирекций, как это сделано в Санкт-Петербурге. В Ленинградской области для управления ООПТ организован филиал областного государственного казенного учреждения (ЛОГКУ) «ЛЕНОБЛЛЕС». В Москве для некоторых региональных ООПТ созданы собственные дирекции. Есть области, где учреждения по управлению ООПТ не созданы, и обеспечением их деятельности занимаются небольшие отделы при комитетах природных ресурсов. Такое разнообразие имеет как объективные (разница в бюджетах и размерах территорий), так и субъективные (отсутствие специалистов, политика губернаторов) предпосылки. Это сказывается негативно на региональных сетях в целом. Характеристика всего многообразия форм управления выходит за рамки настоящего исследования, однако необходимо рассмотреть основные стратегические направления их функционирования.

Анализ деятельности современных систем региональных ООПТ дает основание считать, что региональные системы ООПТ должны иметь централизованную структуру управления, самостоятельную инспекторскую службу и свою законодательную

базу. Практически во всех субъектах Федерации при комитетах природных ресурсов существуют специальные структуры, осуществляющие нормативно-правовое и информационное обеспечение деятельности ООПТ. Для непосредственного же управления территориями далеко не во всех субъектах созданы специальные учреждения. Наиболее эффективной формой управления, с нашей точки зрения, является Государственное бюджетное учреждение, состоящее из единой дирекции на весь субъект федерации. Санкт-Петербург с его большим бюджетом может позволить себе содержание казенного учреждения, однако уже в Ленинградской области дирекции по управлению ООПТ необходимо иметь возможность зарабатывать собственные средства, так как бюджета недостаточно для ее эффективной работы.

Важную роль в совершенствовании управления системами ООПТ должна сыграть организация инспекторской службы. Инспекция может быть создана при администрациях субъекта федерации. Инспекторские права должны иметь как работники государственного учреждения, так и сотрудники административно-правовых отделов по управлению ООПТ при комитетах природных ресурсов. Необходимым условием работы инспекции и дирекции по ООПТ должно стать их отделение от любых ресурсных учреждений, в первую очередь по управлению лесами, с которыми у ООПТ противоположные цели и задачи. Объединение ресурсных ведомств с природоохранными учреждениями негативно влияет на сохранность природных комплексов.

Анализ существующей ситуации показывает, что в большинстве субъектов Федерации требуется значительное расширение сетей ООПТ. На современном этапе развития ООПТ в регионах важно создание именно двух управляющих структур: отделов при комитетах природных ресурсов и государственных учреждений, когда деятельность отделов концентрируется на совершенствовании нормативно-правового регулирования и создании новых ООПТ. Для дирекций по управлению существующими ООПТ проектирование и создание новых является активностью непрофильной и отвлекающей от их непосредственных задач. В целом, как ни странно это звучит, дирекции по управлению ООПТ не заинтересованы в расширении сетей.

4. Организация работы дирекций ООПТ

Для эффективного функционирования системы региональных ООПТ в минимальный штат дирекций, кроме руководителя, целесообразно включать: заместителя по охране, главного бухгалтера, научного сотрудника, специалиста по экологическому просвещению и рекреации. Для большинства крупных ООПТ необходимо создание усадеб с центрами экологического просвещения, где в штате может работать от 1 до 5 инспекторов и специалист по экологическому просвещению и рекреации. Кроме ООПТ, где базируется усадьба, эти работники могут осуществлять охрану и обслуживание менее значительных ООПТ, расположенных на небольшом расстоянии от базовой. Структура штатов по мере развития дирекций может усложняться. Такая структура, с нашей точки зрения, оптимальна для региональных дирекций ООПТ кроме Москвы и Санкт-Петербурга, где

успешно идет процесс развития управления ООПТ по собственным специфическим схемам.

В Ленинградской области на первом этапе целесообразно создание восьми базовых усадеб на основе наиболее развитых в отношении инфраструктуры ООПТ, с учетом деления области по муниципальным районам:

- на базе заказника «Раковые озера» для ООПТ Карельского перешейка;
- на базе заказника «Кургальский» для ООПТ Кингисеппского и Сланцевского районов;
- на базе заказника «Лебяжий» для ООПТ Ломоносовского района;
- на базе заказника «Глебовское болото» для ООПТ Гатчинского и Волосовского районов;
- на базе заказника «Лисинский» для ООПТ Тосненского района;
- на базе заказника «Шалово-Перечицкий» для ООПТ Лужского района;
- на базе северной части природного парка «Вепский лес» для ООПТ Подпорожского и Лодейнопольского районов;
- на базе южной части природного парка «Вепский лес» для ООПТ Тихвинского и Бокситогорского районов.

В дальнейшем при развитии сети ООПТ по утвержденной в декабре 2012 года «Схеме территориального планирования Ленинградской области» возможно создание еще четырех усадеб:

- на базе заказника «Колтушские высоты» для ООПТ Всеволожского района;
- на базе заказника «Кузнечное» для ООПТ Приозерского района;
- на базе заказника «Выборгский» для приморских ООПТ северного берега Финского залива;
- на базе заказника «Южное Приладожье» ООПТ для ООПТ Волховского, Киришского и Кировского районов.

Дирекции целесообразно иметь бюджетный и внебюджетный (включая валютный) счета. Финансирование дирекций в соответствии с бюджетным кодексом необходимо проводить отдельными строками закона о бюджете субъекта федерации для осуществления основной деятельности и на капитальные вложения. При этом важно предусмотреть возможность финансирования природоохранных мероприятий, совершенствования инфраструктуры, развития экологического просвещения и рекреации через счет дирекций из средств региональных целевых программ (природоохранных, туристических, образовательных). Кроме этого дирекциям необходимо иметь возможность финансирования природоохранной деятельности из других законных источников.

Для сохранения природных комплексов региональных ООПТ одной из главных задач является создание региональных инспекций с реальными правами в осуществлении охраны лесных, охотничьих и рыбных ресурсов на их территориях. На первых этапах эти права можно осуществлять через различные формы договоров с федеральными надзорными органами в этих областях, а также с органами обеспечения правопорядка. Все инспекторы должны быть обеспечены автомобильным и при необходимости водным транспортом, а также специальными средствами по обеспечению правопорядка, предусмотренными для инспекторов по охране федеральных ООПТ. Для

сложных ситуаций по охране территорий, требующих силовых и быстрых действий, целесообразно создавать оперативные группы из инспекторов центрального аппарата и нескольких ООПТ, территориально близких друг к другу.

В развитии инфраструктуры одним из приоритетных направлений является организация центров по экологическому просвещению и образованию, организация наглядного информационного обеспечения (аншлагов, информационных щитов, стендов), экологических троп, обзорных площадок, вышек и т. д. Освоение рекреационного потенциала должно вестись постепенно с учетом природоохранных задач и соблюдением всех мер охраны. В зависимости от возможностей финансирования рекреационная деятельность может вестись как самими дирекциями, так и коммерческими предприятиями на основе концессионных или иных договоров.

Для функционирования ООПТ важна правильная постановка земельных отношений, связанных с развитием инфраструктуры на территориях. Пользование землей на ООПТ для осуществления дирекциями своей деятельности возможно как на праве собственности, так и на основе договоров аренды. Последняя форма в настоящее время является практически единственно возможной для земель лесного фонда. Право пользования землей для дирекций ООПТ предпочтительнее на самих территориях, однако это необязательно – возможно освоение подходящих земельных участков в непосредственной близости от них. Организацию экологических троп, строительство обзорных вышек и площадок в связи с их протяженностью и труднодоступностью на первом этапе предпочтительнее осуществлять без оформления земельных отношений на основе разработанных проектов. Однако в дальнейшем отвод земельных участков под площадные объекты необходим.

5. Природоохранные мероприятия на ООПТ

Что касается природоохранных (мелиоративных, биотехнических и др.) мероприятий, то их необходимо осуществлять на строго научной основе для выполнения прямых задач, стоящих перед ООПТ. Практика показывает, что основным недостатком при выполнении этих мероприятий является их безадресный характер. Большинство из них проводятся по методикам, разработанным для охотничьих заказников, где необходимо увеличивать ресурс охотничьих животных. В некоторых случаях для сохранения ценных объектов подобное вмешательство целесообразно – например, выпуск молоди рыб или посадки деревьев. Однако исключительно важно предварительно провести оценку последствий вмешательства в природные комплексы, в противном случае стремление улучшить состояние ООПТ может привести к нежелательным последствиям. Особенно часто это проявляется при стремлении навести порядок – убрать и облагородить территорию, очистить водоем, срубить сухие ветки и деревья. Нередко за мусор и грязь принимаются валежник и другие растительные остатки, а также упавшие в воду деревья. Эти объекты являются неотъемлемой частью природных комплексов, и без них резко снижается биоразнообразие, так как теряется среда обитания для множества живых организмов. Так, например, на тер-

ритории памятника природы «Дудергофские высоты» небольшой водоем был вычищен и углублен для «улучшения» состояния, из-за чего он стал пригодным для обитания рыб. Местные жители выпустили в него карасей и ротанов, которые «зачистили» пруд от насекомых и личинок амфибий; в результате амфибии в нем исчезли, в том числе гребенчатые тритоны *Triturus cristatus* (редкий для региона и малочисленный по естественным причинам вид). До этого мероприятия водоем был одним из наиболее ценных природных комплексов памятника природы.

ООПТ обычно находятся в окружении агрессивной среды, часть их природных комплексов антропогенно нарушена и поэтому нередко уже не может устойчиво существовать без вмешательства человека. Например, известен случай, когда в заказнике «Котельский» бобры построили плотину на скоплении жемчужниц, *Margaritifera margaritifera* (исключительно редкого и уязвимого вида двустворчатых моллюсков), в результате чего численность жемчужниц сократилась. В прошлом, когда жемчужницы были многочисленны, велась интенсивная охота на бобров и были многочисленны хищники, охотившиеся на них, подобные экосистемы существовали в равновесии, а сейчас жемчужницы крайне малочисленны, бобры, напротив, увеличиваются в числе. Очевидно, что в подобных случаях необходимо адресное вмешательство, которое, в свою очередь, требует специальных научных исследований.

При развитии инфраструктуры для экологического просвещения и рекреации необходимо принимать превентивные шаги по предотвращению негативного воздействия экскурсантов и самой инфраструктуры на природные комплексы и объекты. Это положение удобно проиллюстрировать на памятнике природы «Саблинский» и состоянии зимовок летучих мышей в пещерах.

В 1999 г. управление памятником природы «Саблинский» по специальному договору с Правительством Ленинградской области было передано частной структуре. Состояние зимовок летучих мышей не только не улучшилось, но практически большинство пещер утратили для них свое значение.

Причины падения численности летучих мышей в Саблинских пещерах заключаются, прежде всего, в том, что под реальную охрану и использование была взята только одна пещера «Левобережная», хотя в средства массовой информации (в первую очередь Интернет) было выплеснуто огромное количество неподкрепленной конкретными услугами рекламы на посещение других пещер. Наиболее вредным оказалось предоставление информации по расположению входов с картами и планами самих пещер. Это привело к 10-кратному и более увеличению потока туристов в Саблинские пещеры в целом. Привлеченные к пещерам и не получившие надлежащего обслуживания неподготовленные туристы получили возможность не только найти сами пещеры, но и с использованием простого компаса посетить даже их труднодоступные участки. Таким образом, результатами 10-летней работы частной организации стали полная деградация большинства пещер как биотопов для зимовок летучих мышей и физическое уничтожение последних. То количество туристов, которое посещает пещеры, а оно по разным оценкам составляет более 50 000 человек в год, превышая численность

посетителей многих музеев, во много раз перекрывает допустимые нагрузки на данный биотоп.

Значительное падение численности летучих мышей в «Левобережной» пещере в период с 1999 по 2007 г. обусловлено лавинообразным ростом количества туристов и непродуманными в природоохранном отношении действиями частной организации. Взятая под охрану пещера «Левобережная» не выполняет функций охраны зимовок летучих мышей, в связи с тем, что организация экскурсий во многом противоречит природоохранным целям и задачам:

- посещение туристами пещеры осуществляется без учета времени залета и пребывания в ней летучих мышей; особенно губительные последствия имеют визиты туристов в осенний период – с конца августа по ноябрь – в то время, когда летучие мыши уходят на зимовки; длительность этого периода связана с тем, что летучие мыши разных видов и разного возраста различаются по срокам заселения пещер (ночница Наттерера, например, отличается тем, что уходит на зимовки довольно поздно – в ноябре);

- выбранный туристический маршрут, его размеры и организация (включающая освещение) не обеспечивают сохранность зимовок;

- размеры и конфигурация загораживающих входы решеток не соответствует экологическим особенностям летучих мышей, хотя такие нормы давно были разработаны для европейских зимовок подобного типа;

- накопившиеся на стенках довольно большой части пещеры глинистые осадки от затапливающей ее в 90-х гг. воды не позволяют мышам занимать эти пригодные в других отношениях участки.

Приведенный отрицательный пример природоохранных мероприятий, которые привели к противоположным результатам, наглядно показывает, какие именно действия целесообразно осуществлять для сохранения зимовок. Необходимо взять под охрану весь комплекс пещер, организовывать экскурсии с учетом сроков залета и особенностей выбора летучими мышами частей пещер, провести очистку стен, покрытых глиной, сделать правильные решетки. Однако подобный опыт приобретается за счет порой невосполнимых утрат ценных природных объектов.

6. Развитие рекреации и экологического просвещения

Региональные ООПТ в отношении строгости режима охраны и возможности ознакомления с природными комплексами и объектами занимают промежуточное положение между природными территориями хозяйственного освоения и федеральными ООПТ. В связи с тем, что региональные ООПТ обладают уникальными и относительно слабо освоенными природными комплексами, поддержание на них особого режима охраны и возможность их посещения обуславливают их наибольший рекреационный и эколого-просветительский потенциал. Следует отметить, что рекреационные ресурсы региональных ООПТ по существующему законодательству являются единственными из природных ресурсов, которые могут считаться бесспорной собственностью субъектов Федерации и эксплуатация которых на территории ООПТ разрешена.

При формировании региональных систем ООПТ основным принципом должен быть приоритет реше-

ния природоохранных задач над всеми остальными, в том числе и рекреационными. Надо иметь в виду, что некоторые ООПТ могут вообще не иметь никакого рекреационного потенциала, но их функционирование необходимо для сохранения биоразнообразия и устойчивого экологического развития региона. Для развития рекреации нужно выбирать ООПТ с относительно слабой уязвимостью природных комплексов и объектов.

Особенностью ООПТ регионального значения является их неполное изъятие из хозяйственного использования, сочетание экономического и природоохранного аспектов в их функционировании. В связи с этим при организации новых ООПТ и упорядочении использования существующих необходимо учитывать рекреационные и эколого-просветительские возможности этих территорий.

Основные принципы формирования региональных систем ООПТ, учитывающие рекреационные и эколого-просветительские аспекты, можно подразделить на три группы: экологические, природоохранные, социальные. Экологические принципы должны обеспечить возможность ознакомления с характерными уникальными особенностями природы региона. Для этого региональные системы ООПТ должны включать:

- 1) максимальное видовое разнообразие;
- 2) разнообразные ландшафты, элементы рельефа и гидрологические объекты;
- 3) местообитания редких видов животных и растений;
- 4) широкий спектр разнообразия типов природных комплексов по региону.

К природоохранным принципам относятся:

- 1) научно обоснованная оценка рекреационной емкости ООПТ;
- 2) зонирование ООПТ с учетом рекреационных возможностей природных комплексов;
- 3) наличие на ООПТ природных комплексов и объектов, удобных для проведения учебных экологических программ;
- 4) возможность восстановления утраченных свойств природных комплексов для усиления их рекреационной ценности;
- 5) минимальное вмешательство в природные процессы при организации регламентированной рекреации.

К социальным принципам следует отнести:

- 1) доступность территории для посещения;
- 2) учет традиционных мест рекреации;
- 3) возможность трудоустройства местного населения;
- 4) создание большего количества территорий в густонаселенных районах;
- 5) снижение рекреационной нагрузки за счет ее регламентации;
- 6) некоммерческую основу функционирования ООПТ.

Учет данных принципов, на наш взгляд, позволит создавать сбалансированные как в экологическом, так и в социальном отношении региональные системы ООПТ, функционирование которых будет наиболее полно решать задачи ослабления рекреационной нагрузки на природные комплексы регионов, повы-

шать уровень экологического образования населения, удовлетворять спрос на рекреационный ресурс.

Организация регламентированной рекреации на территориях заказников, памятников природы и природных парков может решать следующие задачи:

- регламентировать время, место и объем рекреационных нагрузок на охраняемые территории с целью сохранения природных комплексов;
- обеспечивать населению возможность отдыха на природе;
- повышать экологическую грамотность населения путем проведения специализированных экскурсий, установки рекламных щитов, организации различного рода выставок и экспозиций;
- ограничивать неорганизованную рекреацию;
- получать дополнительные финансовые средства для проведения природоохранных мероприятий.

6.1. Ограничение нерегламентированной рекреации

За последние 2–3 десятилетия территории многих заказников и памятников природы стали местами массового отдыха населения. При этом нагрузки часто приводят к вытаптыванию растительности, распугиванию птиц во время гнездования, вылову редких рыб, то есть к уничтожению природных объектов, ради которых была организована ООПТ. Наибольшие нагрузки, как правило, попадают на побережья водоемов в купальный сезон, верховые болота в периоды созревания клюквы и морошки, леса в местах сбора грибов и ягод, прибрежные зоны и акватории водоемов, удобные для рыбалки и охоты, места с выраженным рельефом, где возможен экстремальный спорт (скалолазание, мотогонки). В связи с этим возникает задача контроля за формами использования территории в соответствии с режимом охраны каждой конкретной ООПТ. Например, к числу территорий Санкт-Петербургского региона, требующих срочных мер по ограничению запрещенных нагрузок, необходимо отнести заказники: «Гряды Вярмянселькя», «Лебяжий», «Мшинское болото», «Болото Озерное», «Гладышевский», «Котельский», «Озеро Мелководное», «Сяберский», «Черемнецкий», «Шалово-Перечицкий»; памятники природы с геологическими обнажениями у пос. Ям-Тесово, у пос. Белогорка, у пос. Борщово, «Истоки реки Ордеж в урочище Донцо», «Озеро Красное», «Озеро Ястребиное», «Радоновые источники и озера у пос. Лопухинка», «Западный Котлин». Для каждой из них должны быть разработаны индивидуальные правила посещения территории в соответствии с детализированными, в рамках существующих, режимами охраны. Наиболее актуальными задачами для ООПТ становятся ограничение выезда машин за пределы дорог общего пользования, а также необходимость срочного зонирования этих территорий и выделения на них участков, закрытых для посещения отдыхающими в определенные сезоны года.

6.2. Обеспечение отдыха на природе

Обеспечение возможности отдыха на природе требует, с одной стороны, создания определенной инфраструктуры, в том числе оборудования бивуаков и стоянок для автомашин, участков пляжей, приспособленных для купания, прокладку троп через дюны, болотные и лесные массивы, установку емкостей для сбора и вывоза мусора и т. д. С другой стороны, эта

инфраструктура ни в коем случае не должна отрицательно влиять на выполнение ООПТ основных ее функций по охране природных комплексов и объектов, а наоборот – способствовать их сохранению.

Например, для Ленинградской области наиболее перспективными из существующих ООПТ для организации отдыха населения без ущерба для природы представляются заказники: «Гряды Вярмянселькя», «Котельский», «Линдуловская роща», «Лисинский», «Сяберский», «Черемнецкий», «Шалово-Перечицкий», памятники природы со всеми геологическими обнажениями (на реке Саба, у пос. Белогорка, у пос. Ям-Тесово, у пос. Борщово): «Каньон реки Лава», «Озеро Красное», «Озеро Ястребиное», «Остров Густой», «Река Рагуша», «Щелейки», а также природный парк «Вепский лес». Из планируемых ООПТ организованный отдых населения допустим в заказниках: «Колтушские высоты», «Копорский глинт», «Озеро Вуокса», «Озеро Лубенское», «Приневский», и памятниках природы: «Гора Крутуха у оз. Белое», «Петровщинская роща», «Река Величка».

6.3. Пропаганда идей охраны природы

Повышение экологической грамотности населения на территориях ООПТ может проводиться различными методами в зависимости от особенностей природных условий, контингента лиц, посещающих территорию, сезона года и времени суток. Наиболее эффективными формами пропаганды идей охраны природы могут считаться экскурсии, установка щитов с информацией об особенностях природы того или иного участка, организация экспозиции, посвященной природным особенностям данной территории.

6.3.1. Экскурсии

Организация экскурсий – одна из наиболее доступных форм просветительской деятельности на ООПТ, так как не всегда требует предварительного приобретения транспорта, обустройства помещений для отдыха, оборудования наблюдательных пунктов и других видов организационных и строительных работ. Тематика экскурсий должна быть тесно увязана с природными условиями ООПТ и в то же время давать повод ознакомить экскурсантов с более широкими проблемами, например, с историей Балтийского кристаллического щита, историей оледенений на Северо-Западе России, судьбой Ладожского озера или Финского залива. Природные условия ООПТ Санкт-Петербургского региона позволяют проводить специализированные экскурсии по геологической тематике, гидросистемам, особенностям болот, животному миру, лесам, а также комплексные экскурсии с акцентами на особенности функционирования экосистем, представленных на той или иной ООПТ. Наиболее перспективными для организации экскурсионной деятельности среди существующих и планируемых ООПТ являются следующие: заказники «Раковые озера», «Кузнечное», «Озеро Вуокса», «Кокоревский», «Приневский», «Котельский», «Кургальский», «Сяберский», «Черемнецкий», «Шалово-Перечицкий», «Чистый мох», природный парк «Вепский лес», памятники природы «Река Рагуша», «Каньон реки Лава», «Саблинский», все территории с геологическими обнажениями, а также все ООПТ Санкт-Петербурга.

6.3.2. Информационные щиты

Установка щитов с информацией о границах, режиме охраны и ценных природных объектах – необходимое условие нормального функционирования всех ООПТ. К сожалению, до настоящего времени такие щиты отсутствуют на большинстве ООПТ Ленинградской области. Исключением являются заказники «Раковые озера», «Болото Озерное», «Кургальский», «Котельский», природный парк «Вепсский лес» и некоторые другие. В результате неосведомленность населения о границах и правилах поведения на ООПТ становится одной из причин нарушения режимов охраны. Такие щиты целесообразно устанавливать у входов и въездов на ООПТ, вдоль предполагаемых экскурсионных маршрутов, а также в местах наиболее массового отдыха населения. Для лучшей сохранности щитов их нужно размещать только в местах постоянного присутствия людей и изготавливать из антивандалных материалов.

6.3.3. Экспозиции

Организация тематических экспозиций с фотографиями, стендами, муляжами и чучелами животных может быть под силу в небольшом числе ООПТ, так как требует постройки специального (хотя и недорогого) помещения и содержания штата из 1–2 человек, обслуживающих экспозицию. Создание такой экспозиции требует специального проекта, подготовленного с учетом рекомендаций специалистов. Организация экспозиций целесообразна на тех территориях, на которых долгое время проводились научные исследования и накоплен определенный информационный потенциал. В рассматриваемом регионе такими ООПТ являются природный парк «Вепсский лес», заказники «Раковые озера», «Лисинский», «Шалово-Перечицкий», «Кургальский», памятник природы «Парк Сергиевка».

6.4. Оценка рекреационного ресурса

При организации ООПТ и изъятии территории из сферы хозяйственного использования высвобождаются определенные ресурсы, которые удобно определить как рекреационные. Эти ресурсы, включающие собственно рекреацию, экологический туризм, экологическое просвещение и сопутствующие им возможности, достаточно трудно оценить, но при экономически целесообразном использовании территории рекреационные ресурсы могут быть не менее существенными, чем те (лес, охотничьи и сельскохозяйственные угодья, недра, вода и т. д.), которые исчезли при введении режима особой охраны. Так, в Санкт-Петербургском регионе одним из самых важных хозяйственных ресурсов, теряющихся при образовании ООПТ, является лес. Поэтому, с одной стороны, рекреационный потенциал ООПТ можно рассчитывать, по минимуму, на основе учета неиспользованной лесной продукции. С другой стороны, его можно выразить, например, и в баллах (табл. 1). При организации любой рекреационной деятельности на ООПТ: заключении договоров аренды, проведении экскурсий туристическими фирмами и другими организациями, строительстве автостоянок, объектов общественного питания и др. – необходимо учитывать и оценивать те рекреационные ресурсы, которые потенциально могут быть использованы.

Реинвестирование в систему ООПТ может осуществляться как в виде прямых платежей в дирек-

цию, так и через пополнение регионального бюджета путем следующих механизмов:

1. Регистрация в региональных структурах всех предприятий и организаций, ведущих любую деятельность на ООПТ.

2. Сертификация тех видов деятельности на ООПТ, которые связаны с рекреацией (экскурсионные и сервисные услуги, рыбная ловля, стоянка автотранспорта, прокат лодок и др.).

3. Проведение рекреационной деятельности предприятиями и организациями на ООПТ на основе договоров с административными структурами субъекта федерации с отчислениями в его бюджет от 5 до 30% прибыли в зависимости от рода деятельности и ценности используемых ресурсов.

Предлагаемая система использования рекреационного потенциала региональных ООПТ основывается на опыте управления аналогичными охраняемыми территориями крупных стран, имеющих федеративное политическое устройство. Подобная система в некоторых случаях неприменима – как, например, в Санкт-Петербурге в связи со спецификой организации дирекции в виде казенного учреждения и высокого уровня бюджетного финансирования.

6.5. Непрофильное использование рекреационного ресурса

Следует отметить, что в последние годы идет активный процесс передачи лесного фонда под рекреацию. При этом многие участки лесного фонда попадают на проектируемые и предлагаемые ООПТ. На практике этот процесс оказывается не соответствующим задачам сохранения природных комплексов и является скрытой, а иногда и открытой формой коттеджного строительства. Так, например, в проектируемом заказнике «Кокоревский» в аренду под строительство крупного рекреационного объекта (более 40 домов) передан берег Ладожского озера с уникальными прибрежными сосняками на береговых валах.

7. Организация научно-исследовательских работ

Научные исследования на ООПТ, как правило, начинаются еще в период подготовки обоснования для ее организации. В этот период на основе проведенных исследований выявляются наиболее ценные природные объекты, определяются примерные границы проектируемых ООПТ, подготавливаются рекомендации по режиму охраны с учетом условий сохранения основных объектов и создаются необходимые картографические материалы. Этот предварительный этап научно-исследовательской работы весьма велик и требует участия специалистов разных профилей. Он может выполняться либо на основе личной заинтересованности и энтузиазма группы лиц, стремящихся сберечь тот или иной участок природных комплексов от хозяйственного освоения, либо по заданию и на основе договорных отношений с региональными администрациями. Как правило, он заканчивается подготовкой проекта организации ООПТ и передачей его в региональные органы власти для принятия Постановления.

Статус ООПТ предполагает обязательное использование результатов научных исследований для проведения природоохранных мероприятий. Этот тезис был высказан еще В.В. Станчинским в период

Пример рекреационной оценки лесов ООПТ Санкт-Петербургского региона

Фактор оценки	Баллы		
	10	5	1
Состав и форма древостоя	Богатое разнообразие пород, наличие широколиственных элементов, деревьев старше 100 лет, неморального комплекса, чередование типов леса в пределах ООПТ. Лес восхищает.	Некоторое разнообразие пород, два яруса, разновозрастность. Лес привлекателен.	Однообразие пород, отсутствие крупных деревьев, один ярус. Лес унылый.
Преобладающая порода	Сосна, дуб, черная ольха, лиственница, ясень, липа, старовозрастные ели, осины, ивы.	Молодняки сосны, ели, старовозрастные березы.	Осина, ольха, береза, ива.
Поляны и опушки	Живописные поляны и опушки с богатым травяным покровом.	Наличие полян и опушек.	Отсутствие полян, удаленность от опушки.
Воды	Большие водные пространства Ладожского озера и Финского залива, глубокие внутренние озера Карельского перешейка и Вепсской возвышенности, старые карьеры.	Небольшие реки и водоемы, пригодные для купания и рыбной ловли.	Отсутствие рек и водоемов.
Рельеф	Живописный сельговый рельеф Карельского перешейка, каньоны рек Вепсской возвышенности и Ижорского плато, склоны древнего Литоринового моря (глинт), прибрежные скалы Финского залива и Ладожского озера, гранитные острова.	Слабо пересеченный ледниковый рельеф камов, озоз и морен, острова.	Плоская однообразная равнина.
Памятники природы и культуры	Пещеры, водопады, скалы, крепости, речные обрывы, старинные усадьбы.	Наличие памятников природы (валуны) и культуры (старые финские фундаменты, развалины).	Отсутствие памятников природы и культуры.
Проходимость	Сочетание качественной дорожно-тропиночной сети с условно девственными урочищами.	Наличие дорожно-тропиночной сети.	Труднопроходимые территории болот и кустарников без дорожной сети.
Близость к СПб.	Удаление на 20–60 км.	Непосредственная близость.	Удаление на 60–400 км.
Близость к местам качественно организованного ночлега	Непосредственная близость.	Удаление на 20–60 км.	Удаление на 60–400 км.
Благоустройство	Сочетание благоустроенных территорий с условно девственными урочищами.	Относительно благоустроенная территория.	Отсутствие благоустройства (в том числе питьевой воды и теплого жилья).
Загрязнение	Полное отсутствие мусора, химического, биологического и радиационного загрязнений.	Некоторые типы загрязнения, не нарушающие комфортности отдыха.	Загрязнения, нарушающие комфортность отдыха.
Дефицитность лесов	Лесистость менее 10%.	Лесистость 10–60%.	Лесистость более 60%.

формирования отечественной заповедной сети и активно внедрялся в практику заповедного дела В.Н. Сукачевым, А.А. Насимовичем, Ю.А. Исаковым, А.М. Краснитским. Он полностью применим и к региональным сетям ООПТ, хотя существует ряд объективных и субъективных трудностей. К их числу, прежде всего, относится отсутствие штата научных сотрудников в составе природоохранных комитетов региональных администраций. В то же время часто встречается и непонимание необходимости, и, соответственно, отсутствие финансирования на привлечение сторонних специалистов для проведения работ [11].

Генеральным направлением научных исследований на всех ООПТ должна быть разработка методов и режимов охраны природных комплексов и видов. В рамках этого генерального направления приходится решать три основные группы вопросов: 1) инвентаризация того, что надо охранять; 2) выяснение состояния охраняемых объектов, то есть их мониторинг; 3) разработка методик охраны и внедрение их в практику природоохранных мероприятий.

Инвентаризационные работы предполагают фаунистические и флористические исследования возможно большего числа групп организмов. Они могут вестись неопределенно долгий срок, так как выявить весь набор видов, обитающих на той или иной территории, практически невозможно. Поэтому на первых этапах инвентаризационные работы начинаются с составления списков видов позвоночных животных и высших растений; несколько позже изучаются мхи, лишайники, грибы, насекомые. Такой подход, с нашей точки зрения, вполне оправдан, так как именно представители высокоорганизованных групп растений и животных имеют наиболее сложные системы биоценологических отношений, включающие экологические ниши более низкоорганизованных форм. Это позволяет на основе знания состава населения птиц, млекопитающих, рыб, сосудистых растений, грибов и их требований к среде обитания разрабатывать режимы охраны, обеспечивающие возможность существования на ООПТ подавляющего большинства живых организмов.

Для оценки состояния природных комплексов в свое время была высказана концепция «видов-зонтиков» (*umbrella species*): если на территории живут крупные млекопитающие, например львы или слоны, то это означает, что там есть достаточно большое пространство с комплексом определенных особенностей среды, в которых обитает и множество других животных [27]. Виды-зонтики, как правило, имеют сложное сочетание биоценологических связей, например, для небольшого зверька – летяги (*Pteromys volans*) необходимо разнообразие древостоя, большой набор видов растений в лесу, дупла дятлов в осинах, близость водоема, территория в несколько гектаров, то есть этот вид включает экологические ниши множества других. Другим примером может служить моллюск обыкновенная жемчужница. В его местообитаниях непременно должны обитать лососевые рыбы, так как личинки жемчужниц паразитируют на их жабрах. При этом обитание этих рыб во многом зависит от качества естественных стоков в реки, и их наличие в реке означает, что ее бассейн относительно мало нарушен – в нем сохраняется естественная древесная растительность, что в свою очередь предо-

ставляет возможность для существования множества других относительно уязвимых животных – миноги (*Lampetra*), хариуса (*Thymalus thymalus*), редких насекомых.

Продолжением инвентаризационных работ должно стать изучение видового состава и экологии других мало изученных групп животных: водных беспозвоночных, двукрылых, стрекоз, рыб, амфибий, летучих мышей и ряда других. Только оценив их уязвимость и экологические предпочтения, можно сохранять и восстанавливать высокое биологическое разнообразие на ООПТ. В этом отношении наибольший пробел связан с водной средой – это отмечается не только на ООПТ рассматриваемой территории, но и в мировом масштабе [25]. Часто по мере фаунистических исследований выявляются новые объекты, требующие внимания и специальных мер охраны. Так, например, в заказнике «Котельский», созданном с целью охраны лесных сообществ и природных комплексов озер, найдено уникальное скопление обыкновенных жемчужниц [26], не оберегаемое в его охранном режиме.

Важным направлением являются исследования редких и уязвимых видов – определение состояния их популяций, выявление угроз и определение мероприятий по их сохранению. Существует множество списков таких видов – Красная книга РФ [9], региональные Красные книги (в частности, Красная книга природы Ленинградской области [5, 6, 7], Красная книга природы Санкт-Петербурга [8]) и Красный список Международного союза охраны природы. Эти списки постоянно подвергаются ревизии, статус того или иного вида меняется. Поэтому существующие списки можно рассматривать лишь в качестве ориентира, и их необходимо корректировать в зависимости от местных условий [12]. Важно обратить внимание на то, что в Красный список Международного союза охраны природы в настоящее время стремятся включить вообще все виды – в том числе и нередкие, отнесенные к категории «least concern» – внушающие наименьшие опасения [23, 24]. Иногда редкие виды, имеющие большой ареал, также оказываются в этой категории. Красная книга России в настоящее время в этом отношении более логична – в нее принято включать действительно только самые редкие виды. Но она недостаточно проработана в отношении некоторых групп. В ближайшее время можно ожидать изменения и списков видов Красной книги РФ и принципов ее составления и применения в природоохранной практике.

Помимо выяснения видового состава обитателей ООПТ уже на первых этапах ее существования важно провести инвентаризацию и описание всех охраняемых на ней биотопов. При этом особое внимание необходимо уделять приуроченности к каждому из них узкоспециализированных форм – обитателей чистой воды зоны родников, мест стоянок мигрантов, населения фауны древостоя, мест зимовок и концентраций летучих мышей и т. д. Такое направление работы должно создать основу для разработки мероприятий по сохранению этих природных комплексов.

Итогом инвентаризационных работ обычно бывает публикация справочного издания по той или иной ООПТ, в которой приводятся накопленные на данный момент сведения по видовому составу животного и растительного мира, а также по их биотопиче-

скому распределению. Подобного рода публикации подготовлены по ряду ООПТ Санкт-Петербургского региона: «Дудергофские высоты» [1], «Парк Сергиевка» [13], «Юнтоловский» [22], «Сестрорецкое болото» [16], «Стрельнинский берег» [20], «Комаровский берег» [4], «Елагин остров» [15], «Саблинский» [18], «Березовые острова» [17], «Вепский лес» [14], «Ракочьи озера» [21], ООПТ Карельского перешейка [2].

Мониторинг состояния охраняемых объектов в том или ином регионе, с нашей точки зрения, требует стандартизации методик для своего проведения: 1) применение единых методик сбора, обработки, хранения и представления информации по видам и биотопам на всех ООПТ; 2) составление единого обязательного списка объектов наблюдений (видов, биотопов, природных явлений, процессов) для всех ООПТ региона, который может быть дополнен в связи со спецификой данной конкретной ООПТ; 3) составление и ведение единого банка данных для ООПТ данного субъекта федерации. Так, например, мониторинг природных комплексов и объектов ООПТ с привлечением специалистов академических институтов и университета на настоящий момент активно проводится в Санкт-Петербурге.

Разработка единых методик должна предполагать стандартизацию сроков сбора информации, методик учета, форм количественной оценки численности. Например, при оценке процесса миграций птиц необходимо использование единообразных методик наблюдений, способов определения видов, часов проведения работ. При составлении единого списка объектов изучения и охраны, по которым должен проводиться сбор информации на всех ООПТ региона, помимо редких и уязвимых видов в него необходимо включить часть фоновых, индикаторных и средообразующих. Составление такого списка должно стать результатом совместной работы специалистов разных профилей, работающих в данном регионе. Такой подход к сбору информации на ООПТ позволит получать достаточно объективную информацию о состоянии природных комплексов во всем регионе.

Наконец, формирование в региональных администрациях баз данных о состоянии природных объектов ныне должно считаться необходимым условием разумного и рационального отношения к среде обитания человека. Именно такое отношение позволит следить за изменениями, происходящими в природе.

Основным условием выполнения предложенных мероприятий должно стать целенаправленное финансирование научных исследований на ООПТ. Эти средства должны выделяться администрациями субъектов Федерации и закладываться в ежегодные сметы расходов на содержание ООПТ. За счет этих средств в природоохранных комитетах или дирекциях ООПТ должен в штате находиться сотрудник, курирующий научное направление деятельности. Под его руководством и при его активном участии целесообразно сформировать научный совет из представителей научно-исследовательских и природоохранных организаций региона. Этот совет может обладать функциями совещательного органа и давать рекомендации по организации работ, приглашению тех или иных специалистов для выполнения исследований, выбору методик работы, распределению выделяемых средств, оценке выполненных исследований. Такой подход к организации научных работ

позволит положить их результат в основу всех природоохранных мероприятий и наладить действенный режим охраны природных объектов.

Помимо научных работ, направленных на обеспечение сохранности природных комплексов, на ООПТ могут проводиться и другие исследования, если они не наносят вреда природным комплексам. В этом отношении ООПТ особенно ценны как участки местности, где можно изучать явления и процессы, протекающие в естественных экосистемах без влияния хозяйственной деятельности человека. Предлагаемый список наиболее актуальных исследований для Санкт-Петербургского региона, которые не только имеют самостоятельный научный интерес, но и помогут решать природоохранные задачи ООПТ, представлен в табл. 2.

8. Лесоустройство и землеустройство на ООПТ

На рассматриваемой территории лес является наиболее важным компонентом на ООПТ. На территории Санкт-Петербургского региона сохранилось не более 5% ценных лесов от всей лесопокрытой площади [3]. Из них только 1% сохраняется на существующих ООПТ и еще 1% предложен к охране. Правильная организация лесного хозяйства с проведением только разреженных рубок является необходимым условием сохранения последних остатков коренных лесов. В настоящее время на планах лесонасаждений стали выноситься границы ООПТ, чего не было ранее. Однако исходя из того, что последние массивы старовозрастных лесов остались на проектируемых и предлагаемых ООПТ, следует и их вносить в материалы лесоустройства и не планировать на них рубок, не предусмотренных в предлагаемых режимах охраны. Необходимо резервирование лесов путем целенаправленной организации лесоустроительных работ.

В наиболее густонаселенных районах Ленинградской области в настоящее время на первый план в отношении сохранности ООПТ выходят землеустроительные материалы. Важную роль здесь играет создающийся земельный кадастр. Так как лесоустроительные материалы не всегда сочетаются с землеустроительными, при интенсивной застройке часть лесных земель ООПТ передается в собственность частным лицам и организациям, и как следствие этого леса вырубается. Это в первую очередь относится к сельским лесничествам.

В Санкт-Петербурге ситуация с бывшими лесами парклесхозов также далека от благополучной. На большинстве территорий городских лесов не проведено или не актуализировано лесоустройство, так называемые приисковые рубки под видом рубок ухода и санитарных ведутся на территориях проектируемых ООПТ. Проведение кадастровой съемки на ООПТ Санкт-Петербурга в настоящее время улучшает ситуацию как с рубками, так и с застройкой, которая за последние годы прекращена.

Видимо, в условиях активного разграничения собственности между федерацией и ее субъектами передача в собственность субъекта земель лесного фонда на региональных ООПТ является стратегически верной. Это не может быть осуществлено, например, в Санкт-Петербурге, где все ООПТ расположены на землях поселений. Однако здесь уже стоит вопрос о передаче части земель ООПТ в собственность Дирекции.

Предлагаемые темы квалификационных научно-исследовательских работ на ООПТ

№	Тема
1	Разработка предложений по организации охраны мест миграционных стоянок птиц на ООПТ Санкт-Петербургского региона
2	Выявление и меры охраны колоний водоплавающих птиц на Финском заливе
3	Выявление и меры охраны колоний водоплавающих птиц на Ладожском озере
4	Выявление и меры охраны колоний водоплавающих птиц на внутренних водоемах Санкт-Петербурга
5	Выявление и меры охраны колоний водоплавающих птиц на внутренних водоемах Ленинградской области
6	Выявление мест гнездования редких видов дятлов и их охрана в участках коренных старовозрастных лесов
7	Закономерности формирования и сукцессионные процессы ландшафтов береговых валов в Приладожье
8	Изучение экологии, распределения и охраны ладожской нерпы
9	Изучение сезонного распределения, экологии и разработка мер охраны тюленей на Финском заливе
10	Изучение экологии и распределения редких групп насекомых на ООПТ (не менее 10 тем)
11	Распределение и меры охраны летучих мышей Санкт-Петербургского региона
12	Экология, распределение и охрана жемчужницы в реках Санкт-Петербургского региона
13	Выявление и охрана редких видов мохообразных на ООПТ Санкт-Петербургского региона
14	Выявление и охрана редких видов грибов на ООПТ Санкт-Петербургского региона
15	Выявление и охрана редких видов лишайников на ООПТ Санкт-Петербургского региона
16	Природные комплексы береговых зон Финского залива и их охрана
17	Природные комплексы береговых зон Ладожского озера и их охрана
18	Биоценозы прибрежных заливных лугов Финского залива и их охрана
19	Биоценозы прибрежных черноольшаников, их распределение и охрана на берегах Финского залива
20	Весенние миграционные стоянки гусей, их распределение и охрана
21	Допустимые формы охоты и регулирование численности животных на ООПТ
22	Исследование нерестово-вырастных участков лососёвых рыб как центров биоразнообразия и концентраций гидробионтов
23	Разработка концепции экологических коридоров между ООПТ Санкт-Петербургского региона
24	Средообразующие виды и их охрана как основа сохранения природных комплексов
25	Роль бобров в экосистемах ООПТ
26	Виды-вселенцы в экосистемах ООПТ
27	Концепция национального природного парка в Невской губе
28	Концепция эколого-просветительского центра в «Сергиевке»
29	Оценка масштабов сокращения численности амфибий и роли инвазии ротана в этом процессе
30	Выявление и разработка эффективных методов охраны нерестилищ наиболее ценных видов рыб на ООПТ региона
31	Изучение возможности восстановления утраченных популяций уязвимых и редких видов рыб на ООПТ региона
32	Оценка состояния редких видов млекопитающих на ООПТ региона

9. Информационное обеспечение ООПТ

Система информационного обеспечения ООПТ как в Ленинградской области, так и в Санкт-Петербурге требует определенного совершенствования на базе современных информационных технологий.

9.1. Формирование информационных ресурсов

Специфика системы информационного обеспечения ООПТ определяется высоким тематическим разнообразием видов информационных ресурсов. Большое количество ведомств и учреждений, где сосредоточена информация, необходимая для управ-

ления ООПТ, обуславливает необходимость, с одной стороны, совершенствования регулирования правовых отношений, связанных с использованием информации по вопросам поддержки и развития ООПТ; с другой стороны – потребности в сосредоточении информационных ресурсов, связанных с ООПТ, в одном месте.

Здесь целесообразно рассматривать вопрос о правовом регулировании, так как это является прерогативой органов исполнительной и законодательной власти. Мы остановимся на наборе и объеме информации, необходимых для эффективного

функционирования ООПТ как в плане выполнения целей и задач по охране природных комплексов, так и управления ООПТ. Внимание будет уделено формам и средствам генерализации информации. Информация должна содержаться как о существующих ООПТ, так и о проектируемых и предлагаемых. Информационные ресурсы по ООПТ делятся на три группы. К первой базовой группе относятся сведения о наличии и состоянии природных комплексов и объектов, включающие:

- редкие виды флоры и фауны, причем не только включенные в Красные книги и списки, но и являющиеся уязвимыми на охраняемых территориях;
- средообразующие виды, площадь их ареалов, возраст составляемых ими биотопов, благополучие и риски подвергнуться деградации или уничтожению;
- ценные природные комплексы и объекты;
- природные ресурсы на ООПТ, включая геологические, водные, почвенные, растительные, охотничьи, рыбные.

Ко второй группе относится информация, связанная с управлением:

- цели и задачи ООПТ;
- границы с привязкой к существующему земельному кадастру, а где его нет – к лесоустроительным материалам;
- зонирование территорий;
- режим особой охраны;
- землепользователи по материалам земельного кадастра, где они есть;
- рельеф, гидрография, дорожная сеть, населенные пункты и другая топографическая информация;
- схемы территориального планирования субъекта федерации и муниципальных районов;
- генеральные планы и правила землепользования и застройки поселений, входящих в существующие, проектируемые и планируемые ООПТ;
- рекреационный потенциал территорий;
- схемы растительного, почвенного, ландшафтного районирования;
- наиболее современные космические снимки территорий.

К третьей группе относится информация о природоохранной практике:

- непосредственная работа природоохранных организаций (штаты, финансирование, планы управления);
- природоохранные мероприятия;
- земельные и имущественные отношения;
- охрана и выявленные нарушения;
- экологическое просвещение;
- научные исследования;
- освоение рекреационного потенциала.

Все эти информационные ресурсы в оптимальной ситуации должны быть объединены в самостоятельные информационно-аналитические системы (ИАС). Практика показывает, что включение информации по ООПТ в объединенные ИАС субъектов федерации не позволяет достаточно полно формировать в них необходимый объем информации. При создании полноценной ИАС необходимо проведение серии мероприятий по освоению и адаптации коммерческих программных продуктов, разработке алгоритмов и создания нового программного обеспечения и пользовательской документации для автоматизации обеспечения отдельных этапов функционирования

ООПТ. Совокупность мероприятий по созданию ИАС органов управления ООПТ можно условно разделить на следующие группы:

- создание правовой основы информационного обеспечения;
- создание методической основы информационного обеспечения;
- создание технологической и технической основ информационного обеспечения;
- формирование информационных ресурсов.

Важную роль в эффективной работе ИАС должна играть ее адаптация к системам, используемым в регионе для работы с земельными и лесными ресурсами, а также к градостроительной практике. В Ленинградской области такая система создавалась в 2000-х гг., однако не была доведена до завершения как по наполнению информацией, так и по автоматизации использования. Так, автоматизированная система ведения государственного кадастра (АИС ГК) ООПТ Ленинградской области практически не сопрягается с системами официальных баз данных Правительства Ленинградской области по природным и земельным ресурсам области. Разработка автоматизированной системы ведения «Красной книги природы Ленинградской области» также не завершена. Таким же образом и в Санкт-Петербурге нет специальной ИАС по обеспечению функционирования ООПТ.

К созданию ИАС необходимо стремиться, однако для работы с такими системами требуется высокая квалификация специалистов, как пользователей-управленцев, так и разработчиков ИАС, из-за большой картографической нагрузки разнообразных баз данных и требований оперативности. На наш взгляд, для полноценного функционирования ООПТ и принятия управленческих решений в оперативном порядке на современном этапе необходимо, чтобы основной информационный ресурс хранился и обрабатывался в лицензионных программных продуктах. Основная информация при этом генерализуется в геоинформационных системах (ГИС), где в краткой форме удобно содержать практически всю информацию. Для региональных ООПТ наиболее удобна ArcGIS как одна из самых совершенных, легко конвертируемых в другие ГИС, например в MapInfo и AutoCAD. В ArcGIS сформированы многие массивы данных по природным ресурсам.

9.2. Интернет-обеспечение

Для эффективной практики сохранения природы на ООПТ необходима открытость основного количества имеющихся информационных ресурсов. У большинства региональных систем ООПТ есть собственные интернет-страницы и сайты, чаще всего включенные в официальные сайты администраций. Такие сайты есть и в Санкт-Петербурге и в Ленинградской области. Основным недостатком большинства из них состоит в слабой геоинформационной поддержке и несвоевременном обновлении. И то, и другое требует как постоянного финансирования, так и специальных высокотратных работ. Создание системы сайтов ООПТ не только позволяет предоставлять информацию об уникальных природных территориях, но и создает условия для установления системы интерактивного взаимодействия региональных органов по управлению ООПТ с инспекторами на

самых территориях, специалистами муниципальных образований, структурами градостроительного планирования, отдельными проектными организациями.

К сожалению, большинство актуальной информации по природоохранным нарушениям, новым сведениям о редких видах и ценных природных комплексах появляется только в экологически ориентированной прессе и специальной литературе. Наличие таких сведений или ссылки на них на сайтах региональных систем ООПТ были бы крайне важны для комплексного понимания ситуации с сохранением природы региона и оперативности управленческих, правоохранительных и природоохранных действий.

Заключение

Формирование региональных сетей ООПТ, как показано на примере Санкт-Петербургского региона, должно вестись системно, охватывая все природное разнообразие. Региональные системы ООПТ должны увязывать между собой способы и методы изучения природных комплексов и объектов, разработки методик охраны и претворение их в жизнь на видовом и экосистемном уровнях.

В целях сохранения всего природного разнообразия Санкт-Петербургского региона и создания устойчивого экологического каркаса на основе разработанной концепции можно говорить о необходимости расширения сети ООПТ практически в два раза. Это позволит на территориях региональных и федеральных сетей ООПТ решать большинство задач по сохранению всего спектра видового, биотопического и геологического разнообразия региона.

Следует отметить, что даже при условии организации всех предложенных территорий система ООПТ остается открытой к расширению как для сохранения редких видов, так и для охраны биотопов. При этом экологическая (видовая, биотопическая, геологическая) составляющая формирования региональных систем должна быть базовой при организации ООПТ, однако в отдельных случаях социально-экономический, рекреационный, эколого-просветительский и научно-исследовательский потенциал территорий может быть важным основанием для принятия решений об организации ООПТ.

Обобщенная в двух частях настоящей статьи информация позволяет сделать ряд выводов, учет которых позволит оптимизировать деятельность систем ООПТ Санкт-Петербургского региона.

1. Для Санкт-Петербургского региона существующая сеть ООПТ, состоящая из 53 территорий и занимающая 6,2% площади, недостаточна для сохранения всего спектра природного разнообразия.

2. Пробелы в охране существуют для всех групп биотопов. Наиболее полно в сети представлены биотопы побережий и болот. Наибольшие недостатки в сохранении лесных и водных биотопов.

3. Выявлено катастрофическое состояние с сохранением коренных старовозрастных лесов, которых в регионе осталось не более 5% лесопокрытой площади и только 1% сохраняется на ООПТ.

4. Для решения задач сохранения природного разнообразия территория Санкт-Петербургского региона может быть охарактеризована системой, состоящей из 265 типов биотопов 10 основных групп. Из них 55 являются наиболее ценными, отвечающими ряду природоохранных критериев, причем большинство из них крайне уязвимы в современных условиях.

5. Многие из ценных биотопов либо недостаточно, либо совсем не представлены в существующих сетях ООПТ. Для восполнения пробелов и оптимизации систем ООПТ Санкт-Петербургского региона в первую очередь необходимо организовать 81 ООПТ на площади 526320 га, что соответствует 5,5% территории региона.

6. Развитие системы ООПТ Санкт-Петербурга идет опережающими для региона темпами, как по скорости расширения сети, так и по системе управления, что в целом соответствует требованиям к первоочередному развитию ООПТ в густонаселенных районах.

7. Система ООПТ Ленинградской области требует немедленного расширения сети и совершенствования управления. Режимы особой охраны на существующих ООПТ соблюдаются недостаточно, на некоторых территориях ведутся интенсивные рубки и добыча песка, идет застройка, рекреационная деятельность противоречит задачам охраны природы, природные комплексы замусориваются.

Применение принципов и методов, используемых в данной работе: охват всего биотопического разнообразия, выявление наиболее ценных биотопов по природоохранным критериям, анализ пробелов методами дистанционного зондирования и ГИС-технологий с учетом природоресурсной информации, системный подход к управлению, – на наш взгляд, позволят создавать наиболее оптимальные системы ООПТ в субъектах Российской Федерации.

Литература

1. Дудергофские высоты – комплексный памятник природы / Ред. Е.А. Волкова. – СПб., 2006. – 137 с.
2. Заповедная природа Карельского перешейка. – СПб. : Профессинал, 2004. – 312 с.
3. Ковалев Д.Н., Носков Г.А., Носкова М.Г., Попов И.Ю., Рымкевич Т.А. Концепция формирования региональных систем особо охраняемых природных территорий (на примере Санкт-Петербурга и Ленинградской области). Ч. I. Экологические аспекты // Биосфера. – 2012. – Т. 4. – С. 427–462.

тербурга и Ленинградской области). Ч. I. Экологические аспекты // Биосфера. – 2012. – Т. 4. – С. 427–462.

4. Комаровский берег – комплексный памятник природы / Ред. Е.А. Волкова. – СПб. : СПбНЦ РАН, 2004. – 90 с.
5. Красная книга природы Ленинградской области. Особо охраняемые природные территории. – Т. 1. – СПб. : Акционер и К°, 1999. – 348 с.

6. Красная книга природы Ленинградской области. Растения и грибы. – Т. 2. – СПб. : Мир и Семья, 2000. – 672 с.

7. Красная книга природы Ленинградской области. Животные. – Т. 3. – СПб. : Мир и Семья, 2002. – 479 с.

8. Красная книга природы Санкт-Петербурга. – СПб. : Професионал, 2004. – 416 с.

9. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. – М., 2008. – 885 с.

10. *Кревер В.Г., Стишов М.С., Онуфрениа И.А.* Особо охраняемые природные территории России: современное состояние и перспективы развития. – М. : Орбис-пиктус, 2009. – 459 с.

11. *Носков Г.А.* Научные исследования в заповедниках: основные направления и организация работ // Заповедное дело в новых социально-экономических условия. – СПб., 1995. – С 24–27.

12. *Носков Г.А.* Региональные Красные книги: зачем они нужны? // Биомониторинг и охрана живой природы в Северо-Западном регионе. Экологическая школа в Петергофе Научограде Российской Федерации: Материалы V региональной молодежной экологической конференции. – СПб. : ВВМ, 2010. – С. 31–32.

13. Парк «Сергиевка» – комплексный памятник природы / Ред. Д.Ю. Власов. – СПб., 2005. – 144 с.

14. *Попова Т.А., Берёзкина Л.И., Бычкова И.А., Леонтьева Е.В., Семёнова Н.Н., Шубина М.А.* Природный парк «Вепский лес». – СПб. : Вести, 2005. – 343 с.

15. Природа Елагина острова / Ред. Е.А. Волкова, Г.А. Исаченко, В.Н. Храмцов. – СПб. : ЗАО «Голанд», 2007. – 108 с.

16. Природа Сестрорецкой низины / Ред. Е.А. Волкова, Г.А. Исаченко, В.Н. Храмцов. – СПб. : Бостон-Спектр, 2011. – 264 с.

17. Природная среда и биологическое разнообразие архипелага Березовые острова (Финский залив) / Ред. Е.А. Волкова, Е.А. Глазкова, Г.А. Исаченко, В.Н. Храмцов. – СПб., 2007. – 426 с.

18. Саблино – неизвестная страна. Уникальные памятники природы России. – СПб. :

ЛООО «Сохранение природы и культурного наследия», 2007. – 200 с.

19. Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России. Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелии, Санкт-Петербурга. – СПб., 2011. – 500 с.

20. Стрельнинский берег – комплексный памятник природы / Ред. Е.А. Волкова. – СПб., 2005. – 56 с.

21. Экосистемы заказника «Раковые озера»: История и современное состояние / Ред. Н.П. Иовченко. – СПб. : Изд-во СПбГУ, 2011. (Труды СПб. общества естествоисп.; Сер. 6. Т. 6)

22. Юнтоловский региональный комплексный заказник / Ред. Е.А. Волкова, Г.А. Исаченко, Н.В. Храмцов. – СПб., 2005. – 202 с.

23. IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria : Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

24. IUCN. 2003. Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels: Version 3.0. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

25. *Jennings M.D.* Gap analysis: concepts, methods, and recent results // Landscape ecology. – 2000. – Vol. 15. – P. 5–20.

26. *Ostrovsky A., Popov I.* Rediscovery of the largest population of the European pearl-mussel in the Leningrad oblast (North-west Russia) // Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems. – 2011. – Vol. 21. – P. 113–121.

27. *Roberge J.-M., Angelsam A.* Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool // Conservation Biology. – 2004. – Vol. 18. – P. 76–85.

28. *Scott J.M., Davis F., Csuti B., Noss R.F., Butterfield B., Groves C., Anderson H., Caicco S., D'Erchia F., Edwards T. C., Jr., Ulliman J., Wright G.* Gap analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. – Wildlife Monographs. – 1993. – № 123. – 41 p.



ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЙ УРАНА И ТОРИЯ В ПОЧВАХ Г. ЧЕРЕМХОВО (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ) И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ В СВЯЗИ С ДОБЫЧЕЙ И СЖИГАНИЕМ КАМЕННОГО УГЛЯ

П.В. Кузнецов^{1*}, В.И. Гребенщикова², Т.С. Айсуева²

¹ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия;

² Институт геохимии имени А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

* Эл. почта: petr-kp@mail.ru

Статья получена редакцией 12.12.2012; принята к печати 24.05.2013

Проведена оценка содержания урана и тория в гумусово-аккумулятивных горизонтах почв г. Черемхово и его окрестностях. Дана оценка их эмиссии в атмосферу в результате непромышленного сжигания каменного угля, а также поступления в составе атмосферных осадков в зимний период. Подтверждено, что основными источниками поступления урана и тория в окружающую среду служат каменный уголь и продукты его сжигания.

Ключевые слова: уран, торий, каменный уголь, почва, снег.

ESTIMATES OF URANIUM AND THORIUM LEVELS IN SOILS OF THE CITY OF CHEREMKHOVO AND ITS ENVIRONS (IRKUTSKAYA OBLAST) AND THEIR RELATIONSHIPS WITH COAL MINING AND BURNING

P.V. Kuznetsov^{1*}, V.I. Grebenschikova², T.S. Aisueva²

¹ Silvan Ecology and Productivity Center of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

² A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry of the Siberia Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

E-mail: petr-kp@mail.ru

Estimates of uranium and thorium levels in the humus-accumulating layers of soils in the city of Chermkhovo and its environs, of uranium and thorium emissions into the air resulting from non-industrial domestic coal burning, and of uranium and thorium inflow to soils from snow during winter confirm that the main source of the entry of these two elements into the environment is coal and the products of its burning

Keywords: uranium, thorium, coal, soil, snow.

Среди источников поступления радиоактивных элементов в окружающую среду, например, месторождений и рудопроявлений урана, которыми богата территория Восточной Сибири, а также предприятий атомной энергетики, существенное влияние на радиозоологическую обстановку может оказывать их поступление, связанное с добычей, переработкой и сжиганием углей. Это подтверждают результаты многолетних исследований, проведенных на территории г. Томска [20, 25]. В частности установлено, что ореолы аномальных концентраций урана (в 25–30 раз выше фона) и тория (в 3 раза выше фона) в пылеаэрозолях приурочены к районам рекреационной зоны и частного сектора города, где расположены котельные, использующие уголь в своем топливном балансе. По современным представлениям [10, 22] промышленное сжигание углей с околосларковыми содержаниями урана не представляет радиационной опасности, но все же создается потенциальная возможность его эмиссии с наиболее тонкой фракцией уноса, а наибольшая опасность его поступления связана с непромышленным сжиганием ураноносных углей. Твердофазная эмиссия тория с зольным уносом также существует, однако те же авторы считают, что торий в углях не представляет серьезной экологической опасности, так как современные способы сжигания угля, приемы золоулавливания и очистки дымовых газов должны доводить твердофазную эмиссию тория до безопасного уровня. Сведения об эмиссии тория в результате непромышленного сжигания угля в указанных работах отсутствуют.

В связи с этим проблема загрязнения радиоактивными элементами территорий некоторых городов, например в Иркутской области, где промышленное и непромышленное сжигание углей является основным источником получения тепла, остается актуальной.

Целью данной работы была оценка содержания урана и тория в почвах г. Черемхово и его окрестностей, а также оценка их поступления из атмосферы в результате сжигания каменного угля.

Эколого-геохимические исследования на территории Иркутской области проводятся с конца 1970-х гг. по настоящее время [2–4, 6, 11, 17, 19, 24]. Однако сведения о содержаниях тория и урана в компонентах окружающей среды при этом явно недостаточны или отсутствуют. Материалы эколого-геохимических изысканий на территории Иркутской области, содержащих сведения о радиоактивных элементах в породах, почвах, природных водах и донных отложениях, обобщены В.И. Гребенщиковой и соавт.

в 2008 г. [6]. Опубликованы также данные мониторинга снежного покрова, проводимого сотрудниками Лимнологического института СО РАН на территории Прибайкалья [16], свидетельствующие о возрастании техногенной нагрузки химическими элементами на природные среды в холодный период года, что связано с увеличением потребления топлива. Результаты изучения радиоактивных элементов в почвах городов Иркутской области, проводимых сотрудниками Института геохимии СО РАН с 2008 г., выявили геохимические аномалии, связанные преимущественно с предприятиями угольной энергетики [7, 12]. Однако до сих пор отсутствуют сведения о загрязнении почв радиоактивными элементами в результате комплексного воздействия предприятий угольной промышленности, железнодорожного транспорта и сжигания угля непромышленным способом на территории Иркутской области.

Объекты исследований

Объектом исследования служили почвы г. Черемхово и его окрестностей. Город Черемхово расположен на юге Восточной Сибири и в геологическом плане приурочен к крупному угленосному бассейну, угли которого составляют сырьевую базу химической и энергетической промышленности Иркутской области. Близкое залегание угольного пласта к поверхности позволяет вести добычу угля открытым способом [1]. В результате этого на протяжении длительного времени (с конца IX века) добыча и сжигание угля здесь является основным источником получения тепла. Кроме выбросов ТЭЦ-12 – основного промышленного стационарного источника поступления радиоактивных элементов, здесь заметную долю составляет и непромышленное его сжигание – в частном секторе города, занимающего большую его площадь. Из других источников выбросов, связанных со сжиганием угля, а также с его транспортировкой, следует отметить железнодорожный транспорт. Город Черемхово является крупным железнодорожным узлом – здесь проходит Восточно-Сибирская железная дорога.

Климатические условия территории Иркутско-Черемховской равнины характеризуются следующими параметрами: среднегодовая температура воздуха по данным метеостанции Черемхово равна $-1,4$ °С, температура января и июля соответственно $-21,1$ и $17,9$ °С, продолжительность безморозного периода 105 дней, годовая сумма осадков здесь более 400 мм, высота снежного покрова составляет 20–40 см в пределах Иркутско-Черемховской равнины [1]. Анализ показателей атмосферного переноса, проведенный И.С. Ломоносовым с соавторами в 1993 г. [24], позволяет охарактеризовать Иркутско-Черемховскую равнину как неблагоприятную по условиям рассеяния аэральных выбросов. Здесь на ореолы промышленных выбросов накладываются загрязнения от других типов источников (сельскохозяйственных, транспортных), и степень загрязнения возрастает. По имеющимся данным [15], территория города приурочена к зоне высокого загрязнения атмосферы.

Естественный почвенный покров, представленный преимущественно темно-серыми лесными почвами, на большей части исследованной территории нарушен хозяйственной деятельностью. В ближайшем окружении города это связано, например, с выемкой

грунта и последующей рекультивацией земель, что приводит к тому, что на поверхность выходят коренные породы, представленные песчаниками и алевролитами юрского возраста. Это влияет на почвенный профиль (мощность генетических горизонтов) и химический состав вновь формирующихся на этих породах почв [13].

Методы исследований

Исследование почвенного покрова проводилось в 2010 г. Для картографирования распределения урана и тория в почвах территории города Черемхово и его окружения была заложена сеть опробования 1×1 км. С целью оценки атмосферного поступления загрязнителей в почвы для анализа методом конверта (10×10 м) отбирались усредненные пробы верхних гумусово-аккумулятивных горизонтов с глубины 5–10 см, а также изучался снеговой покров. Пробы снега отбирались в марте 2010 г. в период его максимального накопления (две усредненные пробы).

Анализ проб проводился в аналитическом центре Института геохимии СО РАН. Определение урана и тория в почвах и твердой фазе снега проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) аналитиком Т.С. Айсуевой на спектрометре S4 Pioneer (Bruker AXS, Германия) [12, 26, 28]. Прибор имеет рентгенооптическую схему по Соллеру, оснащен рентгеновской трубкой мощностью 4 кВт с Rh-анодом. Условия измерения: ускоряющее напряжение на трубке 50 кВ, ток 40 мА, Al-фильтр 800 мкм, кристалл-анализатор LiF200, коллиматор с угловым разрешением $0,23^\circ$, сцинтилляционный детектор. Аналитическими линиями служили $L\alpha$ -линии U, Th. Излучатели для РФА готовили с применением связующих веществ: химически чистого синтетического воска и порошковой целлюлозы. Для определения U, Th в почвах излучатели прессовали в виде двухслойных таблеток из смеси пробы с воском (10 : 1) на подложке из борной кислоты. При анализе твердых осадков снега из-за ограниченной массы материала был применен способ горячего прессования: 300 мг пробы перемешивали с целлюлозой, полученную смесь помещали в нагретую до 60–80 °С пресс-форму и прессовали при давлении 10 т.

Построение градуировочных графиков и оценку правильности методики выполняли с привлечением отечественных стандартных образцов (СО) руд, горных пород, почв, донных осадков [21] и СО горных пород серии GSJ (Япония) [27]. Концентрации U, Th рассчитывали по интенсивностям аналитических линий с помощью процедуры коррекции, заложенной в программном обеспечении спектрометра SPECTRAplus. При определении U, Th учитывали наложение линии $RbK\alpha$ - и близость линий $SrK\alpha$ -, $PbL\alpha$ -. Диапазоны содержаний определяемых элементов составили (мг/кг) U 1–500, Th 1–150, мешающих элементов – Rb 6–1100, Pb 5–250, Sr 5–2300. Повторяемость определения U, Th характеризуется относительным стандартным отклонением для U – 7%, для Th – 2%. Предел определения элементов составляет 1 мг/кг.

В поверхностной воде и снеговой воде уран и торий определялись методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (аналитики: В.И. Ложкин, Е.В. Смирнова, Н.Н. Пахомова).

Результаты исследований

Содержание урана в изученных почвах варьируют в достаточно широком диапазоне значений (табл. 1). Большая часть почв территории города (72%) характеризуется содержаниями урана, незначительно превышающими фоновые оценки, и составляют менее 3 мг/кг (рис. 1). Почвы с повышенными содержаниями урана (3–5 мг/кг) занимают 27% территории и вытянуты полосой вдоль участка Восточно-Сибирской железной дороги и центральной автотрассы (в направлении розы ветров от ТЭЦ-12), а также занимают пространство частного сектора города. Максимальные содержания урана (более 5 мг/кг) отмечены в почвах, приуроченных к частному сектору города. Характер распределения урана в почвах г. Черемхово отражает разнообразные пути его поступления, связанные со сжиганием каменного угля: на железнодорожном транспорте, ТЭЦ-12 и на территории частного сектора города. Техногенное происхождение повышенных содержаний урана в почвах было отмечено и ранее В.И. Гребенщиконой с соавторами, 2008 [6].

Коренные породы, в которых на содержание элементов оказывает влияние близкое залегание угольного пласта – песчаники и алевролиты, – в некоторых случаях также могут служить источниками урана и тория в почвах. Содержания урана варьируют в них от 1,5 до 5,1 мг/кг, а тория – от 7,5 до 15,8 мг/кг. Однако картограмма распределения элементов в почвенном покрове показывает, что в окрестностях города, где в результате рекультивации коренные породы оказались на дневной поверхности, содержания урана, как правило, характеризуются как близкие к фоновым (< 3 мг/кг).

Следует отметить также, что влияние угольного пласта (и техногенной нагрузки) проявляется и в хи-

мическом составе природных вод. Например, в воде р. Черемшанка (в районе моста через центральную улицу города), исток которой расположен на территории г. Черемхово, выявлены повышенные содержания (мкг/дм³): U – 4,98, а также других элементов, связанных с углем: В – 153; Ge – 0,15; Mn – 422. Для сравнения приведем данные химического состава воды р. Белая (условно фоновая проба отобрана в Черемховском районе, с. Узкий луг), мкг/дм³: U – 0,40; В – 4,48; Ge – 0,0064; Mn – 14,7. Совершенно очевидно, что в воде р. Черемшанка содержания элементов, связанных с углем, – бора и германия повышены на два порядка, а урана и марганца – на один порядок.

Повышенные содержания урана в почвах в определенных условиях могут создавать предпосылку его дальнейшей миграции и в сопредельные среды. Уран относится к подвижным мигрантам в кислородной обстановке, коэффициент водной миграции которого варьирует от 0,1 до 1 [18]. В обзоре [9] приводятся данные К. Харсмена и де Хана, которые отмечают растворимость U в почвах в широком диапазоне pH в связи с образованием хорошо растворимого устойчивого UO_2^{2+} , а также органических комплексов. Барьерами же для урана служат наличие фосфора и других осадителей, а также глинистого и органического вещества. Авторами отмечается, что сорбция является ключевым процессом в цикле U, в результате которого часто отмечается значительное его накопление в органических отложениях. Осаждение урана на восстановительном барьере происходит с участием биоты, а в окислительной обстановке уран особенно сильно сорбируется гидроксидами железа [5]. По нашим собственным данным [13], почвы г. Черемхово характеризуются близкой к нейтральной реакцией среды (pH варьирует в пределах 6,3–7,7) и большой

Табл. 1

Содержание тория, урана и их отношение в почвах г. Черемхово и его окрестностей, мг/кг

Параметр	U (мг/кг)	Th (мг/кг)	Th/U
Пределы варьирования	< 1–7,3	6,6–27,1	2,6–>10
Среднее содержание	2,6	11,3	4,7
Медиана	2,3	10,6	4,5
Стандартная ошибка	0,1	0,4	0,2
Региональный фон [6]	1,9–2,01	6,06–6,26	3,2–4,3

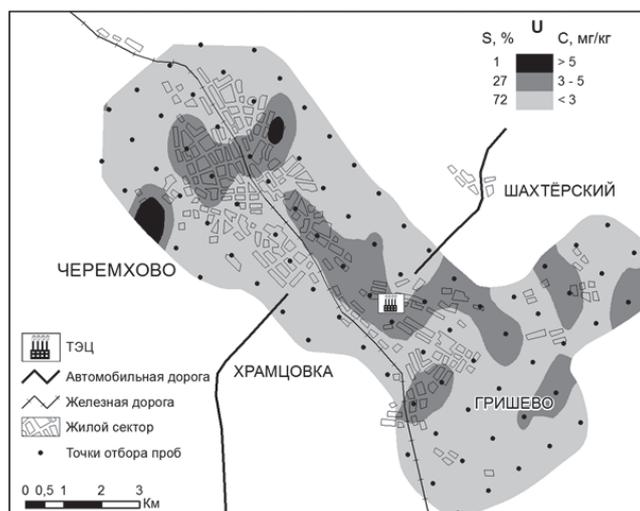


Рис. 1. Распределение урана в почвах г. Черемхово и его окрестности

вариацией содержаний органического углерода (0,66–34,4%). При этом наименьшие его содержания приурочены к вновь сформированным почвам рекультивированных территорий, а наибольшие – связаны с антропогенным привносом. В условиях периодически промывного режима почв в Черемховском районе и, как правило, с высоким содержанием гумуса предполагаем преимущественное осаждение соединений урана и их закрепление органическим веществом почв, что, вероятно, подтверждается коэффициентом корреляции урана с органическим углеродом почв ($r^2 = 0,7$).

Так же как и содержания урана, содержания тория в почвах (табл. 1) изменяются в широком диапазоне значений. В целом торий имеет более высокие содержания в почвах по сравнению с фоном для почв Прибайкалья. Несмотря на достаточно высокую корреляцию тория с ураном ($r^2 = 0,74$), торий имеет несколько иной характер распределения на изучаемой площади. По сравнению с ураном, повышенные содержания тория (10–15 мг/кг) имеют более широкий ареал распространения (рис. 2), занимающий 69% площади. Низкими содержаниями тория (менее 10 мг/кг) характеризуется незначительная часть территории города (24%).

По величине отношения Th/U (рис. 3) большая часть почв на изученной территории характеризуется отношением $Th/U > 3$, зависящим от естественного

Th/U-отношения, связанного с почвообразующими породами, а также от количества и химического состава поступающей в почву техногенной пыли. Величина Th/U-отношения является важным показателем состояния почв. В зоне влияния предприятий, в том числе угольной энергетики, наблюдается снижение природного их отношения до уровня 2–3 [20].

Аналогичные исследования почв на содержания в них урана и тория проводились в 2010 г. на территории г. Иркутска [7]. Согласно результатам авторов, содержания урана и тория в почвах также свидетельствуют о высокой изменчивости содержаний данных элементов: содержания урана варьируют в пределах 0,5–23,3 мг/кг (медиана 2,1), а тория – 5,3–27,44 мг/кг (медиана 8,9). Из этих данных следует, что по содержанию урана почвы г. Черемхово незначительно, но достоверно отличаются от почв г. Иркутска, а содержания в них тория достоверно выше. Различия, вероятно, обусловлены более сильной техногенной нагрузкой в отношении естественных радиоактивных элементов, связанной с угольной промышленностью, а также с локальными геохимическими особенностями. Для сравнения, в регионе Западной Сибири в почвах г. Томска содержания урана варьируют от $< 0,8$ до 6 мг/кг (среднее $2,4 \pm 0,08$), а тория – от 2,5 до 16,1 мг/кг (среднее 7,5) [25]. Таким образом, по содержанию урана почвы г. Томска и Черемхово достоверно не различаются, но характеризуются большим разбросом их значений и достоверно большими содержаниями тория, что, вероятно, связано с различиями в геохимической специфике регионов. Данное различие подтверждается также обобщением значительного массива данных для территории юга Западной Сибири и республики Алтай [14]: в этих регионах среднее содержание урана в почвах варьирует (мг/кг) от 2,0 до 2,2, а тория – от 6,9 до 7,3.

Уместно отметить и результаты собственных исследований, проведенных в период с 2008 по 2010 г. в окрестностях г. Ангарска (Иркутская область) в зоне влияния золоотвалов ТЭЦ-9 [12]. Фоновые значения содержаний (мг/кг) урана ($2,5 \pm 0,5$) и тория ($8,1 \pm 1,4$) достоверно не отличаются от данных, полученных для почв г. Иркутска. Однако также была выявлена неоднородность распределений урана и тория в почвенном покрове. Выделены участки с повышенными содержаниями урана (до 10,6 мг/кг) и тория (до 30,4 мг/кг), связанные с наличием золошлаковых отходов ТЭЦ в почвах.

Рассмотрим наиболее существенный источник загрязнения почв ураном и торием – каменные угли и продукты его сжигания. Ниже представлен химический состав золы каменных углей (табл. 2) одного из месторождений Иркутской области, используемых в настоящее время для промышленного сжигания на иркутских ТЭЦ.

Табл. 2

Содержание урана и тория в золе каменных углей, мг/кг

Параметр	Уран	Торий
Пределы колебаний	9–22	18–65
Среднее содержание	13	37
Медиана	12	33
Стандартное отклонение	5	18
Кларк [22]	15 ± 1	23 ± 1

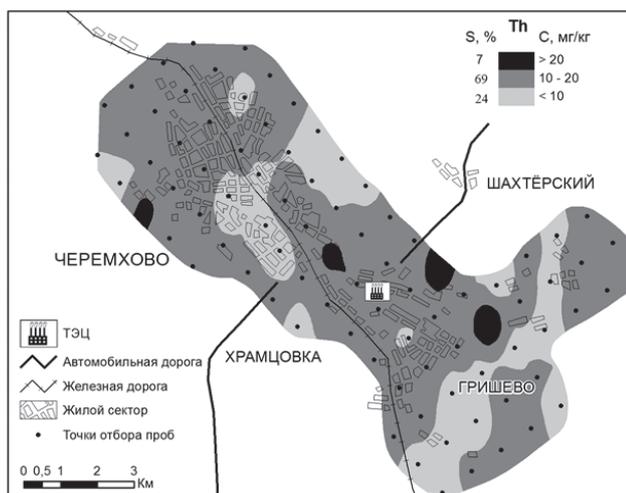


Рис. 2. Распределение тория в почвах г. Черемхово и его окружения

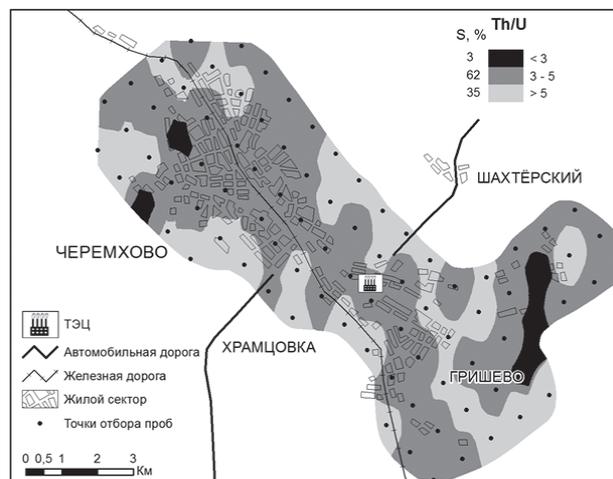


Рис. 3. Th/U-отношение в почвах г. Черемхово и его окружения

Из представленных в табл. 2 данных следует, что в золах углей данного месторождения содержания урана ниже кларка, а содержания тория выше кларка. Изучение содержаний радиоактивных элементов в самих углях показало, что они, в зависимости от глубины залегания пласта, содержат уран в количестве от 1 до 10 мг/кг и торий – от 5 до 30 мг/кг, то есть в ряде случаев содержания тория и урана заметно превышают их кларки, которые составляют 3,2 и 1,9 мг/кг соответственно [22].

На основании этих данных, а также зольности углей, варьировавшей в пределах 5–16%, сделан ориентировочный расчет эмиссии урана и тория в окружающую среду при непромышленном сжигании угля, который показал, что в результате его сжигания уносится от 11 до 85% урана и от 13 до 84% тория. Это подтверждает вывод [22] об опасности непромышленного сжигания угля с повышенными содержаниями урана. Однако в обзоре [8] сообщается о степени перехода урана в высокозольную фракцию, составляющую 32–35%. Возможной причиной данного обстоятельства могут служить природные геохимические различия углей.

Изучение химического состава атмосферных осадков (снега) показывает, что по содержаниям радиоактивных элементов его твердая фаза сопоставима с химическим составом золы углей (табл. 3). Несмотря на малое количество проб и невозможность соответствующей статистической обработки данных, они все же дают наглядное представление о химическом составе атмосферных осадков на территории г. Черемхово.

Данных о содержаниях радиоактивных металлов в снеге на фоновых участках региона имеется мало. Согласно исследованиям, проведенным ранее [4], средняя концентрация урана (мг/кг) в труднорастворимых частицах из проб снегового покрова в фоновых районах составляет для южного Байкала – 22, для Хамар-Дабана – 6. Аналогичные данные по торию – 24 и 14. В снеговой воде тех же районов уровни урана (растворимые формы) составили (мкг/л) 0,07 и 0,037, а тория – 0,005 и 0,0003 соответственно. На наш взгляд, эти данные несколько завышены, что, возможно, связано с недостатками методик определения. Например, по нашим данным, в фоновом районе Иркутской области (Катангский район) в твердом осадке снега количество урана составляет 2,9 мг/кг, а тория – 3,4 мг/кг.

Полученные нами данные позволили рассчитать техногенную нагрузку (г/км²) для данных металлов за зимний период года: со снеговой водой на поверхность поступает 0,10–0,18 тория и 0,16–0,47 урана. В количествах на два порядка больших эти металлы поступают на поверхность с твердой фазой снега (г/км²): 91–437 тория и 45–131 урана. Таким образом, становится очевидным, что основной вклад в загрязнение почв г. Черемхово данными металлами вносят твердые продукты сжигания каменного угля.

Установлен высокий (0,7) положительный коэффициент корреляции урана и тория с ртутью. Это свидетельствует об общем источнике их поступления в результате сжигания угля. Ртуть также является опасной примесью в углях [23], и повышенные содержания ртути (локальный фон – 0,034 мг/кг, среднее – 0,059 мг/кг) в почвах г. Черемхово, а также характер ее пространственного распределения [13] указывают на ее поступление в результате сжигания углей.

Заключение

В результате проведенных исследований установлен характер распределения урана и тория в почвах г. Черемхово и его окрестностей. Повышенные содержания урана приурочены к связанным со сжиганием угля зонам воздействия предприятий энергетики (ТЭЦ-12) и транспорта и к частному сектору территории города. Повышенные содержания тория имеют более широкий ареал распространения в почвах, что обусловлено не только его поступлением из антропогенных источников, но также и влиянием коренных пород (геохимическими особенностями региона).

В настоящее время загрязнение почв ураном и торием мало отражается на таком показателе, как отношение Th/U, которое нарушено лишь на отдельных локальных участках.

На основании изучения химического состава снега установлено, что существенный вклад в поступление данных элементов в почвы г. Черемхово и его окрестностей вносит твердая фаза снеговых осадков.

Подтверждено, что основным техногенным источником урана и тория является промышленное и непромышленное сжигание углей.

Сложившаяся экологическая ситуация, как она отражена в полученных нами данных, представляется относительно стабильной, но требует улучшения. Основные направления мероприятий по охране природы в Черемховском районе и г. Черемхово были изложены еще 20 лет назад [1]. В настоящее время среди них надо особо отметить такие, как обезвреживание промышленных выбросов и стоков, лесовосстановление и рекультивация нарушенных земель. Мероприятия по охране окружающей среды должны быть направлены прежде всего на снижение техногенного пресса за счет применения современных методов и технологий очистки газопылевых выбросов. Кроме того, необходим отказ от непромышленного сжигания каменного угля в частном секторе города, который надо перевести на централизованное отопление или на альтернативные источники энергии (дрова, щепы, пеллеты, брикеты). Сжигание каменного угля в непромышленных условиях особенно активно приводит к загрязнению почв на территориях частного сектора города, что опасно с точки зрения их использования под сады и огороды. Содержащиеся в почвах в повышенных концентрациях тяжелые металлы, включая радиоактивные, создают возможность их усиленного поступления

Табл. 3

Содержание урана и тория в пробах снега

Проба	Жидкая фаза, мкг/дм ³		Твердая фаза, мг/кг		Th/U в твердой фазе
	Th	U	Th	U	
С-16/10	0,0031	0,0048	16,0	8,0	2,0
С-17/10	0,005	0,13	27,4	8,2	3,3

в организм человека. Хотя медико-биологические последствия такого поступления в конкретных описанных выше условиях пока не изучены, представляется целесообразным проведение просветительной работы

с населением по вопросам опасности непромышленного сжигания угля и использования зольных отходов. На нарушенных и рекультивированных землях актуально изучение возможности их фиторемедиации.

Литература

1. Беркин Н.С., Филиппова С.А., Бояркин В.М. и др. Иркутская область (природные условия административных районов). – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. – 304 с.

2. Ветров В.А., Климашевская З.А. Мониторинг загрязнения поверхности суши и озера Байкал неорганическими компонентами атмосферных выбросов Байкальского ЦБК // Совершенствование регионального мониторинга состояния озера Байкал. – Л. : Гидрометеоздат, 1985. – С. 136–158.

3. Ветров В.А., Пословин А.Л. Определение потока микроэлементов из атмосферы на водную поверхность с применением нейтронно-активационного анализа // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 3 / Под ред. Ю. А. Израэля. – Л. : Гидрометеоздат, 1980. – С. 51–56.

4. Ветров В.А., Кузнецова А.И. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ, 1997. – 234 с.

5. Водяницкий Ю.Н. Химические аспекты поведения урана в почвах (обзор литературы) // Почвоведение. – 2011. – № 8. – С. 940–952.

6. Гребеницкова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон) / Ред. М.И. Кузьмин. – Новосибирск : Гео, 2008. – 234 с.

7. Грицко П.П., Гребеницкова В.И. Содержание урана и тория в верхнем горизонте городских почв Иркутска и природных почв в его окружении // Вестник ИрГТУ. – 2012. – № 1. – С. 34–40.

8. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Кн. 5: Редкие f-элементы / Под ред. Э.К. Буренкова. – М. : Экология, 1997. – 607 с.

9. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М. : Мир, 1989. – 439 с.

10. Кизильштейн Л.Я. Экогеохимия элементов-примесей в углях. – Ростов н/Д : СК НЦ ВШ, 2002. – 296 с.

11. Коваль П.В., Белоголова Г.А., Буренков Э.К., Пампура В.Д. Геохимическое картирование и мониторинг природной среды на Байкальском полигоне // Геология и геофизика. – 1993. – № 10–11. – С. 238–252.

12. Кузнецов П.В., Гребеницкова В.И., Бутаков Е.В., Айсуева Т.С. Площадное распределение урана и тория в почвенном покрове и их отношение в зоне влияния отстойников ТЭЦ-9 и АЭХК (г. Ангарск, Иркутская область) // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде:

Материалы VI международной научно-практической конференции. Семипалатинский гос. педагогический ин-т, 4–7 февраля 2010 г. Т. 1. – Семей, 2010. – С. 204–206.

13. Кузнецов П.В., Гребеницкова В.И. Картирование химического загрязнения почв г. Черемхово и его окрестностей // Природа и общество: взгляд из прошлого в будущее: Материалы XVII научной конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 11–16 апреля, 2011 г. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2011. – С. 143–145.

14. Маликова И.Н., Страховенко В.Д., Щербов Б.Л. Th/U-отношения в почвах юга Западной Сибири // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы III межд. конф., Томск, 23–27 июня 2009 г. – Томск, 2009. – С. 332–336.

15. Мусихина Е.А. Методологический аспект технологии комплексной оценки экологической емкости территорий. – М. : Академия Естествознания, 2009. – 137 с.

16. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2009 году: государственный доклад. – Иркутск : Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды, 2010. – 525 с.

17. Пампура В.Д., Ломоносов И.С., Арсентьева А.Г., Гапон А.Е. Геохимические исследования и картографирование снегового покрова Прибайкалья // Общая и региональная геология, геология морей и океанов, геологическое картирование: Обзор. – М. : Геоинформмарк, 1993. – 42 с.

18. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М. : Географгиз, 1961. – 496 с.

19. Покатилов Ю.Г. Химия атмосферных осадков, снежного покрова и медико-демографические особенности естественных и техногенных территорий Восточной Сибири (биогеохимический аспект изучения территорий). – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2006. – 147 с.

20. Рихванов Л.П., Язиков Л.Г., Сухих Ю.И. и соавт. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения. – Томск : Курсив, 2006. – 216 с.

21. Стандартные образцы химического состава природных минеральных веществ : Методические рекомендации / Сост. Н.В. Арнаутов. – Новосибирск : Ин-т геологии и геофизики СО РАН, 1990. – 220 с.

22. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ценные элементы-примеси в углях. – Екатеринбург : УрО РАН, 2006. – 538 с.

23. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ртуть в углях – серьезная экологическая проблема // Биосфера. – 2010. – Т. 1. – С. 237–247.

24. Экогеохимия городов Восточной Сибири / И.С. Ломоносов, В.Н. Макаров, А.П. Хаустов и др. – Якутск : Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1993. – 108 с.

25. Язиков Е.Г., Таловская А.В., Жорняк Л.В. Оценка эколого-геохимического состояния г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв. – Томск : Изд-во ТПУ, 2010. – 264 с.

26. Aisueva T.S. Determination of U and Th in rocks and soils by means of XRF // Colloquium

Spectroscopicum Internationale XXXV : Abstract Book. – Xiamen, China, 2007. – P. 356.

27. Govindaraju K. Compilation of working values and sample description for 383 geostandards // Geostandards Newsletter. – 1994. – Vol. 18, Special Issue. – P. 1–158.

28. Sanina N.B., Aisueva T.S., Chyparina E.V., Lankin J.K. Toxic and radioactivity elements in soils and plants of natural and technogenic systems of Pre-baikalia (region lake Baikal) // 7th International Symposium on Environmental Geochemistry: Abstracts Book. – 2006. – Vol. 25. – P. 192.



МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И РАСПАДА АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ И ОБЛАЧНОСТИ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Л.С. Ивлев

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: ivlev.lev@mail.ru

Статья получена редакцией 04.12.2012; принята к печати 08.05.2013

Для понимания изменений погоды и климата необходимо учитывать природные и антропогенные механизмы генерации и распада атмосферных аэрозолей, от которых зависят состав и размеры их частиц, влияющие на взаимодействие солнечной радиации с облачностью и сказывающиеся на термодинамике и кинетике атмосферных процессов. За счет гетерогенных каталитических химических реакций на поверхности частиц аэрозолей в основном осуществляется выведение газовых примесей из атмосферы. При выбросах глинистых частиц, содержащих окислы алюминия, в стратосферу происходит прямой развал молекул озона на этих частицах. Разрушение озона наблюдается на аэрозолях почвенного происхождения и на ледяных частицах в атмосфере полярных районов. Антропогенно обусловленное возрастание содержания аэрозолей может воздействовать на климат через изменения радиационного баланса Земли и влияние на гидрологический цикл.

Ключевые слова: морские аэрозоли, почвенные аэрозоли, антропогенные аэрозоли, вулканические аэрозоли, биогенные аэрозоли, полярные аэрозоли, фракталы, ядра конденсации и сублимации, нуклеация; стратосферные облака, серебристые облака, сернокислотные облака, погода, климат, радиационный фактор.

MECHANISMS OF GENERATION AND DECAY OF ATMOSPHERIC AEROSOLS AND CLOUDS AND THEIR ECOLOGICAL SIGNIFICANCE

L.S. Ivlev

Saint-Petersburg University, Saint-Petersburg, Russia

E-mail: ivlev.lev@mail.ru

To understand meteorological and climatic changes, it is essential to consider the natural and anthropogenic mechanisms of generation and decay of atmospheric aerosols, which determine the composition and sizes of aerosol particles and thus modify interactions between solar radiation and clouds and influence the thermodynamics and kinetics of atmospheric processes. Heterogeneous catalysis at the surfaces of aerosol particles is instrumental in the elimination of gaseous contaminants from the atmosphere. Upon discharges of aluminium oxide-containing clay particles into the stratosphere, the direct decomposition of ozone molecules at their surfaces takes place. Ozone decomposition is observed at aerosol particles originating from soil and at ice particles in the atmosphere over polar regions. Anthropogenic increases in aerosol levels may have an impact on climate by altering the radiation balance of the Earth and influencing the hydrological cycle.

Keywords: marine aerosols, soil aerosols, anthropogenic aerosols, volcanic aerosols, biogenic aerosols, polar aerosols, fractals, condensation and sublimation nuclei, stratospheric clouds, noctilucent clouds, sulfuric clouds, weather, climate, radiation factor

1. Введение

Существование и развитие открытой системы Земля-климат зависит как от свойств ее собственных компонентов, в частности биосферы, так и от солнечно-земных связей [66, 83]. Земля подвергается непрерывному энергетическому воздействию солнечного и космического излучения, гравитационных сил Солнца, Луны и других космических объектов. При этом устанавливается динамическое равновесие между планетой Земля и космосом.

От солнечной радиации зависят физические условия в тонком поверхностном слое Земли и над ним. Они могут обуславливать как постепенные или периодические изменения климатических и экологических условий, так и флуктуационные катастрофические явления [82]. Длительные эволюционные изменения физических характеристик окружающей среды могут сменяться их резкими флуктуациями, предсказать которые весьма сложно или же можно только с момента их начала. Релаксационные процес-

сы не всегда возвращают значения физических величин к тем, которые были до флуктуации. При превышении некоторого порога интенсивности воздействия окружающая среда может необратимо меняться с переходом в новое состояние (фазовый переход) или эволюционировать, смещаясь, в основном, в сторону уменьшения упорядоченности (рост энтропии) [72].

В формировании и изменчивости климата Земли в их зависимости от солнечной радиации немаловажную роль играют аэрозоли и облачность. Их можно рассматривать как разные проявления аэродисперсных систем, где важнейшей компонентой является вода, содержание и структурное состояние которой во многом определяет длительность действия и последствия (инерционность) этого фактора изменчивости погоды и климата [32]. Причины того, что на Марсе, Земле и Венере различия по этим условиям более значительны, чем можно ожидать при относительно близких величинах потока солнечной радиации на эти планеты, могут включать существование

на Земле огромного количества поверхностной воды и биосферы, совместно регулирующих и стабилизирующих физические условия в узком диапазоне условий, делающих в течение почти четырех миллиардов лет возможным существование жизни, осуществляющей антиэнтропийный процесс благодаря постоянному притоку на Землю внешней энергии [20, 31, 52, 97].

2. Изменчивость климата и погоды

2.1. Общие положения

Флуктуации физических параметров земной среды обнаруживают заметные горизонтальные различия, указывающие на доминирующую роль перераспределения тепла, осадков и атмосферного давления в результате изменений в системе циркуляции атмосферы. Решать фундаментальные уравнения движения в природных средах, позволяющие адекватно рассматривать влияние на циркуляцию движений разных масштабов, чрезвычайно сложно, так как существует проблема связи суммарного эффекта движений очень малого масштаба с условиями протекания процессов значительно большего масштаба. Нелинейные динамические взаимодействия между атмосферными течениями малых масштабов могут уже через 2 недели приводить к непредсказуемым метеорологическим изменениям характеристик среды, к так называемому климатическому шуму. Значительно устойчивее крупномасштабные атмосферные движения, что объясняется относительно медленными изменениями граничных условий [40].

Определение характеристик климата в какой-либо точке на земной поверхности предполагает усреднение по времени для величин, ответственных за процессы формирования погоды. Средние значения характеристик для одного временного интервала может отличаться от среднего для другого временного интервала, что является следствием либо колебаний выборочных средних, затрудняющих практические наблюдения за климатом, либо изменения самих математических ожиданий, которые предпочтительно иметь в качестве идеальных (эталонных) элементов климата [41, 43].

Так как процессы превращения энергии в атмосфере разнообразны и замкнуты, то не сразу очевидно, к чему может привести введение небольшого количества энергии или дополнительного компонента в нее: сделает ли оно состояние системы более устойчивым, либо наоборот неустойчивым. Суть долгосрочных изменений погоды и климата определяют нелинейные процессы. В то же время краткосрочные прогнозы погоды можно получать, используя уравнения классической физики с соответствующими линейными приближениями. При этом достоверность краткосрочного прогноза состояния среды определяется полнотой и точностью учета начального состояния внешней среды и описания конкретного воздействия [73].

Для атмосферы характерны процессы, возникающие при относительно малых энергетических затратах и ведущие к изменениям энергетических состояний, которые на 7–8 порядков превышают эти внешние воздействия. В природе множество процессов имеют нелинейный характер: малое возмущение приводит к сильнейшим изменениям в среде обитания. В качестве одного из спусковых механизмов такого рода выступают аэрозольные частицы, в частности, в процессах облако- и осадкообразования [20, 21].

Влияние аэрозолей на краткосрочную изменчивость климата и погоды, определяющих условия существования биосферы, проявляется как непосредственно через увеличение альбедо Земли, так и косвенно посредством воздействия на динамику и микроструктуру облаков. Например, увеличение альбедо происходит из-за возрастания количества мелких капель при росте концентрации сульфатных ядер конденсации [104].

Известный российский метеоролог Л.Т. Матвеев утверждал, что быстрые успехи в количественном прогнозе таких погодных характеристик, как количество и водность облаков, толщина и водность туманов, интенсивность осадков, вряд ли возможны даже в течение всего XXI века [41]. Уж очень чувствительны эти характеристики к влияющим на них факторам. Чтобы оценить водность облака или тумана, равно как предсказать факт их образования, температура воздуха должна быть измерена и предсказана с погрешностью не более 0,2–0,3 °С. Кроме того, помимо адвективных, турбулентных и радиационных потоков тепла и влаги в самой атмосфере велика роль притока их из почвы.

2.2. Атмосферные ядра конденсации и сублимации

Атмосферные аэрозоли, представляющие собой взвешенные в газовой среде дисперсные частицы, играют важнейшую роль в большинстве физических и физико-химических процессов в атмосфере, включая: 1) фазовые переходы воды (образование и диссипацию облаков и туманов); 2) радиационный баланс (нагревание и охлаждение атмосферных слоев и поверхности Земли, метеорологическая дальность видимости, парниковый эффект) и связанное с этим движение воздушных масс; 3) массоперенос твердого вещества и воды (вулканические извержения, пылевые бури, осадки, различного рода промышленные и радиоактивные загрязнения); 4) гетерогенные каталитические химические и фотохимические реакции [21, 83].

Первые три фактора являются определяющими в возникновении движений воздушных масс разных масштабов, в первую очередь конвективных, в том числе смерчей, торнадо, конвективных облаков, тайфунов, циклонов и т. п.

Промышленные и аварийные выбросы вредных веществ (аэрозолей и примесных газов) в атмосферу представляют собой серьезную опасность для окружающей среды и населения. Загрязняются приземный слой воздуха и подстилающая поверхность, что приводит к непосредственному воздействию на окружающую среду и угрожает последующим поступлением вредных веществ в организм человека, животных и растений. Процессы переноса примесей в атмосфере настолько динамичны, что последствия выбросов сказываются практически сразу [44].

Мощные или регулярные выбросы в атмосферу окислов серы, азота, углерода и хлора приводят к образованию содержащих кислоту водных капель, выпадению кислотных осадков, сказывающихся на теплообмене в нижних слоях атмосферы и могут иметь глобальные последствия, способствуя изменчивости погоды и климата. Воздушные ядерные взрывы, проведенные в 1940–1960-х гг., изменили баланс радиоактивных веществ в атмосфере и вызвали выпадения радиоактивных осадков. Состав и структура

тропосферных аэрозолей и озонового слоя изменяются из-за применения хлор(бром)содержащих фреонов, а также выбросов в атмосферу соединений азота. Экологическая опасность газообразных и аэрозольных выбросов в атмосферу не только состоит в непосредственном влиянии вредных выбрасываемых веществ на здоровье человека, но и имеет глобальный аспект, связанный с долговременными процессами изменения химического и дисперсного состава загрязнений, переносом веществ в тропосфере и стратосфере, влиянием загрязнений на массовые балансы веществ и температурные режимы в атмосфере.

Важнейшим свойством дисперсных образований, объединяющим и определяющим протекание физических и химических процессов и явлений в атмосфере, является высокая удельная поверхность дисперсной фазы, достигающая сотен квадратных метров на грамм диспергированного вещества [13].

Своеобразная газодинамика аэрозолей обусловлена различным движением среды-носителя и частиц дисперсной фазы. Необычные оптические свойства вызваны сравнимостью размеров частиц с длинами волн света, влиянием формы частиц и показателем преломления вещества частиц.

Фазовые переходы воды в реальной атмосфере, сопровождающиеся выделением или поглощением тепла и изменением оптических свойств атмосферы, происходят на аэрозольных частицах. Аэрозольные частицы играют важнейшую роль в нуклеационных процессах конденсации и кристаллизации водяного пара и тем самым в формировании осадков. Поэтому в метеорологии их называют ядрами конденсации, независимо от физических и химических свойств.

Существуют три типа частиц, называемых ядрами конденсации [6, 13]: 1) гигроскопические частицы, растворяющиеся в воде (гидрофильные); 2) смачиваемые, но не растворяющиеся частицы; 3) не вполне смачиваемые частицы (гидрофобные) [32]. Образование капель на гигроскопических ядрах хорошо изучено экспериментально и теоретически. Рост капли раствора гигроскопического вещества благодаря эффекту Рауля может идти при довольно низких значениях относительной влажности (S), меньших влажности насыщения над чистой водой, например, для раствора NaCl величина $S \geq 75\%$. При адсорбции водяного пара на поверхности смачиваемых частиц образуется тонкая пленка воды, и частицы становятся зародышевыми каплями. Частицы-капли могут расти в условиях сравнительно небольшого пересыщения, так как уже при $r \geq 0,5$ мкм величина влажности насыщения над выпуклой поверхностью ($E(r)$) почти не отличается от влажности насыщения над плоской поверхностью ($E(\infty)$). Частицы с дефектами поверхности покрываются пленкой воды на вогнутых участках, в которых конденсируется влага при относительных влажностях, меньших 100%.

К гигроскопическим ядрам относятся солевые частицы континентального и местного происхождения, к нерастворимым смачиваемым ядрам – частицы почвы и горных пород, дыма, органических веществ, микроорганизмы. Они в основном имеют континентальное происхождение. Массовая концентрация их значительно больше, чем гигроскопических ядер. Содержание ядер третьего типа в атмосфере также велико. В частности, к плохо (не вполне) смачиваемым относятся частицы сажи и кремнезема.

В реальной атмосфере аэрозольные частицы весьма часто не могут быть четко отнесены ни к одному из указанных типов. Это так называемые смешанные ядра, представляющие собой конгломерат мелких ядер различных типов. Такие частицы по своей способности расти и образовывать водные капли похожи на гигроскопические ядра.

В атмосфере, содержащей аэрозольные частицы, суммарным результатом двух противоположно направленных процессов облако- и осадкообразования (конденсации и испарения) при росте концентрации частиц от 100 до 1000 см⁻³ может наблюдаться реальное уменьшение осадков. Причем количество осадков, выпадающих на подстилающую поверхность, критически зависит от формы кристаллов. Если предположить присутствие агрегатов кристаллов, то десятикратное увеличение концентрации аэрозольных частиц приводит к возрастанию количества накопленного снега на 40% после 7 часов численного моделирования процесса, тогда как в случае плоских кристаллов возникает уменьшение количества снега на 30%. Подобный контраст объясняется более высокой эффективностью аккреции кристаллов снега с облачными каплями при наличии агрегатов [88].

Основная классификация атмосферных аэрозолей базируется на их различии по способам создания, характерным размерам и веществу диспергированных частиц [6, 13, 105].

Пыли состоят из твердых частиц, диспергированных как в результате механического измельчения твердых тел (взрывы, горные работы и т. д.), так и при высыхании капелек с растворенными веществами или частицами (солевые частицы). Часто пылью называют осадок твердых частиц с размерами от субмикронных (~0,01 мкм) до микроскопических (~100 мкм) на различных поверхностях, который легко переходит во взвешенное состояние.

Дымы образуются при горении или возгонке летучих веществ, а также в результате химических и фотохимических реакций. Размеры дымовых частиц – от субмикронных до 5 мкм.

Туманы состоят из капелек жидкости, образующихся при конденсации пара или распылении жидкости. В этот класс дисперсных образований также включаются капли с растворенными веществами или содержащимися в них частицами. Природные туманы обычно состоят из капелек с диаметром до 10 мкм и более. Смог образуется в результате взаимодействия природного тумана с газообразными загрязнителями и частицами дыма.

Капельки, а также частицы различных атмосферных загрязнений и пыли с размерами по диаметру меньше 5 мкм часто называют дымкой, которая представляет собой комбинацию из трех названных выше основных классов аэрозолей.

Аэрозольные частицы в атмосфере имеют широкий диапазон размеров – от частиц, состоящих из нескольких молекул (кластеры), диаметром порядка 1 нм, до витающих в воздухе крупных пылинки и микрокапель воды, имеющих диаметр до нескольких десятков микрон (10⁴ нм). Точно определить границу наибольших размеров аэрозольных частиц сложно, так как в разных условиях частицы одного и того же размера могут выпадать из атмосферы, а могут и довольно длительное время находиться взвешенными

ми в воздухе. Х. Юнге для атмосферных аэрозолей полагают верхнюю границу размеров равной 10 мкм [52]. Для частиц вулканической пыли, пылевых и пылепесчаных бурь эту границу следует отодвинуть, по крайней мере, до 100 мкм [13].

Классификация по характерным размерам определяет три класса аэрозольных частиц: мелкодисперсные ($r \leq 0,1$ мкм), среднелдисперсные ($0,1 \text{ мкм} < r < 1 \text{ мкм}$) и грубодисперсные ($r \geq 1 \text{ мкм}$). Среднелдисперсные аэрозоли называются также большими частицами, а грубодисперсные – гигантскими. Мелкодисперсная фракция, которая обладает гигроскопическими свойствами и регистрируется с помощью счетчиков Айткена (представляющих собой модификацию камеры Вильсона), называется также ядрами конденсации. По характеру образования и трансформации аэрозольных частиц мелко- и среднелдисперсная фракции были названы К. Уитби транзитивной и аккумулятивной [108]. Для частиц меньше 1 мкм в литературе употребляются термины субмикронная или тонкодисперсная фракция.

По форме различают три основных типа частиц: изометрические (с приблизительно одинаковыми размерами в трех направлениях), пластинки (с одним размером, гораздо меньшим, чем два других), волокна или цепочки (протяженные в одном направлении). Форму пластинок чаще наблюдают у частиц пыли, а цепочечные агрегаты образуются при горении. Твердые аэрозольные частицы в основном имеют несферическую форму, и им приписывается некий средний размер, например, по объему или по проекционной площади. Полезным является понятие эквивалентного аэродинамического диаметра, за который принимается диаметр сферической частицы плотностью 1 г/см³, имеющей такую же скорость осаждения, как и данная частица. Применение этой величины удобно для расчетов выпадения частиц в поле тяжести, например, применительно к переносу аэрозолей в атмосфере. Средняя плотность частиц может сильно отличаться от плотности исходного вещества [16].

Особый интерес представляют так называемые фрактальные агрегаты, которые образуются, например, при нуклеации и коагуляции дымовых частиц или ледяных кристаллов в облаках и представляют собой рыхлые структуры с необычной связью между линейными размерами и плотностью (хлопья, снежинки). При этом приходится вводить дополнительную переменную, называемую фрактальной размерностью частиц.

Набор частиц в единице объема характеризуется функцией распределения по размерам $n(r, x, t)$, которую называют также спектром частиц [44]. Для удобства описания этой характеристики все частицы считают сферическими. Вместо радиуса частиц r можно использовать их массу (объем) m и спектр $C(m, x, t)$, который связан с $n(r, x, t)$ соотношением $n(r) dr = C(m) dm$, то есть $n(r) = 4\pi\rho_p r^2 C(m)$, где ρ_p – плотность частиц. Интегральные по спектру величины $N(\bar{x}, t)$ и $M(\bar{x}, t)$ называются счетной и массовой концентрациями:

$$N(\bar{x}, t) = \int_0^{\infty} C(g, \bar{x}, t) dg; M(\bar{x}, t) = \int_0^{\infty} gC(g, \bar{x}, t) dg. (1)$$

Для практики удобно представление спектров в виде кумулятивных функций распределения, кото-

рые являются интегралами характеристик частиц от 0 до данного значения m :

$$J(m, p) = \int_0^m s^p C(s) ds.$$

Например, $J(m, 0)$ – счетная концентрация частиц, имеющих массу меньше m , $J(m, 1)$ – массовая концентрация таких частиц и т. д. Величины $N(\bar{x}, t)$ и $M(\bar{x}, t)$ используются для нормировки кумулятивных распределений.

При описании спектров композитных частиц используется информация о содержании определенных примесей в спектре.

На практике спектр частиц получают в виде гистограмм. Применяются различные виды аппроксимации результатов измерений в виде непрерывных зависимостей $n(r)$, $C(m)$.

Спектр частиц определяет макроскопическое поведение ансамбля частиц: от него зависят газодинамическое движение, оптические и диффузионные свойства аэрозольного облака (перенос облака в атмосфере ветром, диффузия в атмосферных турбулентных пульсациях, осаждение в поле тяжести, оптическая видимость облака и т. д.).

Типичный спектр частиц для аэрозольной составляющей земной атмосферы приведен на рис. 1. Характерно степенное поведение спектров в диапазоне 0,1–1,0 мкм. В приземном слое воздуха концентрации N в этом диапазоне размеров изменяются в пределах от 10^1 част./см³ (над океаном) до 10^3 част./см³ (над сушей). Наиболее часто наблюдаемые размеры частиц Айткена $r_a \approx 0,03$ мкм, концентрация N_a колеблется от 10^4 част./см³ (в сельской местности) до 10^5 част./см³ (в промышленных регионах).

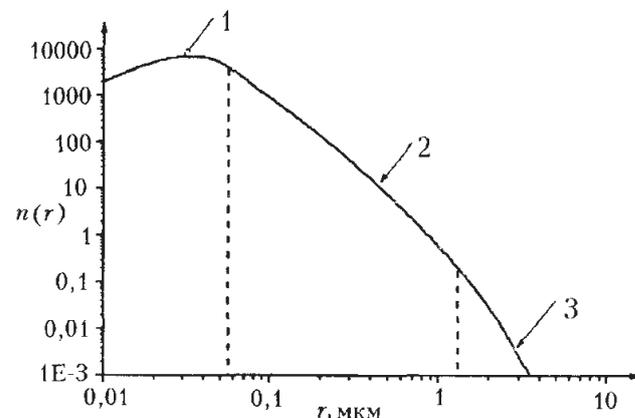


Рис. 1. Спектр аэрозольных частиц в атмосфере ($N \approx 3 \cdot 10^4$ част./см³): 1 – частицы Айткена; 2 – спектры Юнге; 3 – гигантские частицы [83]

Спектры атмосферных аэрозолей очень разнообразны и подвержены сильным изменениям, особенно в процессе обмена вещества частиц с паром (испарения и конденсации) и процессов слияния частиц в результате парных столкновений (коагуляция).

Процессы конденсации и испарения зависят от концентрации паров данного вещества в среде-носителе и определяются разностью между приходом и уходом молекул с поверхности капли. Процесс коагуляции отражает общую термодинамическую неустойчивость дисперсной фазы, обладающей избыточной

свободной энергией за счет развитой поверхности. Спектр частиц меняется при их дроблении в среденосителе (под действием скоростного напора в среде и флуктуаций поля скоростей), а также при дроблении в результате парных столкновений. Процессы дробления, сопровождающиеся увеличением внутренней энергии диспергированных частиц, должны подпитываться энергией от среды-носителя или от силового поля.

Огромный массив данных по пространственно-временным вариациям аэрозольных характеристик получен за 30 лет экспериментальных наблюдений в лаборатории физики Научно-исследовательского физического института Ленинградского (Санкт-Петербургского) государственного университета [10, 16]. Эти данные не описываются простыми аналитическими выражениями: наблюдаются очень большие величины дисперсий как по интегральным характеристикам (счетная и массовая концентрации, коэффициенты рассеяния и ослабления радиации), так и по дифференциальным характеристикам (плотности распределения, спектральные коэффициенты рассеяния и обратного рассеяния). Вертикальные структуры аэрозольных характеристик имеют слоистый характер. Характерный масштаб неоднородности по вертикали порядка 600 м. По горизонтали он не настолько однозначен и сильно зависит от структуры и свойств подстилающей поверхности. Масштаб 600 м вероятно определяется структурой вихревых потоков и был обнаружен еще в 1960-х годах сотрудниками Института физики атмосферы РАН [5]. На 7-й конференции «Естественные и антропогенные аэрозоли» (2010 г.) было предложено зафиксировать российский приоритет по этому открытию в названии «масштаб Монины-Голицына».

2.3. Влияние аэрозолей на перенос радиации

Влияние аэрозолей на перенос радиации в атмосфере и, следовательно, на изменение климата Земли представляется достаточно очевидным: пылевые облака сильнейшим образом преобразуют температурный режим атмосферы и поверхности Земли. В отсутствие сажевых частиц аэрозоли выхолаживают нижние слои атмосферы, как минимум, на несколько градусов на период в несколько месяцев и способствуют возникновению дополнительных горизонтальных воздушных течений.

Фундаментальный подход к моделированию оптических характеристик через данные об их микроструктурных свойствах, предложенный Л.С. Ивлевым и С.И. Поповой в 1973 г., дал возможность достаточно надежно моделировать и интерпретировать спектральные характеристики атмосферных аэрозолей практически во всем энергетически важном радиационном диапазоне от УФ- до ИК-диапазона. Особенно важно, что предложенный метод позволяет оценивать величину аэрозольного поглощения как видимой, так и инфракрасной радиации, и вклады аэрозолей различного происхождения в климатические процессы, в частности, аэрозолей морского, терригенного и антропогенного происхождения [27].

Разработки методов расчета переноса солнечной и тепловой радиации в облачных системах и проведение этих расчетов, позволяющих более надежно оценить роль облаков в радиационном режиме земной атмосферы, выполнены в работах сотрудников Ин-

ститута оптики атмосферы Томского филиала Сибирского отделения РАН [2, 8].

Увеличение концентрации сажевых частиц в высоких широтах, а также выпадение на снежную поверхность и лед приводит к потеплению нижней атмосферы и поверхности Земли. При этом локальные эффекты потепления достигают нескольких градусов Цельсия. Нарастающая в последние годы урбанизация ведет к общему глобальному потеплению и не в последнюю очередь именно за счет увеличения поглощающих свойств аэрозолей. В настоящее время достаточно полно исследовано влияние атмосферных аэрозолей на радиационные характеристики атмосферы и связанное с этим изменение ее энергетического режима методами численного моделирования. Простые оценки по одномерной радиационно-конвективной модели при аэрозольной оптической толщине в видимой области спектра $\tau_a(0,55) = 0,125$ для аэрозольной модели Туна и Поллака 1976 г. показывают изменение поверхностной температуры, вызванное присутствием аэрозолей [103]. Наблюдаются эффекты нагрева до $\Delta T_g \cong 1,5^\circ\text{C}$ при $\tau_a = 0$ и охлаждения до $\Delta T_g \cong 2,3^\circ\text{C}$ при $\tau_a = 0,40$ [103]. В присутствии поглощающих аэрозолей из-за уменьшения альbedo однократного рассеяния происходит дополнительный нагрев: в случае непоглощающей в видимой области спектра серной кислоты $\Delta T_g \cong 0$, а при замене ее на сажу $\Delta T_g \cong 4^\circ\text{C}$. Численные расчеты влияния высоты аэрозольного слоя на эффект дополнительного нагрева поверхности показывают, что эта зависимость для $\Delta T_g(h)$ достаточно сложна. Вполне очевидна и относительно слаба зависимость ΔT_g от аэрозольной оптической толщины в инфракрасной области спектра: для $\tau(\lambda = 10 \text{ мкм}) = 0,12 - \Delta T_g \cong +0,5^\circ\text{C}$, а для $\tau(\lambda = 10 \text{ мкм}) = 0 - \Delta T_g \cong -0,3^\circ\text{C}$. Этими же авторами были выполнены расчеты изменения условий существования на Земле после проведения ядерной войны, ведущей к длительной ядерной зиме [104].

Существенные трудности возникают при оценках воздействия на климат и в связи с неодинаковой чувствительностью системы к радиационным возмущающим воздействием за счет парникового эффекта, которые составляют около $1,7^\circ\text{C}/(\text{Вт}/\text{м}^2)$, и аэрозолей $-1,0^\circ\text{C}/(\text{Вт}/\text{м}^2)$ [34]. Это определяет и некорректность использования простых энергетических моделей для оценок изменений глобального климата. Так как аэрозольно обусловленное радиационное возмущающее воздействие (radiation factor, RF) сравнимо с воздействием противоположного знака за счет роста концентрации парниковых газов, необходима надежная оценка соотношений вкладов этих факторов в изменение климата [17–19]. Так, самолетные эксперименты по измерению потоков и притоков коротковолновой солнечной радиации выявили неучитываемое ранее сильное поглощение в «грязных» облаках на $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ (до 0,15) по сравнению с «чистыми» ($\sim 0,03$) [32].

2.4. Косвенное влияние аэрозолей на климат

Учет косвенного влияния аэрозолей на климат представляет очень сложную и до конца нерешенную задачу. Достаточно сложны оценки «аэрозольного» RF, в частности, его «косвенного» компонента, отбражающего воздействие атмосферного аэрозоля на свойства облачного покрова [81]. Значения «коротковолнового» RF за период с 1850 г. варьируют в пределах от 0,1 до $-0,5 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (уровень «парникового» воз-

действия за тот же срок составил $2,4 \text{ Вт/м}^2$, и, таким образом, влияние ПГ преобладает). Оценки вкладов различных факторов в изменения климата (сезонные, межгодовые, десятилетние, столетние) в содержание озона, интенсивность УФ радиации, химический состав атмосферы, по данным системы EOS, свидетельствует о существенной роли аэрозолей в этих процессах. Безусловно важны оценки климатообразующих вкладов аэрозолей разных типов, их косвенного воздействия на климат через посредство влияния на образование, микроструктуру и оптические свойства облаков [32, 93, 106].

Поверхность частицы может играть роль катализатора и фотокатализатора химических реакций, которые не идут в газовой среде. Необходимо отметить, что аэрозольные частицы являются носителями электрических зарядов [48], возникающих при диспергировании материала земной коры, в частности, во время вулканических извержений. Время рекомбинации таких ионов может быть весьма значительным. Возникающие при этом большие объемные заряды создают сильные электрические поля, и происходят разряды, при которых возможны реакции молекул на поверхности аэрозольных частиц с образующимися при электрических разрядах окислами азота. Электрические поля способствуют образованию линейных агрегатных структур из молекулярных кластеров. Присутствие в аэрозолях фрактальных структур с размерностью $\sim 1,2$ предполагает развитие на их поверхности структур с фрактальной размерностью ~ 1 (нитчатая структура) при всех детальном физических параметрах, влияющих на параметры взаимодействия системы молекул в пространстве поликристаллов льда.

Механизм образования аэрозольных частиц из малых газовых компонент и их рост на ядрах конденсации, а также в результате химических и фотохимических реакций на частицах с последующим образованием облачных элементов исследовался в работах [68, 79, 87, 106]. С нашей точки зрения аэрозоли, водяной пар и облачные образования в атмосфере представляют единый постоянно трансформирующийся физический объект или процесс по определению Г.В. Розенберга [47].

Следует отметить, что существуют определенные разногласия в оценке важности вклада в изменения климата, обусловленные углекислым газом и водой [81]. С точки зрения влияния на быстрые глобальные изменения климата Земли наибольший интерес представляют озон, водяной пар и аэрозоли, так как они в значительной степени формируют энергетический баланс различных слоев атмосферы и взаимодействие последней с подстилающей поверхностью Земли, и в то же время их содержание в атмосфере весьма изменчиво и подвержено воздействиям как естественного, так и антропогенного характера. Более того – оно взаимосвязано.

Чрезвычайно важные результаты по возникновению при определенных условиях взрывной генерации ультрамелких частиц в приземном слое атмосферы получены А.А. Лушниковым [39]. Механизм их образования аналогичен процессу образования аэрозолей в высоких слоях атмосферы при солнечных вспышках. Здесь большое значение имеет наличие в атмосфере электрического заряда, тесно связанного с присутствием в атмосфере молекул водяного пара и

облачных капель. Очевидно, исследование процессов возникновения и разделения электрических зарядов, а также их участия в фазовых переходах воды необходимо для решения ряда климатических и экологических задач, в частности, задач активного воздействия на динамические процессы в атмосфере.

Энергия, выделяемая или поглощаемая при процессах фазового перехода воды, очень велика и сравнима с энергией падающего на земную поверхность солнечного излучения [16]. В свою очередь, облачные системы активно влияют на перенос солнечного и теплового излучения в системе Солнце–атмосфера–Земля–космос: поглощая и рассеивая солнечное излучение, облака уменьшают радиационное нагревание подоблачного слоя, а поглощая и рассеивая тепловое излучение земной поверхности, уменьшают его радиационное выхолаживание [6]. Этот фактор влияния аэрозолей на среду обитания даже более важен, чем их непосредственное влияние на радиационный режим атмосферы. Причем по воздействию на термический режим нижней атмосферы он противоположен прямому воздействию аэрозолей из-за рассеяния солнечного излучения. Уменьшение ночного выхолаживания земной поверхности и нижних слоев атмосферы из-за наличия облачности значительно превосходит эффект дневного выхолаживания. За счет этого температурные условия на поверхности Земли и в приповерхностном слое в ночное и дневное время становятся менее контрастными.

В реальных условиях земной атмосферы фазовые переходы водяного пара в водные капли и льдинки возможны только в присутствии ядер конденсации и кристаллизации. Можно считать установленным фактом хорошую корреляционную связь между интенсивностью эмиссии аэрозольных частиц в атмосферу и облачностью как с земной поверхности, так и из верхних слоев и ближнего космоса [57]. Особенно отчетливо эта связь проявляется в локальных наблюдениях, например вблизи городов и вулканов.

3. Атмосферные аэрозоли разной природы

Основными источниками аэрозолей являются поверхности суши, морей и океанов, метеоритные потоки, лесные пожары, химические и фотохимические реакции в атмосфере и растительном покрове, хозяйственная деятельность человека [60]. Эти источники принято делить на естественные и антропогенные. К естественным относятся: вулканические извержения, конденсация водяного пара в атмосфере на ядрах и кластерах, выветривание пород, разбрызгивание капелек воды над океаном, космическая пыль. При пылевых бурях концентрация пыли в пустынных районах может достигать 300 мкг/м^3 и более, а за счет разбрызгивания капелек воды при ветре со скоростью 12 м/с над океаном – до 500 мкг/м^3 солевых частиц. За счет космической пыли на Землю поступает в год $(1,4\text{--}2,0) \cdot 10^7 \text{ т}$ вещества при общей массе атмосферы $5 \cdot 10^{15} \text{ т}$ [78, 107].

3.1. Почвенные аэрозоли

Наиболее мощный источник аэрозольных частиц – почвы, включая поверхности степей, пустынь, гор. Они практически полностью обуславливают химический состав аэрозольных частиц в нижних слоях атмосферы. По массе почва дает около 50% всех аэро-

зольных частиц в атмосфере, что составляет не менее 500 млн т в год. Почвенная пыль поднимается и переносится ветрами со скоростью порядка нескольких километров в час. Даже легкий ветерок над вспаханым полем поднимает облака пыли. Частицы сальтируют, выбивая при падении новые частицы [66]. Особенно легко переносятся лессовые почвы, представляющие собой отложенную ветром уплотненную пыль, что свидетельствует о мощных ветрах в прошлом. Пыльные бури степных и пустынных областей Северной Америки служат примером такого подъема и переноса. Образования из песчаника, созданные водой и ветром в южной части штата Юта, свидетельствуют об интенсивности процессов выветривания. В качестве еще одного примера можно привести существующие на острове Барбадос скопления пыли, заносимые пассатами из Сахары [32].

Анализ телевизионных и инфракрасных изображений с искусственных спутников Земли показывает, что огромные пылевые выносы зарождаются в Западной Сахаре в зонах пустыни, опустыненных саванн и частично саванн в пределах гигантского «амфитеатра», который окружен с севера, востока и юга возвышенностями и горами, формирующими и ориентирующими пыленесущие воздушные потоки в направлении выхода из этого естественного амфитеатра с северо-востока на юго-запад и с востока на запад.

Гигантское пылевое облако – результат пылевых бурь, разразившихся в апреле 1976 г. в районе азиатских пустынь Такла-Макан и Гоби, – потоками воздушных течений было перенесено в Арктику и наблюдалось на Аляске. Скорость перемещения пылевого облака была порядка 80 км/ч, и оно переносило около 4000 т пыли в час, а за пять дней, в течение которых оно перемещалось над Аляской, – около полумиллиона тонн азиатской пыли. Их химический состав не идентичен составу подстилающих почв ввиду того, что не все минералы и другие почвенные продукты одинаково диспергируются. Для аэрозолей почвенного происхождения характерно присутствие кварца и других соединений кремния, глиноземов, карбонатов и кальцитов, окислов железа. Органических веществ в аэрозолях почвенного происхождения не больше 10% [83].

Пыль очень обогащена окислами железа и марганца по сравнению с грунтом, который является ее источником. Вероятно, при образовании мелкой пыли процессы физического и химического разделения действуют селективно. Примерно одинаковый состав пыли обнаружен над разными местами с открытой земной поверхностью в горах, пустынях, полупустынях, степях, над пахотой. В относительно больших количествах в аэрозолях наблюдаются соединения магния, натрия и калия [60].

Максимум распределения частиц почвенного происхождения по размерам, как правило, находится в субмикронной области, но весьма вероятны максимумы в области размеров $1 \text{ мкм} \leq r \leq 5 \text{ мкм}$. Частицы почвенного происхождения с радиусами меньше 0,1 мкм могут образовываться при кристаллизации на поверхности почвы солей, растворенных в грунтовых водах. С. Тумей оценил мощность генерации таких частиц, как $10^4 \div 10^5$ частиц/см² · с. Интенсивное выделение мелких частиц в атмосферу происходит на солончаковых почвах. По измерениям, проведенным в пустыне Каракумы, вклад солончаков в общее содержание аэрозолей составляет примерно 20÷30% [105].

Существенным компонентом пылевых аэрозолей являются минеральные частицы, поступающие в атмосферу над пустынями в процессе сальтации. Процесс сальтации на первоначальной стадии связан с «взрыванием» частиц почвы, продуктом которого являются частицы аэрозолей. Интенсивность процесса определяется в основном сдвигом скорости ветра у поверхности почвы, причем ранее считалось, что этот процесс осциллирующий. По последней модели сальтации выбросы аэрозолей характеризуются монотонной зависимостью от сдвига скорости ветра. Осцилляции выбросов аэрозолей связаны со специфической микроструктурой частиц грунта [66].

Важнейшая особенность пылевых аэрозолей состоит в том, что они подвергаются дальнейшему переносу на очень большие расстояния. При этом на частицах адсорбируются атмосферные газы и происходит окисление серы и азота [79]. А.С. Векслер и С.Л. Клетт промоделировали процессы образования аэрозолей в системах [108]. В периоды пылевых бурь в пустынях пылевые аэрозоли оказываются существенным компонентом тропосферных аэрозолей над океаном. На основе применения факторного и кластерного анализов «обратных» траекторий дальнего переноса аэрозолей в дни интенсивного или слабого переноса можно распознавать источники и типы аэрозолей [2].

Пустыни северо-западного Китая охватывают территорию площадью $1,3 \cdot 10^6 \text{ км}^2$, которая в три раза превосходит размеры лессового плато ($0,4 \cdot 10^6 \text{ км}^2$) и располагается на больших высотах в зоне западно-восточного переноса. Этот регион пустынь характеризуется сухим климатом и благоприятными условиями образования и поступления в атмосферу почвенных (пылевых) аэрозолей (ПА), особенно при возникновении пылевых бурь. Регион служит основным источником поступления ПА на акваторию Тихого океана в северном полушарии весной и ранним летом.

Наблюдаемая максимальная концентрация аэрозолей превосходит 260 мкг/м^3 , причем около 82% приходится на долю пылевого компонента, содержащего Al, Ca, Fe, K, Mn, Si и Ti при относительной весовой концентрации, соответственно равной 7, 6, 4, 2, 0,1, 32 и 1%. При этом локальные или фоновые аэрозоли составляют только 11%, тогда как доля дальнего переноса достигает 89% [32].

Электронно-микроскопический анализ проб аэрозолей, собранных в пустыне Негев (Израиль) летом и зимой 1996–1997 гг., показал (методом кластерного анализа) наличие 11 классов частиц. Если летние пробы характеризуются преобладанием сульфатов и минеральной пыли, то преобладающие компоненты состава аэрозолей зимой – частицы морских солей и промышленных аэрозолей. Субмикронная фракция обогащена частицами вторичного происхождения, которые (в случае сульфатного компонента) возникают, по-видимому, за счет дальнего переноса [81].

Наличие в атмосфере пылевых аэрозолей оказывает существенные воздействия на происходящие в атмосфере и даже в океане процессы. Гетерогенные процессы на пылевых частицах могут существенно влиять на содержание малых газовых составляющих (МГС) в тропосфере. В таблице 1 приведены изменения 8 МГС в различных регионах Земли в результате воздействия пылевых частиц. Отметим, что это в основном окислы азота, озон и гидроокислы.

Среднегодовые изменения (%) концентрации восьми МГК под воздействием пылевых аэрозолей [83]

Вещество	Фотолиз				Гетерогенные реакции			
	СП	ЮП	Земной шар	САТА*	СП	ЮП	Земной шар	САТА*
O ₃	0,2	0,3	0,2	0,9	-1,5	-0,3	-0,9	-5,0
ОН	-4,0	0,8	-2,4	-15	-16,4	-2,9	-9,6	-64,0
HNO ₃	0,4	0,3	0,3	0,8	-6,1	-1,5	-3,8	-28,3
HO ₂	-1,0	0,2	-0,4	-6,0	-9,1	-1,1	-5,1	-43,5
NO ₃	1,9	0,8	1,3	5,4	-10,2	-1,5	-5,9	-47,2
NO ₂	2,1	0,7	1,4	9,8	-0,5	-0,2	-0,3	-6,9
N ₂ O ₅	3,3	0,2	2,2	12,0	-3,4	-0,8	-2,1	-19,6
H ₂ O ₂	0,3	0,7	0,5	-0,6	-0,4	0,1	-0,2	-2,2
Интерактивный учет								
Вещество	СП	ЮП	Земной шар	САТА*			Земной шар	САТА*
O ₃	-1,3	0,0	-0,7	-3,8			1,00	0,93
ОН	-18,5	3,6	-11,1	-66,8			0,93	0,85
HNO ₃	-5,8	1,2	-3,5	-27,7			1,00	1,01
HO ₂	-9,6	0,9	-5,2	-45,3			0,95	0,92
NO ₃	-8,7	0,8	-4,7	-44,2			1,02	1,06
NO ₂	1,6	0,5	1,1	3,1			1,00	1,07
N ₂ O ₅	-0,3	0,4	0,0	-9,4			–	1,24
H ₂ O ₂	-0,2	0,8	0,3	-3,0			1,00	1,07

* САТА – северная Африка и тропическая Атлантика.

Примером воздействия на океан являются обусловленные пылевыми аэрозолями изменения концентрации морского фитопланктона, для которого характерно наличие весьма интенсивной изменчивости: замещение происходит, в среднем, через каждые 1–2 недели. Соединения углерода, образующиеся в процессе фотосинтеза, включаются в находящийся в форме частиц органический (particulate organic carbon, POC) и неорганический (particulate inorganic carbon, PIC) углерод, а также в растворенный органический углерод и претерпевают перенос на глубинах более 100 м (в глобальных масштабах) со скоростью порядка 10 ПгС/год. Этот процесс получил название «биологического насоса» и играет важную роль в формировании глобального круговорота углерода.

Данные измерений показывают примерное удвоение биомассы в перемешанном слое, происходящее на протяжении двух недель после прохождения пылевого облака, поступившего из пустыни Гоби. Этот факт можно интерпретировать как «фертилизацию» океана, обусловленную содержащимся в частицах пыли железом и стимулирующую образование соединений органического углерода в форме частиц.

В аридной зоне при высоких концентрациях первичных аэрозолей минерального происхождения в присутствии антропогенных загрязнений высокодисперсные частицы (включая элементарный углерод ЭУ) осаждаются на глинистых частицах, так как время межмодовой коагуляции много короче, чем время их седиментации или время внутримодовой коагуляции. Процесс характерен для пылевых бурь. Конечный продукт – минеральное ядро с осажденными на нем органикой и сажой.

В комплексном эксперименте в Таджикистане, проведенном в августе-сентябре 1981 г., параллельно с

проведением химического анализа и контролем метеопараметров измерялись оптические и микрофизические характеристики (рассеяние при $\lambda = 0,55$ мкм, поглощение в ультрафиолетовой и видимой областях спектра), а также проводился электронно-микроскопический анализ [83].

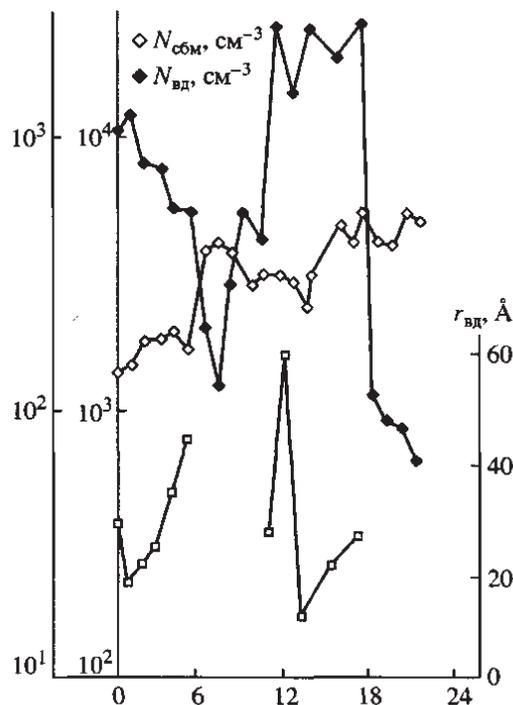


Рис. 2. Изменение счетной концентрации высокодисперсного $N_{вд}$ и субмикронного $N_{сбм}$ аэрозолей (левая шкала) и модального радиуса высокодисперсных частиц $r_{вд}$ во время пылевого шторма. 23.09.1981 г., г. Душанбе [83]

При пылевом шторме величина коэффициента рассеяния $\sigma(\lambda = 0,55 \text{ мкм})$ возрастала на порядок. Термооптический анализ показал, что во время шторма доля летучего компонента в субмикронных (СБМ) частицах возросла. Начало пылевого шторма сопровождалось резким увеличением концентрации субмикронных частиц с $a > 0,4 \text{ мкм}$ (рис. 1) и уменьшением концентрации и среднего размера частиц высокодисперсной фракции вследствие их осаждения на субмикронную фракцию. Производительность источника высокодисперсных (ВД) частиц $\approx 10^{-3} \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$, и практически все они осаждаются на СБМ-аэрозолях. Увеличение объемной концентрации частиц во время «афганца» происходит за счет роста концентрации частиц с $a > 0,4 \text{ мкм}$. Доля частиц с $a < 0,1 \text{ мкм}$ в общем балансе составляет 1–10%. Из анализа ИК-спектров проб следует, что основными компонентами субмикронных аэрозолей являются глинистые минералы, сажа и органика.

Резко возрастающая во время пылевого шторма концентрация минеральных частиц приводит к интенсивному оседанию органики и сажи на этих ядрах, что изменяет морфологию частиц, резко увеличивает поглощение и меняет спектральный ход $\alpha(\lambda)$.

Неожиданным фактором региональных изменений экологического состояния окружающей среды является наблюдающееся изменение циркуляции воздушных масс в тропосфере в Средней Азии, обусловившее отсутствие сильных пылевых бурь с начала 90-х годов в аридной зоне Таджикистана [1].

Данные исследований переноса сахарских пылевых аэрозолей через Атлантический океан показывают наличие высокой корреляции между концентрациями несолевых сульфатных аэрозолей (nssSO_4^{2-}) и пыли ($r^2 = 0,93$). Массовая концентрация аэрозолей варьирует, соответственно, в пределах 0,5–4,2 мкг/м^3 и 0,9–257 мкг/м^3 . Межсуточные вариации микроструктуры аэрозолей обоих типов незначительны. Однако доля концентрации крупных частиц (с аэродинамическим диаметром $d > 1 \text{ мкм}$) несолевых сульфатных аэрозолей (КЧНСА) варьирует существенно (от 21 до 73%).

Максимальные значения КЧНСА- SO_4^{2-} связаны с поступлением сахарской пыли (об этом свидетельствуют данные спутниковых наблюдений), а минимальные – с приходом воздушных масс из центрального региона Северной Атлантики, где концентрация пыли меньше 0,9 мкг/м^3 . Предполагается, что высокие значения КЧНСА- SO_4^{2-} являются следствием гетерогенных реакций, которые происходят в атмосфере над Северной Африкой между SO_2 , содержащимся в загрязненном воздухе из Западной Европы, и сахарской пылью.

Взаимодействие между загрязнениями и пылью не всегда проявляется в возникновении высокой концентрации КЧНСА. Низкая концентрация может указывать на наличие процесса окисления SO_2 до SO_4^{2-} , происходящего до поступления запыленного воздуха. В такие дни доминирующим источником nssSO_4^{2-} служит, по-видимому, океанский диметилсульфид, и доля КЧНСА остается близкой к 20%. Эпизоды выбросов сахарской пыли порождают сильные изменения микроструктуры nssSO_4^{2-} . Удаление SO_2 пылью из атмосферы может проявляться далеко от источников пылевых выбросов, например, при переносе сахарской пыли через Атлантический океан или через Средиземное море [34].

3.2. Морские аэрозоли

Значительная часть земной поверхности покрыта водой, и это в сильной степени определяет структуру и свойства аэрозольных образований в нижних слоях атмосферы. Основным источником диспергированного вещества является морская вода, в окружающем воздухе находится большое количество водяного пара, который конденсируется и испаряется с аэрозольных частиц в зависимости от внешних условий. Формирование и изменчивость температурного профиля океанической воздушной массы, то есть вертикальная структура аэрозолей, определяется взаимодействием солнечного излучения с поверхностным слоем морской акватории.

Физические состояния аэрозольных частиц могут быть следующими: твердая основа из морских солей с адсорбированными или даже абсорбированными молекулами воды при низких значениях относительной влажности окружающего воздуха, твердые частицы с покрытием из водно-солевого раствора (при начальной стадии обводнения), микрокапли водно-солевого раствора различной концентрации (при разных значениях относительной влажности, превышающих критическую для разных размеров микрокапли) [2, 16].

Морская поверхность – второй мощный источник аэрозольных частиц, дающий по массе приблизительно 20–30% вещества диспергированной фазы. Глобальные выбросы веществ морского происхождения по современным оценкам превосходят все другие природные и антропогенные выбросы, вместе взятые, достигнув 3,300 Тг/год в 2000 г. Приближенные расчеты приводят к выводу, что к 2100 г. глобальные выбросы морских солей могут достичь 5,880 Тг/год и внести вклад в радиационное возмущающее воздействие, равный $-0,8 \text{ Вт/м}^2$. Однако следует учитывать, что время жизни солевых частиц в среднем ниже, чем частиц другого происхождения.

Химический состав минеральной составляющей частиц примерно соответствует химическому составу сухого остатка морской воды: NaCl – 78%, MgCl_2 – 11%, CaSO_4 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 – 11%. Концентрация солевых частиц над океаном может достигать 100 см^{-3} , но в среднем составляет $\sim 1 \text{ см}^{-3}$. Максимум в распределении по размерам приходится на солевые частицы диаметром около 0,3–0,4 мкм . Частицы морского происхождения могут проникать далеко в глубь суши.

Основными процессами генерации морских аэрозолей являются: 1) ветровая генерация, в частности, пузырьковый механизм образования мелких частиц водного раствора морских солей, 2) испарение молекул и ионов, а также водных кластеров с морской поверхности, 3) образование частиц при механизме межфазового обмена электрическими зарядами морская поверхность – приводный слой атмосферы [16].

На поверхности океана в тонком слое (порядка одного микрона) концентрируются органические поверхностно-активные вещества и масла. Образование и разрыв мелких пузырьков на морской поверхности приводит к тому, что кроме морских солей в воздух поступает органическое аэрозольное вещество. Оно может играть важную роль в оптических явлениях в приводном слое атмосферы. Концентрации морских аэрозолей над открытой поверхностью воды зависят от температуры и солености воды, температуры и влажности воздуха. Однако главным фактором, влияющим на концентрацию морских аэрозолей, является ветер.

яющим на образование и перенос аэрозолей, является скорость ветра. Интенсивность генерации морских аэрозольных частиц определяется скоростью ветра, наличием прибойных зон и температурным режимом приповерхностного слоя воды. Генерация частиц при разбрызгивании капель происходит при скорости ветра больше 7 м/с и максимальна при $U = 15$ м/с. Концентрация морской соли в воздухе имеет четкую зависимость от скорости ветра и находится в диапазоне 2–50 мкг/м³. Образующиеся при этом частицы имеют размеры $d > 2$ мкм, а счетную концентрацию не выше $5 \cdot 10$ см⁻³. Солевое содержание частиц при таком механизме генерации лежит в пределах 10^{-15} – 10^{-14} г, что соответствует размерам капель $d = 0,2$ – $0,5$ мкм. Результаты экспериментов свидетельствуют, что в концентрацию образующихся частиц существенный вклад вносят частицы с солевым содержанием 10^{-16} – 10^{-15} г, то есть с $d = 0,1$ – $0,2$ мкм.

Значительная доля вещества морских аэрозолей возникает в результате испарения капель морской воды и содержит, в основном, легко растворимые гигроскопичные морские соли. Процессы генерации диспергированного вещества наблюдаются в результате разбрызгивания и высыхания капель, а также при схлопывании всплывающих на поверхность пузырьков газа. Часть аэрозольных частиц образуется в результате «взрывания» пузырьков воздуха, в процессе образования которых происходил захват морских солей, растворимых органически поверхностно-активных соединений и других примесей.

Два механизма определяют образование частиц аэрозолей при упомянутых «взрывах»: 1) возникновение частиц как фрагментов покрывающей пузырьки пленки («пленочные капли» – ПК); 2) образование частиц при испарении капель, возникших при выбросах капель в атмосферу («струйные капли» – СК). Частицы первой из упомянутых категорий характеризуются экспоненциальной зависимостью от преобладающей скорости ветра. Образование ПК слабее зависит от скорости ветра, чем в случае СК. Наличие повышенной концентрации ПК при скорости ветра меньше 5 м/с свидетельствует о возможности существования иного механизма образования пузырьков воздуха, кроме ветрового, который функционирует наиболее интенсивно в условиях ясной погоды днем и при таянии льдов.

СК состоят главным образом из органических компонентов, но содержание их морского солевого компонента увеличивается при скорости ветра более 12 м/с, создавая большую часть как массы, так и счетной концентрации частиц аэрозолей. Мода СК состоит преимущественно из морских солей и вносит значительный вклад в суммарную массу частиц аэрозолей уже при скорости ветра > 5 м/с. Однако мелкодисперсные «струйные» аэрозоли содержат значительное (и изменчивое) количество органических соединений. В условиях обычного интервала скорости ветра (5–12 м/с) доминирующими в популяции ОЯК являются частицы, состоящие из соединений серы.

Механизм разрыва пузырьков зависит от величины относительной влажности, температуры воздушной среды и концентрации поверхностно-активных веществ (ПАВ) в пленке. Количество образующихся из пузырька частиц пропорционально величине перенасыщения и увеличивается с температурой окружающей среды. Присутствие ПАВ влияет на размер

пузырей, увеличивает интенсивность генерации частиц примерно в 3 раза, препятствует коалесценции образующихся частиц.

После генерации капель и их последующего высыхания возможно разбивание солевых кристаллов. В экспериментах по изучению устойчивости искусственных аэродисперсных систем наблюдалось раскалывание частиц хлористого натрия на более мелкие частицы при облучении ультрафиолетовым светом ртутной лампы, создании напряженности электростатического поля больше 500 В/см и нагреве частиц на 10–15 °С относительно воздуха (до 30–40 °С). Эффект отчетливо выявлялся при относительных влажностях меньше 30–35%, то есть в природных условиях реализуются условия, способствующие раскалыванию крупных ($d > 1,0$ – $2,0$ мкм) частиц.

Измеренные значения счетной концентрации облачных ядер конденсации (ОЯК) были меньше, чем можно было ожидать в случаях сульфатного или морского солевого состава и наблюдаемой микроstructures аэрозолей из-за подавления нуклеационной способности частиц органическими компонентами. Однако днем в условиях ясной погоды счетная концентрация ОЯК в большинстве случаев превосходит предсказанную [62].

Хотя химический состав образующихся частиц должен соответствовать составу растворенных в морской воде солей, в натурных экспериментах наблюдается обогащение содержания некоторых элементов. Очевидно, поднимающийся на морскую поверхность пузырек газа захватывает вещество поверхностного микрослоя, где коэффициент обогащения для ряда элементов больше 1. На поверхности частиц морских солевых аэрозолей (МСА) наблюдается образование органических пленок (состоящих главным образом из биогенных жирных кислот), наличие которых может существенно изменять химические, физические и оптические свойства МСА.

Масс-спектрометрические исследования частиц МСА показывают, что доминирующим компонентом органических пленок является пальмитиновая кислота, тогда как остальные жирные кислоты играют незначительную роль. Эти аэрозоли оказывают существенное влияние на химический состав приподнятого слоя атмосферы. Часть морских аэрозольных частиц образуется из органических веществ. В случае загрязнения морской поверхности нефтяной пленкой концентрация органических аэрозолей резко возрастает и может превалировать над концентрацией аэрозолей другого происхождения.

Морфологическая структура частиц соответствует структуре сульфатных частиц. Значительная доля более крупных частиц ($d > 0,2$ мкм) также имеет морфологическую структуру сульфатных частиц. Следовательно, в воздухе над морской поверхностью происходит интенсивная генерация аэрозольного вещества из газообразных сернистых соединений: SO_2 , H_2S , $(CH_3)_2S$. Однако газофазный процесс окисления этих соединений до SO_3 не объясняет имеющиеся экспериментальные данные по дисперсности сернокислотных и сульфатных морских аэрозолей, по крайней мере, не может объяснить наличие сульфатных частиц $d > 0,2$ мкм с $N > 2$ – 5 см⁻³. Наличие солнечного света может ускорить процессы конверсии сернистых соединений в сернистый ангидрид, но этого фактора недостаточно для объяснения наблюдающихся

функций распределения частиц по размерам. При газофазном образовании серного ангидрида, а в дальнейшем серной кислоты и сульфатов, концентрация частиц с $d < 0,1$ мкм должна быть значительно выше. Послойное определение химического состава таких частиц методом электронной спектроскопии показало, что ядра частиц часто содержат NaCl. Можно считать доказанным, что гетерофазное окисление сернистых соединений происходит в основном в каплях растворов морских солей. Например, реакция образования сульфата аммония в водной капле, содержащей абсорбированный аммиак, сернистый газ и ионы переходного металла, идет на два порядка быстрее реакции фотохимического окисления SO_2 и достигает значений 10% в час ($3 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$).

Продуктам гетерофазных реакций соответствуют сульфатные частицы в диапазоне размеров $d = 0,3\text{--}2$ мкм, а сульфатные частицы с $d < 0,1$ мкм являются продуктами газофазных реакций окисления. Возможен вариант окисления на кластерах, содержащих ион Na^+ или ионы других металлов. Прямое испарение от поверхностного слоя толщиной 150–200 мкм, нагреваемого солнечным излучением, ответственно за наличие в приповерхностном слое элементов с коэффициентами обогащения относительно морской воды порядка 10–100 и более. Среди этих элементов много тяжелых металлов, являющихся хорошими катализаторами и фотокатализаторами реакций окисления сернистых соединений. При насыщении воздуха парами воды с поверхности жидкости помимо одиночных молекул испаряются неравновесные нейтральные кластеры. Распадаясь до равновесного состояния: $(\text{H}_2\text{O})_{c+d+1} = \text{H} + (\text{H}_2\text{O})_c + \text{OH}(\text{H}_2\text{O})_d$, они образуют ионы. Влажный воздух над поверхностью воды содержит кластеры типа $(\text{H}_2\text{O})_n$ с размером $n = 10\text{--}30$ молекул.

Эксперименты по определению концентрации водных кластеров акустическим методом при относительных влажностях $S = 0,1\text{--}1,0$ и температуре 300 К показали для диапазона $S = 0,8\text{--}1,0$ относительное содержание молекул воды в кластерах 0,11–0,05. При среднеэффективном размере кластера $n = 15$ их концентрация достигает значений порядка 10^{12} см^{-3} . Следовательно, справедлива высказанная С. Фридлендером гипотеза роста аэрозольных частиц за счет осаждения на них молекулярных кластеров [62].

Повышенное содержание вторичных аэрозолей в экваториальных районах Атлантического океана согласуется с фотохимической газофазной версией их образования. Участие иона Na^+ в процессах окисления сернистого газа приводит к изменению отношения $[\text{Cl}]/[\text{Na}]$ в аэрозольных частицах: обеднению содержания $[\text{Cl}]$ в аэрозолях. Ион Cl^- идет на образование соляной кислоты в приводном слое атмосферы, а также нитрозила (NOCl). Изменение отношения $[\text{Cl}]/[\text{Na}]$ наблюдается лишь в частицах с $d < 2$ мкм: от 1,4–1,5 для $d = 2\text{--}0,4$ мкм до 1,2–1,3 для $d < 0,4$ мкм.

Сравнения измерений концентрации $[\text{Na}]$ и органического углерода в разных фракциях морских аэрозолей свидетельствует о том, что последний содержится в основном в частицах с $d \ll 0,5$ мкм, то есть органическое аэрозольное вещество образуется в результате газофазных реакций. Максимум содержания Na приходится на область размеров $d = 1,5\text{--}10$ мкм.

Средняя концентрация морских аэрозолей равна 30 мкг/м^3 , причем доля частиц с $d > 3,5$ мкм всего

12 мкг/м^3 , а $[\text{NaCl}] > 3,5 \text{ мкг/м}^3$ порядка 11% от всей массы морских аэрозолей. Больше 60% аэрозольной массы для $d > 2$ мкм приходится на сернистые соединения, 30% – на соединения, содержащие элементы H, C, N, O, и лишь 10% – на морскую соль (Cl, Na, Ca, K). Содержание сульфатов в морских аэрозолях существенно падает в высоких широтах, тогда как содержание Na наоборот возрастает. Для частиц с $d > 0,1$ мкм при $N = 50 \text{ см}^{-3}$ на долю солевых частиц приходится 10 см^{-3} .

Важную роль в химических реакциях, происходящих в морском пограничном слое атмосферы (МПСА), играет газообразный хлорид водорода (HCl), существующий в морском воздухе, о чем свидетельствуют результаты прямых измерений концентрации молекулярного хлора и гипохлористой кислоты (Cl_2 , HOCl). Эти компоненты являются фотолabile и при наличии инсоляции обуславливают образование свободного хлора (Cl), который быстро реагирует с любым летучим органическим соединением (VOC). Источником химически активного хлора могут быть и частицы морских аэрозолей. Лабораторные исследования и данные о захвате газообразной гипохлористой кислоты (HOI) на поверхности частиц NaCl, NaBr и морских солей могут быть использованы для оценок ожидаемого высвобождения атомов хлора частицами морских аэрозолей, возникающими в МПСА в результате реакций с участием соединений йода.

Существует теоретическая модель соответствующих процессов с учетом реакций, в которых участвует химически активный хлор, и двух механизмов активации. В качестве ограничителей результатов численного моделирования используются результаты полевых измерений концентрации радикалов окиси йода (IO) и нитрата (NO_3), позволяющие анализировать значимость механизмов реакций, регулируемых йодом и азотом. Расчеты показывают, что в результате происходящего в МПСА усвоения HOI и N_2O_5 может происходить значительное высвобождение атомов Cl частицами морских солевых аэрозолей. Доказательством функционирования подобного «управляемого» йодом механизма могут служить «вспышки» образования Cl при концентрации атомов хлора порядка нескольких тысяч в см^3 , происходящие после восхода Солнца. Численное моделирование [34, 39] предсказывает устойчивое образование Cl в дневное время при концентрации от сотен до тысяч в см^3 над обширными акваториями океанов. При определенных условиях доминирующую роль в образовании свободного хлора могут играть химические реакции с участием выбросов брома свежими морскими солями.

Наличие тяжелых металлов в аэрозольных частицах определяется в первую очередь переносом над океанами пылевых частиц континентального происхождения. Концентрации последних могут варьировать до 10^2 мкг/м^3 и более.

Образование сульфатных аэрозолей (nssSO_4^{2-}) над океаном определяется вкладами двух источников: 1) биогенными источниками газообразных соединений серы (главным образом диметилсульфида (DMCO)); 2) антропогенными источниками (преимущественно SO_2). Оба источника характеризуются сильной пространственно-временной изменчивостью. Биогенный вклад обычно оценивают по

концентрации метансульфоната (МС), который является одним из устойчивых продуктов осуществляемого гидроксидом ОН окисления ДМСО [61].

Наиболее существенным источником соединений серы в удаленной морской атмосфере является ДМСО, образующийся в океане под воздействием биологических процессов и выбрасываемый океаном в атмосферу, где происходит его газофазная трансформация в частицы облачных ядер конденсации (ОЯК). Численное моделирование свидетельствует о том, что около 30–50% ДМСО преобразуется в SO_2 , причем главным стоком для сернистого газа служит его обусловленное озоном окисление в «аэрозольной» воде. Несолевые сульфаты содержались, главным образом, в супермикронных солевых частицах, составляя $35 \pm 10\%$ летом и $58 \pm 22\%$ зимой.

Анализ проб, взятых в Мэйс Хэд, на западном побережье Ирландии, показал, что 30% несолевого сульфата летом возникает за счет газофазной трансформации выбрасываемого океаном диметилсульфида. Изотопный состав сульфатных аэрозолей, осажденных в трех удаленных (фоновых) районах Уэльса и в Мэйс Хэд, отображает наличие максимальных значений ДМСО для несолевых сульфатов, достигающих в летние месяцы 11,9‰ (аэрозоли) и 9,7‰ (осадки).

Летний максимум концентрации аэрозольного метансульфоната составляет 3–4 нмоль/м³. В предположении, что пробы содержали серу, образовавшуюся за счет антропогенных (на суше) источников, морских солей и морских биогенных источников (окисление ДМСО), получены оценки вклада аэрозолей ДМСО в суммарные сульфатные аэрозоли: биогенный вклад оказался меньше 10%, а в пробах из морских воздушных масс он достигал 40%.

Множественный регрессионный анализ соотношений между концентрациями метансульфоната (МС) и, с другой стороны, $(\text{SO}_4)^{2-}$ и (или) $(\text{NO}_3)^-$, характеризующими антропогенные источники аэрозолей, по данным двухлетних наблюдений на Бермудах и Барбадосе, показал устойчивые «морские» значения $\text{SO}_4^{2-}/\text{МС}$ (соответственно, $19,6 \pm 2,1$ и $18,8 \pm 2,2$). Они согласуются с наблюдавшимися в Американском Самоа в тропиках Тихого океана ($18,1 \pm 0,9$). Для Мэйс Хэд рассматриваемое отношение равняется $3,01 \pm 0,53$ (по-видимому, не исключена возможность его повышения зимой).

Полевые эксперименты по изучению физических, химических и нуклеационных свойств атмосферных аэрозолей (АСЕ) над юго-западным сектором Тихого океана (к югу от Австралии) проводились с осени 1995 г. [83].

Доминирующим компонентом аэрозолей в рассматриваемом регионе являются морские солевые аэрозоли (это относится к 90% частиц диаметром более 130 нм и до 70% частиц диаметром более 80 нм). В 50% частиц аэрозолей диаметром более 160 нм обнаружены связанные с морской солью органические компоненты.

Самолетные измерения (самолет-лаборатория DC-8) концентрации в атмосфере растворимых в воде ионов, входящих в состав атмосферных аэрозолей, над Тихим океаном в южном полушарии дали неожиданно низкие значения всех ионных компонентов в свободной тропосфере (2–12 км) несмотря на воздействие шлейфов продуктов сжигания биомассы, поступающих с запада.

Уменьшение отношения массовой концентрации NH_4^+ к плотности воздуха с ростом высоты свидетельствует о том, что выбросы NH_3 океаном представляют собой значительный источник NH_3 , расположенный далеко от континентов. В работе [69] рассмотрены процессы начальной нуклеации NH_3 , H_2SO_4 , H_2O . А.С. Векслер и С.Л. Клетт численно промоделировали образование аэрозолей в газовой системе, содержащей H^+ , NH_4^+ , Na^+ , $(\text{SO}_4)^{2-}$, $(\text{NO}_3)^-$, Cl^- , Br^- и H_2O [108]. Экспериментально обнаружено, что включения в пылевые частицы гематита и кварца способствуют повышению влажности и образованию азотной и серной кислот [68].

Результаты наблюдений на высотах меньше 2 км подтверждают наземные и судовые данные о широтном распределении молярного отношения метилсульфонат/сульфаты $\text{МС}/\text{nss}(\text{SO}_4)^{2-}$, не являющегося продуктом морских солей, которое возрастает от значений меньше 0,05 в тропиках до почти 0,6 вблизи 70° ю. ш. Большие значения этого отношения (0,2–0,5) обнаружены и на высоте около 10 км над внетропической зоной конвергенции, располагающейся вблизи 10° с. ш. По-видимому, высокие значения отношения $\text{МС}/\text{nss}(\text{SO}_4)^{2-}$ в тропической верхней тропосфере обусловлены влажно-конвективной «накачкой» диметилсульфида из морского пограничного слоя. Это осложняет интерпретацию найденных значений этого отношения с целью локализации района выбросов биогенных соединений серы, претерпевших дальний перенос.

Антропогенные воздействия на атмосферу и свойства аэрозолей заметно проявляются даже в удаленном океанском регионе. На высотах более 3 км регистрировались слои, которые содержали продукты сжигания биомассы. Около 11–46% частиц сульфатных аэрозолей диаметром более 100 нм содержали сажу, источником которой было сжигание биомассы в Южной Африке. Наблюдалось фотохимическое образование новых частиц из серной кислоты на участках «выбросов» из облаков.

Анализ импакторных проб атмосферных аэрозолей на мысе Грим острова Тасмания показал, что если морской солевой компонент аэрозолей характеризуется лишь слабым годовым ходом, то для несолевых (nss) ионов типично наличие отчетливого максимума концентрации летом. Существует значительная межгодовая изменчивость. Как мелко-, так и крупнодисперсная фракции аэрозолей характеризуются присутствием nss-сульфата и ионов MS^{-1} . Зимой содержание nss-сульфата в крупнодисперсной фракции более значительно, чем в мелкодисперсной фракции, из-за процессов окисления в жидких каплях облаков и дымки при образовании nss-сульфатных аэрозолей.

Летом доминирует роль окисления ДМСО, тогда как в течение остальной части года значительный вклад в образование nss-сульфатных аэрозолей вносят небιοгенные источники серы. Корреляционные связи между концентрациями ядер конденсации (condensation nuclei, CN) и облачных ядер конденсации (cloud condensation nuclei, CCN) с концентрациями nss-сульфата, MS^{-1} и со скоростью ветра свидетельствуют, что обусловленные ДМСО процессы окисления и образование морских брызг вносят существенные вклады в формирование CN и CCN (соответственно значения счетной концентрации равны 100–500 и 30–50 см⁻³). Роль биогенных выбросов

ДМСО как предшественника CCN в то время года, когда существует интенсивная биопродуктивность океана, – ключевая. Глобальные выбросы ДМСО фитопланктоном океана достигают 12–54 Тг/год, составляя 10–40% суммарных выбросов газообразной серы в атмосферу [83].

Все происходящее с учетом радикалов OH и окисления NO_3 приводит к образованию серосодержащих компонентов: сернистого газа и метаносульфоновой и серной кислот. Температурные зависимости взаимодействий между химическими реакциями в газообразной и жидкой фазах могут быть объяснены влиянием температурной зависимости отношения $MC/(nssSO_4^{2-})$. Объяснение наблюдаемого широтного хода возможно лишь при учете многофазных реакций в тропосфере, причем следует учесть сток SO_2 , захват частицами солевых аэрозолей и их последующее осаждение, что приводит к повышению скорости превращения SO_2 в сульфатные аэрозоли.

Счетная концентрация облачных ядер конденсации (ОЯК) в удаленных морских районах очень стабильна и требует, чтобы частицы имели диаметр не менее 60 нм. По-видимому, лишь небольшое число частиц газофазного происхождения может достичь таких размеров за время их жизни в пограничном слое атмосферы. Частицы сульфатных аэрозолей (СА), функционируя как облачные ядра конденсации, изменяют микроструктуру и оптические свойства (прежде всего альбедо) облаков. Совокупное прямое и косвенное воздействие СА приводит к снижению суммарной радиации на 1–2 Вт/м² и более, что частично компенсирует «парниковый» эффект.

3.3. Вулканические аэрозоли

Аэрозоли и газы тектонического происхождения, возникающие в результате напряжений в земной коре, наиболее быстро и заметно меняющие условия существования земной биосферы (вулканические извержения, эмиссия через кору). В частности, в последние годы развиваются идеи о значительно более важной роли, чем общепринято, процессов дегазации ядра Земли в ряде геофизических и метеорологических явлений [53]: наличие на Земле постоянных бароцентров, аномальные атмосферные явления, корреляционно связанные с геофизическими [32, 43].

Особый интерес для человечества представляют глобальные катастрофические явления, связанные с солнечным влиянием на Землю, физические механизмы которых далеко не всегда ясны. В частности, недостаточно исследованы процессы гравитационного и, возможно, электрического взаимодействия Солнца и Луны с внутренней частью Земли. По массе, а следовательно, по энергетике их важность очевидна. Источники напряжений в земной коре разделяют на: 1) эндогенные, то есть внутренние процессы, происходящие не только в земной коре, но также и в мантии Земли, генерирующие глобальное поле напряжений Земли и тектонические движения в земной коре; 2) экзогенные факторы формирования глобального поля напряжений и 3) космические, например, ротационные силы Земли или силы, возникающие при быстром, практически скачкообразном изменении скорости вращения планеты, а также приливные воздействия Луны и Солнца, которые имеют регулярный характер и управляются гравитационными силами. Эти возмущения индуцируют дополнитель-

ный гравитационный потенциал, возникающий от соответствующих деформаций. Например, для возникновения землетрясений существенным моментом является иерархия трещин (трещины формируются из слияния более мелких).

Внутрисуточные вариации в скорости вращения Земли, проявляющиеся в торможении или ускорении вращения, приводят к появлению дополнительных напряжений на границах плит, которые стимулируют собственные колебания с амплитудами, не равными нулю в месте приложения напряжения. Периоды этих собственных колебаний зависят от граничных условий [100]. Если граничное напряжение приводит к аккумуляции энергии, собственные частоты колебаний увеличиваются в соответствии с фундаментальным вариационным принципом для собственных чисел упругого тела. Упругая плита не изолирована: ее твердый край контактирует с соседней плитой (или плитами) на зонах, малых в сравнении с размерами плиты. Смещение плит, возникающее в результате конвекции в мантии и из-за изменения скорости вращения Земли [9, 15, 49], создает локальное напряжение, которое может привести к аккумуляции упругой энергии. Далее возможны два сценария развития событий. Эволюционный, когда дополнительная энергия рассеивается через механизм трещинообразования, что отражается в составе и структуре аэрозолей, наблюдаемых в ближней зоне, а также в характеристиках акустической эмиссии. Катастрофический, когда разрядка напряжения происходит скачком при достижении определенного уровня напряжения, либо под влиянием каких-либо «спусковых механизмов», в частности при воздействиях космической природы [36]. Важную роль в тектонических процессах в земной коре играет наличие пустот, заполняемых водой [49, 59], и разломов [7], которые способствуют периодическим извержениям на поверхность внутрикорового и более глубинного материала Земли [50].

Вулканы выбрасывают в атмосферу колоссальное количество дыма и вулканического пепла и являются мощными источниками пылевой материи. Их вулканическая деятельность поддерживается за счет внутренней энергии Земли. Поток тепла наружу составляет в среднем 0,06 Вт · см⁻², что соответствует мощности тепловыделения по всей Земле, равной $3,2 \cdot 10^{10}$ кВт. 3% энергии, идущей из недр Земли, выделяется при извержениях вулканов. Примерно 800–900 вулканов считаются активными. Примерно 20–30 вулканов ежегодно извергается, эмитируя в атмосферу, по разным оценкам, от 10^7 до $3 \cdot 10^9$ тонн пепла. В результате наиболее мощных извержений в атмосферу Земли выбрасывалось: Тамбора, Индонезия, 1815 г., – 175 км³ пепла; Кракатау, Зондский пролив, 1883 г., – 20 км³ пепла; Санта-Мария, Гватемала, 1902 г., – 10 км³ твердого вещества; Катмаи, 1912 г., – 21 км³, Сьерра-Асуль, Чили, 1932 г., – 20 км³; Эль-Чичон, Мексика, 1982 г., – 0,5 км³ пепла.

Причиной вулканических извержений является высокое давление растворенных в магме газов, вызывающее их резкое расширение в зонах пониженного давления в земной коре: местах раздела отдельных плит, плавающих на магме, трещинах в земной коре, местах пониженной толщины твердого поверхностного слоя коры. Движение газа носит взрывной характер и увлекает за собой магму и твердый мате-

риал земной коры, выбрасывая все это в виде пепла, пыли и камней. После извержения магма под действием внутреннего давления вытекает наружу через образовавшееся отверстие в земной коре и при увеличении вязкости замедляет свое движение. Вулкан будет бездействовать до тех пор, пока не появится возможность выхода наружу для газов, скопившихся в магме [38, 40, 46].

Определенной цикличности в извержениях вулканов не наблюдается. Обнаружено запаздывание извержений после мощных цунами на 3–4 года и их связь с изменениями скорости вращения Земли. Наблюдаются цепочки последовательных извержений с временными промежутками, характерными для каскадных процессов (4 : 2 : 1). Главным фактором этих процессов очевидно является вода, возможно, попадающая при цунами в слой Мохоровичича. Можно предполагать, что существуют определенные каналы передачи возмущений, по которым движется фактор будущего извержения [26].

Мощные вулканические извержения эруптивного типа вносят существенный вклад в изменчивость оптических характеристик атмосферы [82]. Выброшенный в стратосферу вулканический материал по актинометрическим наблюдениям существует в ней более года. Примечательно, что газо-пепловое облако поднимается на огромную высоту (Кракатау – до 60 км, Эль-Чичон – до 37 км) и оседает через очень продолжительное время. Облако вулкана Кракатау осело через три года, а облако Эль-Чичона наблюдалось в Италии и Японии через полгода и вызвало понижение температуры в северном полушарии на $0,5^\circ$ в течение трех лет. Для климатически значимых извержений эруптивного типа можно полагать в среднем, что вулканические частицы вместе с газами вулканического происхождения поднимаются в атмосферу на высоту более 20 км и самые мелкие частицы могут существовать в стратосфере на протяжении нескольких лет [94]. Первичные пылевые частицы опускаются до тропосферы за несколько месяцев в зависимости от размеров частиц и высоты их выброса. Практически наблюдается более длительная замутненность стратосферы, которая обусловлена длительными процессами образования аэрозольных частиц очень малых размеров из газовой фазы вулканического материала (сернистый газ, карбонилсульфид, водяной пар, хлориды, окислы азота). Сернистый газ и карбонилсульфид, выбрасываемые в стратосферу ($\sim 10^7$ т/год), вступают в химические и фотохимические реакции с газовыми и аэрозольными компонентами атмосферы, в результате чего образуются серноокислотные и сульфатные аэрозольные частицы [9, 12].

Другой причиной длительного существования аэрозольного материала в высоких слоях атмосферы являются последовательные извержения одного или нескольких вулканов после первого извержения. Наиболее сильными извержениями современности были извержения вулканов Эль-Чичон (03.1982) и Пинатубо (06.1991) с разницей во времени 9 лет. Лидарные измерения в Западной Европе коэффициентов обратного рассеяния ($\text{м}^{-1} \cdot \text{стерадиан}^{-1}$) на длине волны 694 нм показали резкое увеличение аэрозольной компоненты в периоды этих извержений длительностью по три года (рис. 3) [26]. Детальный анализ вариаций значений интегрального коэффициента обратного

аэрозольного рассеяния во время этих извержений показывает, что при этом наблюдалась высокая всплывающая и геомагнитная активность (геомагнитный индекс $\text{Dst} > 100$), а главное – первому извержению предшествовало сильное извержение вулкана Сент-Хеленс (05.1980), а второе сопровождалось мощным извержением вулкана Худсон (08.1991) (рис. 3).

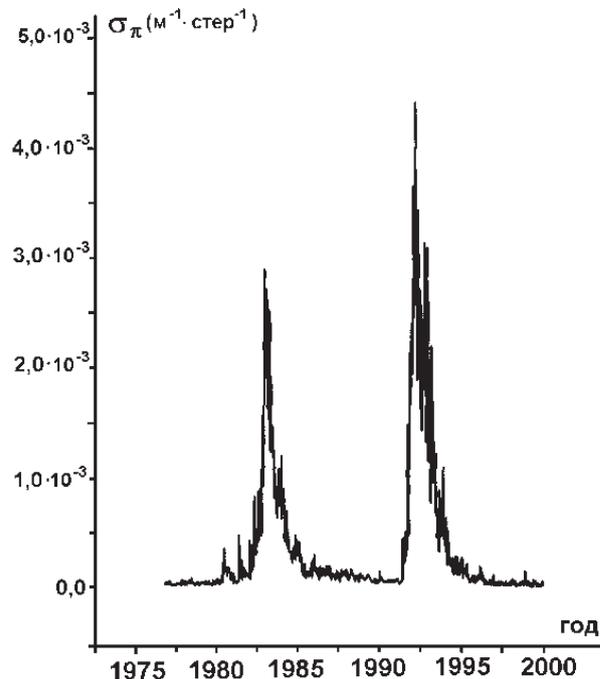


Рис. 3. Коэффициенты интегрального обратного аэрозольного рассеяния ($\text{м}^{-1} \cdot \text{стерадиан}^{-1}$) во время вулканических извержений Эль-Чичон и Пинатубо [26]

Анализ химического состава дыма и пылевой материи вулканов показывает преимущественное содержание в них соединений кремния $60 \div 80\%$, сульфатов $10 \div 30\%$, кальцитов $3 \div 10\%$, соединений алюминия $0 \div 20\%$, железа $1 \div 10\%$.

Вулканические извержения являются значительным источником многих малых газовых компонентов (МГК) и аэрозолей, причем механизмы образования аэрозолей как вторичного продукта газофазных и гетерогенных реакций весьма разнообразны [69].

Наблюдения вблизи береговой линии, около вулкана Килауэа (Гавайские о-ва), обнаружили в вулканическом аэрозольном шлейфе малые газовые компоненты (МГК), образующиеся при взаимодействии воды и поступающей в океан вулканической лавы [97]. Анализ нормированных по отношению к составу гавайского базальта значений концентрации МГК шлейфа выявил наличие линейной связи в двойной логарифмической шкале между концентрацией и коэффициентом выбросов (как индикаторов летучести). Нормированные значения концентрации аэрозолей коррелируют с соответствующими значениями для растворенного фумарольного газа от вулкана Килауэа, а также для фумарольных конденсатов, поступающих от вулканов Кудрявый и Мерапи (несмотря на различие механизмов трансформации элементов в газовую фазу). Приближенные оценки региональной скорости осаждения на поверхности океана Cu, Cd, Ni, Pb, Mn, Zn, Fe и P привели к значениям, превосходящим фоновые скорости более чем

в 50 раз. Таким образом, аэрозоли из вулканов могут быть важными источниками как токсикантов, так и биогенов для окружающего их океана.

Длительное и сильное загрязнение атмосферы наблюдается в результате выброса газовых серосодержащих соединений (сернистого газа, карбонилсульфида), которые трансформируются в серную кислоту и сульфаты в нижней стратосфере. Например, в результате происшедшего 14–16 июня 1991 г. взрывного извержения вулкана Пинатубо на Филиппинах в стратосферу (на высоту до 30 км) было выброшено 14–26 мегатонн газообразного SO_2 [69, 85]. При постоянной времени около 35 суток произошло превращение SO_2 в сернокислотный аэрозоль $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$, масса которого достигла примерно 30 Мт. Основная часть вулканического облака перемещалась на запад и через 3 недели после извержения полностью опоясала земной шар. В течение примерно двух недель облако пересекло экватор и достигло $\sim 10^\circ$ ю. ш. В период первых 1–2 месяцев основная масса аэрозольного облака была сосредоточена в полосе широт 20° ю. ш.– 30° с. ш. и, таким образом, сформировала тропический резервуар аэрозольного вещества, оказавшийся под сильным воздействием квазидвухлетних колебаний (КДК). Этот резервуар оказывается устойчивым или нестабильным в зависимости от фазы (восточной или западной) КДК (извержение произошло во время восточной фазы, и поэтому тропический максимум слоя эруптивных аэрозолей был устойчивым; только через 3–4 месяца аэрозоли стали распространяться в средние широты южного полушария). На высотах менее 20 км происходило сравнительно быстрое перемещение аэрозолей в средние и высокие широты северного полушария. Через разрывы в тропопаузе и посредством гравитационного осаждения осуществлялось поступление аэрозолей из стратосферы в тропосферу. Глобальная масса сульфатных вулканических аэрозолей достигла максимума в октябре 1991 г., а затем уменьшалась в e -раз примерно за 1 год [94].

Численное моделирование достоверно воспроизводит формирование тропического резервуара аэрозолей в полосе широт 20° ю. ш.– 30° с. ш. через несколько месяцев после извержения и согласуется с характеристиками распространения аэрозолей, полученными по данным спутника SAGE-II. Результаты расчетов скорости однородной нуклеации ледяных частиц из аэрозолей $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$ (число замерзающих частиц аэрозолей/ $\text{см}^3 \cdot \text{с}$) в нижней стратосфере и верхней тропосфере сопоставимы с данными для выбросов природных и антропогенных сульфатных аэрозолей вблизи земной поверхности [88, 89].

Высокая скорость нуклеации характерна (в случае вулканических аэрозолей) для слоя вблизи экваториальной тропопаузы и вообще вдоль тропопаузы (на «дне» главного вулканического аэрозольного слоя) в течение первого года после извержения. В случае эруптивных аэрозолей скорость нуклеации гораздо больше, чем для сульфатных аэрозолей от наземных источников, но в течение второго года после извержения скорости нуклеации становятся сравнимыми. Эти вулканические аэрозоли могут оказывать заметное воздействие (посредством однородной нуклеации) на условия образования перистых облаков и их глобальную эволюцию. Наблюдается статистически значимая связь между вулканической активностью и климатическими характеристиками.

Измерения аэрозолей приземного слоя атмосферы проводились в 1974–1981 гг. аэрозольной лабораторией НИИФ СПбГУ вблизи действующих вулканов Камчатки (Толбачик, Ключевской, Горелый, Карымский, Мутновский), а в 1994–1995 гг. – в Мексике. Распределение частиц по размерам с $r \geq 0,2$ мкм определялось с помощью фотоэлектрического счетчика АЗ-5М, а для $r \leq 0,5$ мкм – с помощью электронно-микроскопического анализа импакторных и фильтровых аэрозольных проб [18, 19, 21].

Эти измерения химического и элементного состава аэрозолей вулканического происхождения свидетельствуют о сходных процессах их образования и дальнейшей эволюции: эмиссия продуктов истирания стенок кратера и частиц измельченной лавы, а также паров водяного пара, сернистого газа, соляной кислоты, легко испаряющихся металлов, которые в дальнейшем вступают в различные химические реакции и конденсируются. Состав дыма и пылевой материи для различных вулканов показывает преимущественное содержание соединений кремния (60–80%), сульфатов (30–10%), кальцитов (3–10%), соединений алюминия (0–20%), железа (1–10%). Более детальное рассмотрение результатов химического и элементного анализа свидетельствует о существенных различиях в составе вулканического материала.

Для мощных вулканических извержений характерно изменение химического состава аэрозольных частиц с ростом высоты. Наблюдается сильное обогащение умеренно летучих элементов типа: мышьяк, селен, свинец, кадмий, цинк в мелких частицах, и элементов, характерных для магмы: кремний, кальций, скандий, титан, железо, цинк, торий, содержащихся в более крупных частицах. Это объясняется тем, что источником вещества верхней границы шлейфа являются не частицы разрушенной вершины вулкана, а горячие выбросы магмы. Отмечаются изменения химического и элементного состава вулканического вещества в разные периоды извержения. При анализе изменчивости элементного состава аэрозолей используется нормировка содержания элементов в нем по эталонному материалу – элементному составу магмы, изверженной лавы, пеплу различных пород. Наибольшим постоянством содержания в продуктах извержения отличается двуокись кремния. Характерны следующие данные по содержанию двуокиси кремния в лавах вулканов разного типа: базальто-толеитовые (вулкан Килауэа) 47–52%, андезитные (вулкан Фуэго) 48–54%, фонолитово-тефритовые 50–55%, дацитовые (вулкан Сент-Хеленс) 65–70%, риолитовые (вулкан Аския) 68%.

Значительно выше кларковых значений содержание Al, особенно в лавах дунитовой породы, а Ca и Mg – в сиенитах, в которых наблюдаются заметные потери Fe, Na, K, Ti, Mn, Ni и P. Еще более значительны вариации содержания элементов в пеплах. Например, элементный анализ пепла при извержении вулкана Попокатепетль (21.12.94–28.01.95) показал, что пепел сильно обогащен по сравнению с земной корой такими легко возгоняемыми элементами, как S, Br, Pb, Hg, Zn, Cu, фактор обогащения $FE(x) = [x]_a/[x]$ которых превосходит 10 и изменяется в зависимости от времени выброса пепла.

Принято нормировку содержания элементов проводить по элементному составу земной коры с использованием кремния в качестве референтного элемента

[33]. Ошибка для большинства элементов не превышает 20–30%. Единая методика для выявления пространственно-временной изменчивости элементного

состава вулканических аэрозолей (значения факторов обогащения) была применена для извержений вулканов Августин и Попокатепетль (табл. 2) [37, 75].

Табл. 2

Коэффициенты обогащения $FE(x)$ по Si для различных элементов в аэрозольных пробах при извержении вулкана Попокатепетль [75]

Элемент	Дата						
	29.12.94	06.01.95	14.01.95	21.01.95	27.01.95	27–28.01.95	28.01.95
Fe	0,24	0,228	0,72	0,36	0,40	0,40	0,32
Al	1,04	1,20	1,64	1,36	1,12	1,24	1,60
Ca	0,48	0,52	0,84	0,68	0,68	0,72	0,72
S	1,92	340	432	364	180	92	436
P	≤ 4,0	≤ 7,0	21,0	≤ 7,0	≤ 4,0	≤ 6,0	6,8
Cl	28,8	44	144	100	26,4	52	68
K	0,16	0,20	0,20	0,12	0,32	0,28	0,28
Ti	0,36	0,24	0,48	0,52	0,48	0,48	0,44
Cr	0,72	0,44	3,00	2,16	0,60	1,24	0,76
Mn	0,12	0,22	0,60	0,15	0,27	0,32	0,24
Ni	0,37	0,33	2,24	0,80	0,56	0,92	0,80
Cu	8,4	2,08	18,0	3,16	0,96	1,36	2,40
Zn	1,12	0,64	7,2	2,32	1,56	2,64	2,44
Ga	0,23	0,19	2,44	1,56	0,52	≤ 0,44	1,20
S	13,6	18,0	104	28	6,4	1,8	44
Br	10,4	12,4	48	19,8	22,4	12,8	9,2
Rb	0,18	0,22	2,16	1,32	0,48	0,64	1,08
Sr	0,40	0,40	0,44	0,92	0,56	0,68	0,44
Y	≤ 0,54	1,08	≤ 296	3,44	≤ 0,72	≤ 1,20	3,52
Zn	≤ 0,34	0,27	1,52	0,72	0,72	0,72	0,52
Hg	≤ 180	≤ 260	≤ 740	≤ 360	≤ 180	≤ 240	≤ 330
Pb	5,2	7,6	36	13,6	7,2	12,8	11,6

Наблюдается изменение отношения концентраций элементов в зависимости от высоты. Для Na, K, Mn, Ba, S, V, Sc, Hf, Yb, As, Eu, W, Se, Au – увеличение фактора обогащения с ростом высоты, а для Cl, Pb, Br, Cd – уменьшение. Это свидетельствует о более быстром аэрозолеобразовании и конденсационном росте частиц из соединений, содержащих Cl, Pb, Br и Cd, чем из соединений, содержащих другие элементы. Для временной изменчивости факторов обогащения обнаружено относительное постоянство для Al, K, Ba, Cl, Th, Sm.

Для элементов Fe, Ca, Mg, V, Cr, La, Co, Sc заметно превышение фактора обогащения только в первый день, а для элементов Ti, Mn, W, Cd, Zn, Cu, Pb, Au – регулярное уменьшение фактора обогащения, причем у Zn, Cu, Cd, Pb это уменьшение более чем на порядок величины. Сходно поведение также элементов As, Sb, Se, Br, у которых наиболее высокое значение фактора обогащения в первый день, резкое уменьшение (на порядок) во второй день, а затем регулярное уменьшение, причем у Br на третий день FE уменьшается еще в 15 раз. Самая высокая интенсивность эмиссии вулканического вещества у вулкана Августин в атмосферу наблюдалась 2 февраля 1976 г. При этом факторы обогащения увеличились

у элементов Na, Pb, Hg, Ca, их заметное уменьшение наблюдалось у S, Mg, Cs, Rb, Cr, Co, имеющих $FE < 1$, и Cu, Ba, Sr, V, имеющих $FE > 1$. Особый случай представляет элемент S, у которого со 2 по 4 февраля $FE < 1$ и возрастает к 21 февраля до 49.

В данных, полученных при извержении Попокатепетля, для значительной части террогенных элементов (Fe, Al, Ca, K, Ti, Cr, Mn, Ga, Zr) наблюдаются очень низкие значения FE . Для большинства элементов отмечается увеличение фактора обогащения вплоть до 14 января 1995 г. с последующим уменьшением FE , соответствующим сильному ослаблению интенсивности извержения. Для серы фактор обогащения с начала измерений был достаточно высоким $FE = 200$, а к 28 января достиг значений 440–600. Наблюдалась сильная зависимость факторов обогащения для отдельных элементов от метеорологических условий: для S увеличение FE отмечалось в ночные и утренние часы, а для Cu, Br, Se – в дневные.

Большие массивы данных по счетной концентрации частиц ΔN ($r \geq 0,2$), подтверждающие вышеприведенные выводы, были получены при различных метеорологических условиях и интенсивностях эмиссии вулканического вещества вблизи вулканов Колима, Парикутин и Попокатепетль [23–25]. Во время

извержения вулкана Попокатепетль (21 декабря 1994–28 января 1995) выполнялись измерения аэрозолей с борта самолета с помощью фотоэлектрического счетчика АЗ-5М и исследовались пепловые выпадения [63].

3.4. Аэрозоли in situ – вторичные аэрозоли

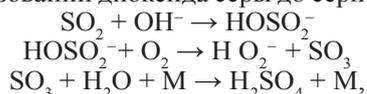
Фотохимические и химические реакции в атмосфере ответственны за появление мелкодисперсной фракции наночастиц, так называемых вторичных аэрозолей [87]. Они образуются не только из продуктов органических соединений, но также из сернистого газа, сероводорода, карбонилсульфида, диметилсульфида, аммиака, окислов азота и некоторых других газов с окислителями типа озона и различных радикалов, а также с водяным паром и аэрозольными частицами, играющими в основном роль катализаторов.

Источниками сернистого газа являются также промышленные предприятия – 10^8 т/год, анаэробные бактерии, источником сероводорода – в основном растительность и продукты разложения организмов в почве и воде. Количество выделяемого в атмосферу сероводорода порядка 10^8 т/год. В пересчете на все источники получим для $(\text{SO}_4)^{-2}$ приблизительно $4 \cdot 10^8$ т/год. Мощности источников других сернистых соединений на порядок ниже.

Оценки мощности источников окислов азота и аммиака дают величину порядка $4 \cdot 10^7$ т/год. При этом лишь часть этих газов ($\sim 10 \div 25\%$) образует аэрозольные частицы. В связи с переходом на сжигание газов вместо угля промышленное производство сернистого газа и окислов азота заметно увеличилось. Большая часть этих газов окисляется до ангидридов кислот и растворяется в облачных каплях. Предложено три основных механизма образования аэрозольных частиц из газов в атмосфере [83].

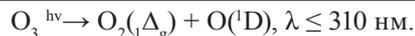
1. Фотохимическое окисление, гетерогенные реакции. Процесс происходит в засушливых районах и в высоких слоях тропосферы. Скорость конверсии составляет 0,03% SO_2 , окисляемого за 1 час в чистом воздухе фотохимическим путем. Методология расчета концентрации предшественников аэрозолей, таких как OH^- , H_2SO_4 и HNO_3 , основанная на данных прямых измерений газов, метеорологических величин и УФ-радиации, дает результаты, сравнимые с наблюдаемыми концентрациями наночастиц, что позволяет оценить вклад тернарной (трехкомпонентной) нуклеации системы $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ в общий баланс образующихся из газовой фазы частиц, который не превышает 50%.

В результате анализа реакций с участием SO_2 наиболее оптимальной представляется следующая цепочка преобразований диоксида серы до серной кислоты:



то есть газофазное преобразование диоксида серы происходит в основном в ходе реакций с различными радикалами.

Именно концентрация радикалов, в частности низкая концентрация гидроксильного радикала, ограничивает интенсивность процесса образования летучих аэрозолеобразующих соединений (ПАОС). Основным путем образования радикалов OH является реакция молекул воды с метастабильным кислородом $\text{O}(^1\text{D})$, главный источник которого в тропосфере – продукты фотолиза озона:



Стационарные концентрации метастабильного кислорода и гидроксильного радикала рассчитываются по формулам, предложенным В.А. Исидоровым [35]. Рассчитанные таким образом концентрации $\text{O}(^1\text{D})$, OH^- , H_2SO_4 и HNO_3 находятся в пределах концентраций наблюдаемых в атмосфере и сопоставимы с данными, полученными экспериментальным путем в натуральных экспериментах.

Скорость образования наночастиц с $d_p \leq 10$ нм при гетеромолекулярной гомогенной нуклеации в атмосфере дает величину порядка $J_{10 \text{ нм}} \sim 0,4\text{--}0,5 \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$. Бинарная нуклеация H_2O и H_2SO_4 не может обеспечить образование наночастиц в том количестве, которое реально наблюдается, по крайней мере, в приземном слое атмосферы [2].

Что касается азотной кислоты, то она скорее участвует в процессах гетерогенной конденсации наряду с некоторыми летучими органическими соединениями, чем в гомогенной нуклеации. Для достижения значимых скоростей нуклеации при различных вариантах бинарной и тернарной гомогенной нуклеации с участием азотной кислоты ее концентрации должны быть не менее $\sim 10^{16}\text{--}10^{18} \text{ см}^{-3}$. В условиях реальной земной атмосферы это невозможно.

Анализ скоростей тернарной нуклеации системы $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ на основании экспериментальных данных концентраций газов-предшественников позволяет восстановить суточную динамику стационарной концентрации стабильных зародышей с учетом стока образовавшихся кластеров на аэрозольные частицы. При этом используются критерии безразмерного потока критических зародышей (кластеров) и безразмерной поверхности аэрозольных частиц, присутствующих в атмосфере.

Интегрирование по времени концентрации тернарных кластеров и наночастиц $d_p < 10$ нм дает возможность получить количество частиц и стабильных зародышей, образующихся в течение дня, и вклад тернарной нуклеации неорганических ПАОС в образование аэрозолей in situ.

Образование аэрозольных частиц при коротковолновом облучении происходит в присутствии NO_2 . Оценки содержания NO_x в верхней тропосфере показали, что от 20 до 60% потерь NO_x обусловлено гетерогенным гидролизом N_2O_5 , причем эффективность этого процесса зависит от фазового состояния аэрозолей. Жидкие аэрозольные частицы порождают более интенсивный гидролиз, чем твердые.

2. Каталитическое окисление в присутствии тяжелых металлов. Скорость реакции в большой степени зависит от присутствия подходящих катализаторов (ионов тяжелых металлов) и может быть в загрязненном воздухе достаточно высокой. При определенных значениях pH этот процесс прекращается. Реакция проходит как в сухом воздухе, так и в облачных каплях.

3. Реакция аммония с двуокисью серы в присутствии жидкой воды (реакция облачных капель). Скорость образования сульфатных частиц в реакции между SO_2 и NH_3 зависит от поступления NH_3 . Если значение pH поддерживается высоким вследствие поступления NH_3 , то реакция может продолжаться. Механизм образования сульфата аммония эффективен только в присутствии жидкой воды, то есть в районах, где существуют облака и туманы. Расчеты по моделям показывают, что скорость окисления в

облачных каплях равна 12% в 1 час. Измерения частиц $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ с самолетов показывают, что максимальная концентрация сульфатных частиц часто наблюдается под нижней границей облака. Частицы сульфата аммония могут оставаться взвешенными в воздухе после испарения капель облаков и туманов. Начальные ядра сульфата аммония имеют радиусы порядка 30 нм и переходят в капли размером 1 мкм.

Кроме серной и азотной кислот и их солей в атмосфере может образовываться также соляная кислота и ее соли. Их образование происходит в результате освобождения хлора с поверхности моря в газообразной фазе.

Для суточного хода общей счетной концентрации микродисперсных аэрозолей характерным является наличие явно выраженного ночного минимума. При этом дневной максимум размыт, что может быть результатом либо усиления вертикального перемешивания воздуха в дневное время суток, либо примерным равновесием интенсивности процессов генерации и стока микродисперсной фракции аэрозолей в этот период. Переход от ночного минимума к дневному максимуму в утренние часы происходит весьма быстро.

Среднемесячный суточный ход концентрации частиц Айткена ($0,01 < d < 0,08$ мкм) подобен поведению общей концентрации микродисперсной фракции, так как они составляют основную часть в счетном распределении размеров от 0,003 до 0,2 мкм. Главным источником поступления аэрозолей в диапазоне размеров частиц Айткена являются частицы нуклеационной моды, интенсивно растущие после образования, в первую очередь, за счет гетерогенной конденсации паров аэрозолеобразующих соединений.

Максимум в суточном ходе концентрации аэрозолей фракции $0,08 < d < 0,2$ мкм приходится на темное время суток, когда нуклеационные (конденсационные) механизмы не играют заметной роли, а главными становятся коагуляционные процессы. Скорость роста концентрации частиц этой фракции, а следовательно, и уменьшение концентрации частиц моды Айткена, составляют величины порядка $5,5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$. Такого рода оценки проводились по изменению концентрации за промежуток времени между минимумом и максимумом в суточном ходе. Для суточного хода концентрации аэрозолей нуклеационной моды ($d < 0,01$ мкм) характерно наличие дневного максимума: колоколообразная форма, обусловленная фотохимическим и фотоиндуцированным образованием веществ-предшественников аэрозолей, коррелирующая с максимумом интенсивности приходящей солнечной радиации и отражающая природу происхождения этих частиц. Фотохимические процессы, приводящие к формированию сульфатного и нитратного аэрозолей из газовой фазы, в приземном слое атмосферы инициируются УФ-излучением в интервале длин волн 305–310 нм.

Это позволяет оценить скорость генерации аэрозолей через прирост концентрации с учетом одновременно действующего стока частиц. Результаты оценки скорости генерации показывают, что скорость генерации нуклеационных аэрозолей изменяется от 6,5 до 15 частиц в см^3 за 100 с и от 4,5 до 14 частиц в моде частиц Айткена [2].

Из анализа суточного хода разных фракций, оценки скорости генерации и стока микродисперсных

аэрозолей следует, что скорость генерации первичных частиц достаточно высокая по сравнению со скоростью стока, а наличие постоянно присутствующей моды частиц Айткена есть результат конкуренции процессов образования и трансформации аэрозолей микродисперсной фракции; скорость поступления частиц в диапазон размеров переходной фракции на 2 порядка ниже, чем в моды Айткена. Мода частиц Айткена отчетливо проявляется в распределении частиц по спектру размеров в течение всех суток. Характер ее поведения в разные сезоны года существенно различен. В январе меняется только амплитуда концентрации, а положение максимума моды в течение суток почти неизменно. В июне модальный диаметр в течение дня заметно сдвигается: днем – в сторону меньших размеров, а ночью – в сторону больших.

В предположении монодисперсности аэрозолевых частиц растворенного сульфата аммония была проверена зависимость положения моды Айткена от относительной влажности. При этом для более корректного расчета влияния эффекта Кельвина на капельку учитывалось изменение плотности и поверхностного натяжения раствора с помощью аппроксимационных формул, предложенных Тангом, Сайнфельдом и Пандисом [99].

Рассчитанные таким образом диаметры сухой основы частиц показали, что изменения d_0 в течение суток незначительны по сравнению с изменениями модального диаметра и составляют ~2 нм независимо от сезона, что позволяет рассмотреть зависимость поведения моды Айткена от относительной влажности применительно к реальным атмосферным условиям.

В самолетных исследованиях сотрудников ИОА СО РАН в Сибири наблюдались вертикальные профили концентрации наночастиц двух типов. Первый тип удовлетворительно описывается эмпирической формулой Янике [78]:

$$N(z) = N(0) \left(\exp\left(\frac{-z}{H_p^1}\right) + \left[\frac{N_B}{N(0)} \right]^n \right)^n,$$

где:

$$n = \frac{H_p^1}{\left| H_p^1 \right|};$$

H_p^1 – высота полутолщины слоя, на которой концентрация меняется в e раз;

N_B – равновесная фоновая концентрация аэрозолей в свободной тропосфере.

Выше 2000 м концентрация наночастиц принимает фоновые значения и претерпевает незначительные изменения с высотой, колеблясь вблизи значения 100 см^{-3} . Этот профиль соответствует континентальной арктической массе, что объясняет относительно низкую фоновую счетную концентрацию аэрозолевых частиц в свободной тропосфере. Второй тип профилей имел z -образную структуру в распределении концентрации частиц нанометрового диапазона размеров с высотой. Наблюдается характерное для континентальных районов Европы уменьшение концентрации аэрозолевых частиц с высотой в нижней

тропосфере и явно выраженные вторичные максимумы концентрации наночастиц в средней тропосфере. Структура профилей говорит о том, что верхняя тропосфера эффективно отделена от поверхности, так как имеется минимум над верхней границей слоя перемешивания. В свободной тропосфере идет формирование собственных аэрозольных слоев наночастиц, и эти слои являются результатом процессов образования новых частиц *in situ*. Структура профиля второго типа проявляется и в осредненном распределении счетной концентрации наночастиц размером менее 70 нм, а значит, процесс образования новых частиц *in situ* в верхней тропосфере – явление достаточно регулярное и, по всей видимости, носит глобальный характер.

Иногда в вертикальном распределении аэрозольных частиц в свободной тропосфере наблюдаются два максимума. Причем мощность одного из слоев составляла несколько километров. То есть континентальная умеренная воздушная масса была обогащена веществами-предшественниками аэрозолей, и в свободной тропосфере происходили интенсивные процессы образования новых аэрозольных частиц из газовой фазы. Данные вертикального распределения наночастиц позволяют оценить максимальную скорость образования аэрозольных частиц *in situ* в свободной тропосфере в пределах 10^{-3} – 10^{-2} $\text{см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$.

Слоистая вертикальная структура распределения концентрации наночастиц в свободной тропосфере в значительной степени определяется вертикальным распределением водяного пара и термодинамическими параметрами воздуха, в первую очередь концентрацией водяного пара. В полетах, когда фиксировались слои наночастиц, наблюдались неоднородности и в вертикальной структуре удельной влажности q . При монотонном убывании q с высотой не наблюдалось и значительных изменений концентрации наночастиц. Большая часть профилей их концентрации и удельной влажности имеет устойчивую связь (68%), и лишь 13% – слабую.

Наблюдается отчетливо выраженная сезонная динамика вертикального распределения концентрации наночастиц. Так на высоте 500 м, как и в случае с приземным слоем, один из минимумов концентрации приходится на летние месяцы. Отличительной особенностью вертикальных аэрозольных структур является резкое падение концентраций зимой, причиной которых является запирающий слой, возникающий из-за температурных инверсий, вследствие чего образующиеся у земли аэрозоли не могут достичь высоты 500 м.

Концентрации аэрозольных частиц как $d_p < 10$ нм, так и $d_p > 70$ нм на высоте 3 км отражают динамику пограничного слоя – возможность проникновения аэрозолей из нижних слоев за счет вертикального перемешивания.

В более высоких слоях атмосферы также наблюдается слоистость структуры аэрозольных частиц, обусловленная термической структурой атмосферы и влиянием эмиссии частиц с подстилающей поверхности, в частности континентальной и океанической [4]. Другой причиной слоистости аэрозолей является действие гравитофоретического эффекта [51], сепарирующего частицы по физико-химическим свойствам и размерам. Лидарное зондирование показывает устойчивое наличие слоев до мезопаузы (~80 км).

3.5. Биогенные малые газовые компоненты и аэрозоли

3.5.1. Биогенные компоненты

Органические вещества, которые попадают в атмосферу с земной поверхности в ходе процессов сгорания и диспергирования или возникают в атмосфере *in situ* в результате газофазных реакций окисления летучих органических соединений (volatile organic compounds, VOC), являются существенными компонентами атмосферных аэрозолей.

Источник мелкодисперсных фракций органических аэрозолей и газовых компонент, частично трансформирующихся в аэрозольные частицы, – растительность, по оценке Ф. Вента [107], ежегодно выделяет в атмосферу 10^8 тонн терпеноподобных и слабо окисленных углеводородов, что дает естественный фон примерно в $3 \div 6$ $\text{мкг}/\text{м}^3$. В аэрозольное состояние переходит часть органических соединений, главным образом в результате фотохимических реакций, в которых принимают участие малые газовые компоненты (minor gaseous compounds, MGC). В атмосфере с высоким содержанием окислов азота NO_x быстрые реакции VOC с озоном и радикалами HO и NO_3 могут вносить значительный вклад в образование не только оксидантов, но и органических аэрозолей, которые существенно влияют на перенос излучения в атмосфере. Появление органических аэрозолей (ОА) в газофазных реакциях происходит в результате того, что уменьшается упругость паров и (или) возрастает растворимость вещества по сравнению с существовавшей у органических соединений-предшественников.

На первых стадиях окисления в тропосфере высокомолекулярных ЛОС происходит образование слаболетучих продуктов, конденсация которых приводит к вторичным органическим аэрозолям (secondary organic aerosols, SOA). Главными предшественниками SOA служат, вероятно, моно- и сесквитерпены, а также ароматические соединения. Чаще всего в открытой атмосфере наблюдаются монотерпеновые углеводороды: α - и β -терпены, лимонен и сабинен. Вклад этих биогенных VOC в образование тропосферных аэрозолей сильно зависит от климата, вида растительности, места произрастания и других факторов. Экспериментально обнаружено влияние обезлесивания подстилающей поверхности на химические процессы в тропосфере [80].

Для получения информации о потенциале образования аэрозолей из 14 VOC Гриффин и др. провели эксперименты в открытых «смоговых» камерах [64]. Поскольку продукты окисления входят в состав как конденсированной, так и газовой фазы, большое значение имеет определение выхода аэрозолей в зависимости от концентрации уже существующих частиц, которые могут абсорбировать продукты окисления ЛОС. При массовой концентрации органики в пределах 5 – 40 $\text{мкг} \cdot \text{м}^{-3}$ доля аэрозольной составляющей продуктов фотоокисления ЛОС изменялась в таких пределах: 17–67% – для сесквитерпенов, 2–23 – для циклических диенов, 2–15 – для бициклических алкенов и 2–6% – в случае ациклического триена оцимена. С бициклическими алкенами (α -пинен, β -пинен, Δ^3 -карен и сабинен) проводились эксперименты в темноте. Окисление инициировалось озоном или только радикалами NO_3 . Для экспериментов с радикалами NO_3

было характерно исключительно интенсивное образование аэрозолей из β -пинена, сабинена и Δ^3 -карена.

Темновые реакции терпенов с озоном приводят к более значительному образованию аэрозолей, чем фотохимические процессы в присутствии NO_x . Реакции β -пинена с озоном в газовой фазе показали следующие молярные соотношения между продуктами реакций: НСНО $0,65 \pm 0,04$, нопинон $0,16 \pm 0,04$, 3-гидроксинопинон $0,15 \pm 0,05$, CO_2 $0,20 \pm 0,04$, СО $0,030 \pm 0,002$, НСООН $0,020 \pm 0,002$, вторичный озонид β -пинена $0,16 \pm 0,05$ и $\text{циспиновая кислота}$ $0,02 \pm 0,01$.

На первой стадии процесса образуются озониды, которые самопроизвольно распадаются с образованием возбужденных бирадикалов Криги (Criegee), содержащих девять атомов углерода, и формальдегида ($0,84 \pm 0,04$). Меньший выход ($0,10 \pm 0,04$) характерен для второй пары продуктов – бирадикалов $\text{СН}_2\text{ОО}$ и нопинона . Около 40% возбужденных бирадикалов C_9 стабилизируется и вступает в реакции с НСНО , НСООН и H_2O . Обращает на себя внимание усиление образования из стабилизированных бирадикалов Криги и H_2O нопинона ($0,35 \pm 0,05$), а также H_2O_2 ($0,24 \pm 0,03$). Причем в атмосфере пероксид водорода распадается фотолитически с образованием гидроксильных радикалов.

Исследование продуктов окисления озоном β -пинена и сабинена в «смоговой» камере объемом 60 м^3 выявило образование также ряда ранее не регистрировавшихся малых компонентов. В результате реакций сабинена и Δ^3 -карена с O_3 образуется более 10 окисленных соединений, содержащих карбонильные, гидроксильные и карбоксильные группы, доля которых равна примерно 34–50, 57, 29–67 и 24% в расчете на углерод, вступивших в реакцию β -пинена, сабинена, α -пинена и Δ^3 -карена соответственно. Относительное содержание аэрозольных продуктов составляло более 83%, примерно 100%, более 90% и 61% соответственно (погрешности этих оценок могут достигать $\pm 50\%$). Одним из продуктов окисления α -пинена является пиновая кислота. Ряд продуктов – пиновая, пиноновая, нопиноновая и гидроксипиноновая кислоты, а также $\text{гидроксипинональдегиды}$ – могут служить молекулярными маркерами вторичных биогенных аэрозолей.

Наличие значительного вклада вторичных органических аэрозолей в концентрацию ОА стимулировало разработку методики оценок распределения органических соединений между аэрозольной и газовой фазами. Суррогатные продукты окисления органических соединений разделялись на гидрофобные и гидрофильные соединения. Предполагалось, что распределение суррогатов по фазам происходит только посредством одного доминирующего механизма, определяемого молекулярными свойствами молекул суррогатов, ее структурных и физических характеристик. Однако Р. Гриффин и соавт. [65] разработали для вторичных продуктов окисления с характерной для них низкой упругостью паров и высокой полярностью интерактивную модель гидрофобно-гидрофильного распределения органических компонентов между аэрозолями и газовой фазой, в которой обеспечивается сохранение массы, а также равновесия между: а) органической аэрозольной и газовой фазами; б) водной аэрозольной и газовой фазами; в) молекулярной и ионной формами перераспределя-

ющихся компонентов в водной фазе. Использование этой трехмерной модели с учетом химических процессов и переноса показало смещение распределения в сторону преобладания фазы органических аэрозолей и увеличения количества вторичных органических аэрозолей по сравнению с полученными ранее результатами.

Частицы субмикронных аэрозолей, образующиеся в результате газофазной трансформации MGC при окислении некоторых VOC , являются ядрами конденсации облачности и воздействуют на облакообразование, гидрологический режим атмосферы и климат.

Содержащиеся в полярной атмосфере органические соединения играют важную роль как трассеры дальнего переноса, определяют химический состав атмосферы и снежного покрова.

Низкомолекулярные дикарбоксильные кислоты $\text{C}_2\text{--C}_{11}$ и, в меньшей степени, кетокрбоксильные кислоты $\text{C}_2\text{--C}_9$ являются доминирующими воднорастворимыми соединениями. Соотношение между двусновными кислотами такое: 44% щавелевой кислоты C_2 , 17% малеиновой кислоты C_3 , 15% янтарной кислоты C_4 , 5% винной кислоты C_5 и 19% остальных компонентов. Суммарная концентрация двусновных кислот (изменяющаяся в интервале $10\text{--}100 \text{ нг/м}^3$) обладает отчетливым годовым ходом с максимумом ранней весной.

Доля органических соединений в водорастворимых аэрозолях составляет меньше 20%. Концентрация аэрозольных двусновных кислот коррелирует с концентрацией аэрозольных разрушителей озона Br и I . В арктических аэрозолях обнаружены органические соединения, в том числе n -алканы ($\text{C}_{18}\text{--C}_{32}$), полиядерные ароматические углеводородные соединения, n -спирты ($\text{C}_{13}\text{--C}_{30}$), жирные кислоты ($\text{C}_7\text{--C}_3$) и α -, ω -дикарбоксильные кислоты с длинными цепями ($\text{C}_6\text{--C}_{26}$). Эти данные несут информацию о соотношении природных и антропогенных источников аэрозольного органического вещества.

Химический анализ проб снега показал, что главными природными источниками легких карбоксильных кислот служат биогенные выбросы растительности и окисление различных углеводородных соединений в атмосфере. Сильное влияние на химический состав снега оказывают вулканические извержения и лесные пожары. Данные наблюдений свидетельствуют о широкой распространенности ОА в атмосфере над океаном и над сушей. Подобные аэрозоли имеют как природное (выбросы диметилсульфида океаном), так и антропогенное происхождение (за счет сжигания биомассы и др.). Около 10–20% органических аэрозолей (по массе) содержат облачные ядра конденсации.

Исследования роли сульфатов, морских солей и органических компонентов в составе аэрозолей морского пограничного слоя показывают, что преобладают чисто сульфатные аэрозоли и значительную часть морских солевых аэрозолей (около 10%) составляют органические вещества.

Модель химического состава ОА и их изменений («переработки») в атмосфере предполагает, что частицы ОА – жидкие ядра, покрытые гидрофобным органическим монослоем вещества биогенного происхождения. Изменение органического поверхностного слоя обусловлено взаимодействием с атмосферными радикалами, превращающим инертную гидро-

фобную пленку в химически и оптически активный гидрофильный слой. Благодаря этому происходит рост трансформированных частиц органических аэрозолей путем аккреции воды и образования облачных ядер конденсации. Непосредственное воздействие на перенос излучения могут оказывать хромофоры, оставшиеся на поверхности частиц аэрозолей после химической трансформации. «Переработка» частиц органических аэрозолей в атмосфере приводит к выбросам мелких органических фрагментов в тропосферу, играющих существенную роль в гомогенной химии атмосферы. ОА переносят в атмосферу органические и другие нерастворимые в воде соединения. Следствием сжигания биомассы может быть образование на поверхности частиц покрытий из веществ, поступающих с земной поверхности. За счет трансформации поверхностного слоя частиц аэрозолей из гидрофобного в гидрофильный может осуществляться дополнительный механизм воздействия биосферы (через посредство химических процессов) на перенос излучения, радиационный баланс и климат.

3.5.2. *Продукты сжигания биомассы*

Образующиеся при сжигании биомассы частицы аэрозолей состоят из конденсированных органических компонентов: суммарных углеродных аэрозолей (total carbon, TC), включающих элементный или черный углерод (black carbon, BC), органический углерод (particulate organic carbon, POC) или аэрозольное органическое вещество (particulate organic matter, POM), и содержат нитраты, сульфаты и другие компоненты. С учетом кислорода и водорода, принято массовое соотношение $POM = 1,3 \cdot POC$. Компоненты TC характеризуются различными оптическими и химическими свойствами. Наличие поглощения солнечной радиации черным углеродом определяет нагрев атмосферного слоя (в пределах нескольких десятых Вт/м²) и влияет на процесс конвекции. В случае POM главным является рассеяние.

В глобальных масштабах выбросы BC и POC и аэрозолей за счет сжигания ископаемых топлив сравнимы по величине, причем главным компонентом выбросов является POC, что требует особого внимания к оценкам выбросов в атмосферу за счет лесных пожаров в средних и высоких широтах.

Наблюдение больших пожаров проводится с космических спутников [56]. Карты распределения месячных выбросов в атмосферу углеродных частиц, обусловленных пожарами в лесах, кустарниках и травяном покрове, и статистические данные о площадях выгоревших территорий, массе сгоревшей органики, характеристиках пожаров и коэффициентов выбросов за период 1960–2005 гг. свидетельствует о значительной межгодовой изменчивости этих процессов [35].

Самолетные наблюдения аэрозолей: черного и органического углерода, растворимого в воде угле-

рода (water-soluble organic carbon, WSOC), полициклических углеводородов, растворимых ионов, их морфологии и элементного состава в нижней части тропосферы (на высотах до 4 км) над центральной Африкой, выполненные в ноябре 1996 г. в рамках эксперимента EXPRESSO, показали, что на всех высотах счетная концентрация частиц (их диаметр варьировал в пределах 10–14000 нм) была высокой ($3100 \pm 2060 \text{ см}^{-3}$). Относительно мала доля частиц почвенного происхождения (массовая концентрация составила $20 + 18 \text{ мкг/м}^3$). Очень высоким было содержание пирогенных частиц и черного углерода. Концентрация BC составила $3,8 \pm 2,3 \text{ мкг/м}^3$ (пограничный слой атмосферы над лесом); $9,8 \pm 3,9 \text{ мкг/м}^3$ (саванна) и $8,7 \pm 1,6 \text{ мкг/м}^3$ (слой пыльного пассата, харматана).

Доля WSOC в исследованных пробах составляла $46 \pm 9\%$ от содержания общего органического углерода. Более значительной ($85 \pm 18\%$) оказалась эта доля в слое харматана, что указывает на возможную существенную роль образующихся при сжигании биомассы частиц как облачных ядер конденсации. Для оценки старения подобных частиц было определено отношение концентрации WSOC/OC, которое возрастало с высотой в 2–3 раза при входе в слой харматана. Данные о других малых компонентах (оксالات, пероксиацетилнитрат и др.) демонстрируют наличие сильного влияния пожаров в саванне на их содержание в тропосфере региона. Полученные результаты свидетельствуют также о существовании вертикального и горизонтального обмена между различными слоями тропосферы и через внутритропическую зону конвергенции (ВЗК). Забор проб аэрозолей осуществлялся над тропическими лесами или саваннами вблизи ВЗК.

В пределах пограничного слоя атмосферы над лесом зарегистрирована высокая концентрация органических кислот (формиата, ацетата и оксалата), имеющие биогенное происхождение. Эти результаты получены в начале сухого сезона, когда преобладало влияние на атмосферу пожаров в саванне, а поток пылевых аэрозолей за счет харматана был еще слабым. В этих условиях нитраты сохранялись преимущественно в газообразном состоянии.

Доля поступления в атмосферу продуктов сгорания растительности в средних и высоких широтах составляет около 4%, возрастая в отдельные годы до 12% при вкладах BC и POM, составляющих 9 и 20% соответственно. Абсолютные уровни выбросов органики за счет пожаров в бореальных лесах варьируют в пределах 20–598 Гг/год (BC) и 0,37–11,8 Тг/год (POM). Значительны масштабы выбросов органики от травяных пожаров в Монголии: 62 Гг/год (BC) и 0,4 Тг/год (POM).

Исследовались физико-химические свойства аэрозолей при горении различных веществ (нефти и

Табл. 3

Выбросы углеродных частиц за счет сгорания растительности (по [83])

Тип пожаров	Сгоревшая биомасса, Тг	Черный углерод, Тг	Органический углерод, Тг
Леса в высоких и средних широтах	66–700	0,07–0,54	1,01–10,70
Саванны, тропические леса, сельскохозяйственные и домашние пожары	5375	5,63	44,50
Глобальное сгорание биомассы	5441–6075	5,70–6,17	45,51–55,20
Вклад лесов в средних и высоких широтах	1,2–11,5%	1,3–8,8%	2,2–19,4%

нефтепродуктов, газа, древесины, угля и т. п.) в начальной фрактальной стадии образования и последующей эволюции, с оценками выхода различных компонентов продуктов сгорания и их оптическими характеристиками (табл. 3).

В реальной атмосфере практически всегда происходит неполное сгорание как из-за недостатка поступающего в зону горения кислорода, так и из-за выбрасывания отдельных объемов реагирующих веществ в более холодные области, что приводит к резкому замедлению реакции горения или даже к ее полному прекращению (явление «закалки»).

Существенный оптически активный компонент атмосферы при формировании парникового эффекта атмосферы – биогенная пыль. Относительно недавно установлено наличие в атмосфере газообразных металлоорганических соединений, являющихся продуктом биоалкилирования – трансформации неорганических форм элементов в процессе жизнедеятельности некоторых микроорганизмов и, возможно, синтеза в листьях растений. Растения осуществляют естественную миграцию элементов из литосферы в атмосферу, аккумулируя их из почвы в клеточных тканях и выделяя в окружающую среду в виде летучих газообразных соединений.

Элементы, выполняющие физиологическую функцию в питании и обмене веществ растений, как правило, поглощаются в большей степени, чем остальные. Такие элементы, как В, Са, С, N, P, К, S, Cl, Cu, H, Fe, Mn, Mg, Mo, O, Zn, называются биогенными. Они являются универсальными питательными веществами. Существуют и другие, которые выполняют физиологическую функцию лишь в некоторых видах растений, например Se, Co, Si, V.

Некоторые растительные виды-гипераккумуляторы способны концентрировать ионы какого-либо металла в количествах, значительно превышающих его содержание в почве. В этом случае механизм регуляции не в состоянии предотвратить прикорневую диффузию и работает иначе: растение удаляет избыток токсичного элемента эмиссией его с листьев в окружающую среду в виде летучих металлоорганических соединений. В атмосферу из растений поступают терпены, такие как изопрен, пинен, мирцен. Экспериментальные данные свидетельствуют, что в пепле материала, собранного под деревьями, содержатся высокие концентрации Na, Li, Mo, Ni, Sn, Cd, Cu, Zn, Bi, Cr, Ag, Mg, Sr. Элементы Pb, Sb, As, Mn, Ga, Ba в наибольших концентрациях находились в золе растительности, а в почвах – Fe, Ti, Co, Be, La, V, Y, Zr.

Начиная с 1995 г. над обширной территорией Евразии в рамках проекта TROICA проводились экспериментальные исследования содержания органических, малых газовых компонентов и аэрозолей в приземном слое атмосферы вдоль трассы транссибирской железной дороги с ее ответвлениями на протяжении более 16 тыс. км. Получены оценки суточного хода концентрации ряда МГК, а также зависимости концентрации от типов почвы и растительного покрова, оценены потоки CO и CH₄ для различных экосистем [92].

Максимальные значения потока CH₄ от почвы в засушливых районах восточной Сибири достигали 70 ± 35 мкмоль/м² · ч). Хотя выбросы, обусловленные влажной тундрой в полосе широт 67–77° с. ш., сходны с наблюдаемыми в значительно более низких широтах, бореальные ветланды Сибири в поло-

се широт 50–60° с. ш. вносят очень важный вклад в формирование глобального бюджета метана. Для потока CO характерны тенденции, противоположные наблюдаемым в случае CH₄. Значения отношения смеси приземного озона изменялись в диапазоне от нескольких нмоль/моль при наличии инверсий ночью до более 60 нмоль/моль в дневное время. Фоновый уровень концентрации CO над низинами Западной Сибири был ниже 140 нмоль/моль, тогда как к востоку от Читы под влиянием лесных пожаров иногда превышал 2 мкмоль/моль.

3.6. Антропогенные аэрозоли

Наличие антропогенных тропосферных аэрозолей сказывается на возрастании замутненности атмосферы и образовании аэрозольной дымки в высоких широтах северного полушария [90, 91]. Большое значение имеет механизм газофазного образования аэрозолей (для вулканических стратосферных аэрозолей он является доминирующим), что определяет взаимодействие между биогеохимическими круговоротами серы и азота и процессами формирования атмосферных аэрозолей. Серьезного внимания заслуживает проблема воздействия аэрозолей на процессы образования и разрушения облачного покрова, а также сильно поглощающих радиацию дымовых аэрозолей, возникающих в результате пожаров, в частности, порожденных ядерными взрывами [104].

Особо следует отметить проблему антропогенных воздействий на круговорот серы. Имеющиеся оценки свидетельствуют о том, что выбросы газообразной серы в атмосферу за счет сжигания топлива достигли того же порядка величины, что и вклад природных факторов. В первую очередь интерес представляют оценки биологически обусловленных газообразных соединений восстановленной серы, исследования определяющих их процессов и антропогенных воздействий; изучение трансформации антропогенных выбросов сернистого газа и преобразования газообразных соединений серы в атмосфере, включая газофазные реакции образования сульфатного аэрозоля [17, 28, 58, 61, 87].

Результаты воздействия аэрозолей на различные процессы, например на перенос излучения и фазовые переходы воды, зависят, как правило, от совокупности химических и физических процессов, причем существенную роль играет зависимость состава от размера частиц аэрозолей. Круговороты аэрозолей тесно связаны с гидрологическими процессами в атмосфере вследствие существенного взаимодействия между аэрозолями и облаками: облака и осадки играют важную роль в образовании, трансформации и удалении аэрозолей из атмосферы, но, с другой стороны, аэрозоли существенно влияют на микрофизические процессы в облаках, а следовательно, и на процессы теплообмена в атмосфере. Связь между облаками и аэрозолями свидетельствует о невозможности достаточно полного понимания процессов образования и трансформации аэрозолей без надежных представлений о физике и химии облаков, в частности, механизмов нуклеации.

Вполне обоснованы опасения относительно возможного антропогенно обусловленного возрастания содержания аэрозолей, которое может оказывать воздействие на климат как посредством изменения радиационного баланса Земли, так и путем влияния на

гидрологический цикл. Сильная пространственно-временная изменчивость характеристик аэрозолей затрудняет выделение антропогенного компонента, возможное лишь при условии понимания причин подобной изменчивости атмосферных аэрозолей. Роль аэрозолей в глобальных изменениях климата Земли разнообразна и не ограничивается эффектом охлаждения, хотя этот эффект наиболее очевиден для аэрозолей высоких слоев атмосферы. Особенно существенный фактор воздействия природных аэрозолей на радиацию и глобальный климат – вулканические стратосферные аэрозоли, вызывающие сильные и продолжительные возмущения радиационного режима и сопутствующие им изменения климата.

Следует отметить, что космические исследования привели к постепенному накоплению техногенного материала в ближнем космосе, увеличили поток пылегазовых частиц в высокие слои атмосферы и существенно изменили ее оптические и электрические свойства, которые аналогичны изменениям при вхождении в атмосферу Земли метеорных потоков [57].

В работах [22, 29, 30, 57] рассмотрены явления, связанные с воздействием потоков высокоэнергетических частиц на образование облачности в верхней тропосфере и нижней стратосфере, а в [76] исследовалось влияние знака заряда ионов на интенсивность нуклеации и температуру кристаллизации облачных частиц.

3.7. Роль воды в процессах трансформации дисперсий

Вода играет важнейшую и разнообразную роль в образовании аэрозолей и в дальнейшей трансформации аэрозольных частиц [56, 59, 72]. Громадные перепады содержания воды в стратосфере в зависимости от вулканических извержений меняют радиационный режим атмосферы, а наличие воды внутри коры способствует ее расслоению и эмиссии водяного пара в атмосферу.

Обнаружено образование атмосферных H_2O -оболочек и глобулярных структур при одновременной электро- или/и фотодесорбции газа с поверхности субмелкодисперсных капель воды и их последующего слияния в рамках кулоновской кластер-кластерной агрегации. Подобный процесс осуществим при неоднородном поверхностном потенциале капель. Неоднородность поверхностного потенциала возбужденных жидкофазных частиц сопровождается понижением поверхностного натяжения до уровня в макроскопических объемах, гибкой геометрией капель и уменьшением их объема за счет испарения. Локальное повышение степени дисперсности капель воды и концентрации заряженных центров предполагает обратный процесс переконденсации, затрагивающий не только вещество из области возбуждения, но и прилегающей области. Массовость подобного процесса предполагает однотипную неоднородность поверхностного потенциала и как следствие – кулоновское размежевание однокомпонентных частиц.

На молекулярном уровне коллективная организация однотипных ионизованных или полярных молекул рассматривается как наиболее вероятный механизм образования кластеров. Известно образование оболочек из аморфизированных микрочастиц в рамках коллективной организации однотипных молекул. Подобная реорганизация вещества осуществля-

ется через квазижидкостную фазу при существенной роли межмолекулярного взаимодействия. На уровне макрообъектов коллективная организация элементов самоподобия паровой фазы в устойчивые оболочки также предполагает наличие конденсата однотипных возбужденных молекул или частиц с гибкой геометрией поверхности. Этим свойствам удовлетворяет конденсат ароматических $(H_2O)_n$ -кластеров. Клатратная модель $(H_2O)_n$ предполагает делокализацию 10 и более H-атомов по поверхности оболочки [73].

Генерация озона и окислов азота в электрическом поле допускает широкий спектр состава газо-водородных кластеров. Внешняя отрицательно заряженная поверхность водно-газовой оболочки – естественная область адсорбции паров воды. В условиях всестороннего лапласовского сжатия микрокапли содержат меньше растворенного газа в сравнении с большими объемами воды. Адсорбция микро- или нанокapель (в зависимости от относительной влажности воздуха) эквивалентна поглощению энергии в рамках kT за счет объемного перераспределения поверхностной энергии и повышения концентрации связующих H-атомов на внешней поверхности.

Приведенные соображения о структурных особенностях конденсированной воды дают основания предполагать, что в перспективе открывается возможность объяснить быструю релаксацию объемного заряда облака (порядка 1–2 минут) после молниевых разрядов величиной в несколько десятков кулон реструктуризацией надмолекулярных агрегатов воды в облаке, а также объяснить существование нитевидных структур и «струн» в атмосфере при низких температурах и отсутствии адвекции [7] наличием связей между напряженностью электрического поля, метеорологической дальностью видимости и влажностью воздуха, объяснить перенос зарядов в атмосфере без разрядов, горение облаков при эруптивных извержениях вулканов.

4. Некоторые выводы об аэрозольном влиянии на состояние биосферы

Вышеизложенное позволяет сделать некоторые выводы об аэрозольном влиянии на состояние биосферы и выделить ключевые проблемы его изучения. Главным здесь является вопрос интерактивного взаимодействия падающей солнечной радиации, аэрозолей, облачности и термодинамики и кинетики атмосферных процессов. При достаточно высоких концентрациях аэрозолей несомненна и роль гетерогенных процессов образования и разрушения газовых и новых аэрозольных составляющих атмосферы. В связи с аэрозольным воздействием на атмосферу Земли отметим в заключение следующее.

– Наблюдается рост содержания аэрозолей во всех атмосферных слоях: тонкодисперсной фракции в средней и верхней атмосфере, аэрозолей органического происхождения и вторичных в нижних слоях атмосферы. Суммарный эффект от присутствия аэрозолей разных типов заметно отличается от суммы эффектов от отдельных типов частиц. Большую неопределенность и трудности в оценке роли атмосферных аэрозолей в изменении экологического состояния окружающей среды создает отсутствие адекватной информации о глобальной пространственно-

временной изменчивости концентрации аэрозолей различных типов, физических (особенно оптических) свойствах аэрозолей, их влиянии на микрофизические процессы в облаках.

– В последние годы предприняты серьезные усилия для получения данных об аэрозолях на основе использования методов дистанционного зондирования (наземного, самолетного, спутникового) в ряде комплексных полевых наблюдательных экспериментов: ACE-1 (измерения главных характеристик аэрозолей), TARFOX (определение аэрозольного радиационного возмущающего воздействия), ACE-2 (исследования аэрозолей в регионе Тихого океана), INDOEX (исследования аэрозолей в регионе Индийского океана) и т. д. Помимо этого, функционирует глобальная сеть станций AERONET, оборудованная солнечными фотометрами для измерений аэрозольной оптической толщины (АОТ) атмосферы, а также осуществляются лидарные зондирования в отдельных точках для получения информации о вертикальных профилях концентрации аэрозолей [81].

– Спутниковое дистанционное зондирование в целях мониторинга природных и антропогенных катастроф позволяет наблюдать пылевые компоненты: вулканические извержения, лесные пожары, пылепесчаные бури, техногенные катастрофы в городах, землетрясения [13]. Так, над сейсмоактивными районами за несколько дней до подземных толчков образуются специфические облака (типа дымовых колец). Аналогичные явления, возможно, происходят и перед вулканическими извержениями. В частности, при наземных измерениях в Западной Мексике увеличение концентрации аэрозолей наблюдалось за несколько часов до извержения [12]. Космические наблюдения пылевых образований в результате катастрофических явлений дают определенные оценки интенсивности образования дисперсного вещества и масштабы катастроф [15].

– К концу XX века были созданы глобальные трехмерные модели климата, которые позволили, в частности, получить оценки возможного воздействия аэрозолей на климат в условиях сложившейся к этому времени конъюнктуры, состоявшей в попытках обоснования концепции «глобального потепления», обусловленного выбросами в атмосферу парниковых газов (прежде всего CO_2). Поскольку расчеты, сделанные при задании постепенного роста концентрации CO_2 в атмосфере (как правило, +1% в год), приводили к выводу о перегреве атмосферы при сравнении с наблюдаемыми величинами, был введен фактор похолодания за счет наличия в атмосфере рассеивающих сульфатных аэрозолей (или эквивалентного его воздействию уменьшения альbedo подстилающей поверхности).

– Наиболее существенным фактором воздействия природных аэрозолей на глобальный климат и экологические условия являются вулканические стратосферные аэрозоли, вызывающие сильные и продолжительные возмущения радиационного режима и сопутствующие им изменения климата. Наличие антропогенных тропосферных аэрозолей сказывается в таких явлениях, как тренд возрастания замутненности атмосферы и образования аэрозольной дымки в высоких широтах северного полушария [8]. При этом большое значение имеет механизм газофазного образования аэрозолей (в случае вулканических стратосферных аэрозолей он является доминирующим),

что определяет взаимодействие между биогеохимическими круговоротами серы и азота и процессами формирования атмосферных аэрозолей.

– Сами по себе, без радиационного нагрева, аэрозоли не могут вызывать восходящие и нисходящие конвективные движения, но они влияют на фазовые переходы воды, а выделяемая и поглощаемая при этом теплота существенно воздействует на вертикальные движения и общую циркуляцию атмосферы. Присутствие аэрозолей способствует уменьшению горизонтальных воздушных потоков, но усиливает адвективные потоки из-за радиационного нагрева, в общем, ослабляет крупномасштабную атмосферную циркуляцию.

– Наблюдаются сильные неоднородности химического состава и распределения частиц по размерам и морфологической структуре в зависимости от региона и локальных источников, которые могут существенно сказываться на локальных погодных условиях и циркуляции атмосферы. В высоких слоях атмосферы эффективны фотофоретические процессы движения аэрозольных частиц [51].

– Велика роль аэрозолей в крупномасштабных процессах массопереноса вещества, в том числе биогенного, на Земле и в перемешивании химических элементов и соединений у поверхности Земли [13, 32].

– Гетерогенные процессы на аэрозольных частицах и в каплях, в частности при вулканических извержениях, ведут к быстрому уменьшению концентрации озона и окислению серосодержащих компонентов атмосферы [14, 28].

– Моделирование структуры атмосферных аэрозолей и прогноза его изменчивости затруднено из-за недостаточно полных экспериментальных данных о динамических процессах с их участием. В частности, неудовлетворительны сведения о структуре и поведении аэрозолей над океанами, в пустынях, в полярных районах. Недостаточны ряды наблюдений за состоянием аэрозолей, например, для выводов о глобальных трендах в их состоянии. Требуют дальнейшего развития экспериментальные методы аэрозольного мониторинга. Проблемы заключаются в том, что не существует простых и эффективных методов получения всех характеристик, необходимых для моделирования аэрозольных процессов и структур. Общепринят следующий подход: постоянно измеряется небольшое количество параметров, чаще всего коэффициенты рассеяния и ослабления, а затем на базе этих данных и априорных модельных представлений рассчитываются требуемые для конкретной задачи характеристики. Такой подход требует постоянной сверки с данными имеющихся комплексных измерений. Однако в большинстве случаев ограничиваются априорными модельными представлениями. В настоящее время нарабатывается громадный массив данных в системе Aeronet. Этот материал бесспорно поможет решению многих задач проблемы климата, но несомненно требуются периодические комплексные исследования для верификации Aeronet-метода.

– В исследованиях сульфатных аэрозолей много неясного в вопросе о газофазной трансформации диметилсульфида, продуцируемого морским фитопланктоном, и возможной роли образующихся при этом облачных ядер конденсации как фактора изменения микроструктуры, количества и альbedo морских слоистых облаков.

– Особое значение имеет проблема антропогенных воздействий на круговорот серы. Косвенные оценки свидетельствуют о том, что выбросы газообразной серы в атмосферу за счет сжигания топлива достигли того же порядка величины, что и вклад природных факторов. Интерес в первую очередь представляют оценки биологически обусловленных газообразных соединений восстановленной серы, исследования определяющих их процессов и антропогенных воздействий; изучение трансформации антропогенных выбросов сернистого газа и преобразований газообразных соединений серы в атмосфере, включая газофазные реакции образования сульфатных аэрозолей.

– Более надежных оценок требует воздействие пылевых аэрозолей пустынь на региональную и глобальную экологию и климат.

– Неизвестен точный вклад выбрасываемых в атмосферу растительностью суши терпенов и других углеводородных соединений, в результате фотохимического окисления которых возникают субмикронные органические аэрозоли. Например, наблюдения в регионе восточного побережья США показали, что их вклад в радиационные характеристики атмосферы в этом промышленном регионе сравним с вкладом антропогенных сульфатных аэрозолей.

– Требуется серьезных исследований проблема воздействия аэрозолей на процессы образования и разрушения облачного покрова [32, 106]. Результаты воздействия аэрозолей на различные процессы, например на перенос излучения и фазовые переходы воды, зависят, как правило, от совокупности химических и физических процессов, причем существенную роль играет зависимость состава от размера частиц аэрозолей. Поэтому адекватное описание свойств реальных аэрозолей возможно лишь на основе использования результатов комплексного определения его характеристик.

– Исключительная сложность моделирования и, тем более, прогноза глобальных изменений состояния окружающей среды и климата определяет актуальность создания адекватной системы экологического и климатического мониторинга для получения достаточно полных необходимых данных. Разнообразие аэрозольных характеристик и их физико-химических свойств, их пространственно-временная неоднородность требуют создания комплексной системы мониторинга аэрозолей, сочетающей оперативные масштабные измерения их глобального распределения со спутников вместе с подспутниковыми измерениями микроструктуры и химического состава частиц, с одновременными численными экспериментами по моделированию физических и химических аэрозольных характеристик и процессов.

– Выведение газовых примесей из атмосферы осуществляется, в основном, за счет гетерогенных каталитических химических реакций, образующих либо безвредные газовые компоненты (типа CO_2 и H_2O), либо вещества, входящие в состав аэрозольных частиц (сульфаты, нитраты, хлориды и т. п.). В этом случае возможно нарушение установившегося баланса между интенсивностями эмиссии и стока этих газов в атмосфере, то есть наблюдается определенный тренд их содержания в воздухе, что в перспективе может существенно сказаться на условиях в среде обитания. Особенно существенна роль аэрозолей в выведении

из атмосферы органических веществ [10]. При сильных выбросах аэрозолей почвенного происхождения, в первую очередь глини, содержащих окислы алюминия, в стратосферу наблюдается прямой развал молекул озона на этих частицах [34]. Процессы разрушения озона наблюдаются также на ледяных частицах в атмосфере полярных районов.

– Круговороты аэрозолей тесно связаны с гидрологическими процессами в атмосфере вследствие существенного взаимодействия между аэрозолями и облаками: облака и осадки играют важную роль в образовании, трансформации и удалении аэрозолей из атмосферы, но, с другой стороны, аэрозоли существенно влияют на микрофизические процессы в облаках, а следовательно, и на процессы теплообмена в атмосфере. Неслучайно в большинстве регионов время жизни аэрозолей в нижней и верхней тропосфере составляет 1–2 недели, а водяного пара – 10 суток. Связь между облаками и аэрозолями свидетельствует о необходимости достаточно полного понимания гомогенных и гетерогенных, а также гетеромолекулярных процессов фазовых переходов воды и других соединений в образовании и трансформации аэрозольных частиц и облачных элементов; теоретическом и экспериментальном исследовании механизмов нуклеации.

– Численное моделирование глобального климата с учетом не только антропогенно обусловленного роста концентрации парниковых газов, но и возрастающего содержания в атмосфере антропогенных сульфатных аэрозолей (ежегодные выбросы сернистого газа, трансформирующегося в аэрозоли эквивалентны 70–80 Тт серы) выявило значительно более сложную картину формирования климата, чем ранее предполагалось: аэрозольно обусловленное похолодание климата в значительной степени компенсирует парниковое потепление, а пространственно-временная изменчивость содержания аэрозолей в атмосфере определяет формирование более изменчивого географического климата [16]. Роль аэрозолей в глобальных изменениях климата Земли достаточно разнообразна и не ограничивается эффектом охлаждения, хотя этот эффект наиболее очевиден, особенно для стратосферных аэрозолей.

– Особого внимания заслуживает проблема глобального круговорота углерода (CO_2 , минеральных карбонатов, углеводородов и других органических соединений, элементного углерода – сажи), в которой важную роль в формировании углеродсодержащего вещества играет биосфера. При этом до сих пор нет ясности в том, является ли глобальная биосфера источником или стоком тех или иных углеродных составляющих в атмосферу, почву и океан (см. раздел 3.5). Остаются трудно предсказуемыми изменения круговорота углерода в будущем [102].

– Самые щедрые оценки количества энергии, которое человек произведет в будущем, представляются незначительными искажениями на фоне теплового бюджета планеты в глобальном масштабе. При существующей ныне неопределенности знания о величине солнечной постоянной (от 1,95 до 2,00 кал/(мин · см²), или 1361–1396 Вт/м²) беспокойство по поводу такого пути человеческого воздействия на климат представляется преувеличенным. Однако обоснованы опасения относительно воздействия на климат антропогенного возрастания содержания

аэрозолей, которое может приводить к изменению радиационного баланса Земли и влиять на биогеохимический цикл (см. раздел 3.6.1).

– Возможно, что региональные и локальные изменения в составе и структуре атмосферы (в содержании аэрозолей и воды), являющиеся следствиями человеческой деятельности, могут вызвать изменения циркуляции атмосферы и, следовательно, климата и экологии среды, и это необходимо исследовать. Экологическое состояние окружающей среды, в частности климат, формируется в результате взаимодействия атмосферы с океаном, сушей, массами льда и биосферы. Значительная часть трудностей, встающих при по-

пытках оценить возможные воздействия человеческой деятельности на окружающую среду, возникают из-за того, что база имеющихся данных не позволяет адекватно описать все процессы, формирующие и регулирующие ее эволюцию, понять их динамику.

Сильная пространственно-временная изменчивость характеристик аэрозолей затрудняет выделение ее антропогенного компонента. Оно может стать возможным лишь при условии понимания причин подобной изменчивости, что требует осуществления широкой программы комплексных исследований атмосферных аэрозолей и их роли в фазовых процессах в окружающей среде.

Литература

1. *Абдуллаев С.Ф.* Влияние глобального климата и меры по адаптации к климатическим изменениям // *Природа и мы: вопросы экологически безопасного развития Таджикистана.* – Душанбе, 2009. – С. 155–184.
2. *Аришинов М.Ю.* Исследования атмосферных наночастиц и их роли в формировании дисперсного состава аэрозоля // *Автореф. дисс. ... канд. физ.-мат. наук.* – Томск, СО РАН, 2006. – 24 с.
3. *Аэрозоль и климат* / Ред. К.Я. Кондратьев – Л. : Гидрометеиздат, 1991. – 541 с.
4. *Веретененко С.В., Ивлев Л.С., Ульянов В.А.* Исследование вариаций стратосферного аэрозоля во время солнечных протонных событий января 2005 г. по данным GOMOS/ENVISAT // *Проблемы Арктики и Антарктики.* – СПб. : ААНИИ, 2008. – С. 126–130.
5. *Голицын Г.С.* Состав атмосферы и климат // *Вестник РАН.* – 1997. – Т. 67. – № 2. – С. 105–116.
6. *Грин Х., Лейн В.* Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. – Л. : Химия, 1969. – 429 с.
7. *Жабрив И.П., Каракин А.В., Лобковский Л.И.* Пульсирующее глубинное пустотное пространство и свободная циркуляция метеорологических вод в земной коре // *Докл. РАН.* – 1995. – Т. 345. – № 2. – С. 231–233.
8. *Зуев В.Е., Титов Г.А.* Оптика атмосферы и климат. – Томск : Спектр, 1996. – 271 с.
9. *Ивлев Л.С.* Аэрозоли, возникающие в результате деформации земной коры // «Естественные и антропогенные аэрозоли». Материалы междунар. конференции. 29.09–04.10.1997. – СПб. : ВВМ, 1998. – С. 73–82.
10. *Ивлев Л.С.* Микроструктурные особенности аэрозолей вулканического происхождения // *Оптика атмосферы и океана.* – 1996. – Т. 9. – С. 1039–1057.
11. *Ивлев Л.С.* Влияние аэрозольных частиц на динамические и другие климатообразующие процессы в атмосфере // *Начала физики климата и погодообразования.* Ч. 1. Т. 2. – СПб. : ВВМ, 2008. – 284 с.
12. *Ивлев Л.С.* Структура стратосферных аэрозолей в атмосфере // *Параметризация не-*
13. *Ивлев Л.С.* Химический состав и структура атмосферных аэрозолей. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1982. – 368 с.
14. *Ивлев Л.С., Басов Л.Л., Сирота В.Г., Смышляев С.П.* Фотостимулированный аэрозольный сток атмосферных озона и метана // *Ж-л эколог. хим.* – 1992. – № 1. – С. 77–86.
15. *Ивлев Л.С., Давыдова-Мартинес В.И., Варгас О.А., Мартинес А.* Изменчивость характеристик аэрозолей, озона и сернистого газа в приземном слое при землетрясении в Западной Мексике // *Оптика атмосферы и океана.* – 1998. – Т. 11. – С. 490–494.
16. *Ивлев Л.С., Довгалюк Ю.А.* Физика атмосферных аэрозольных систем. – СПб. : НИИХ СПбГУ, 2000. – 256 с.
17. *Ивлев Л.С., Жуков В.М., Иванов В.А., Кудряшов В.И.* Изучение структуры и элементного состава стратосферных аэрозолей импакторным методом во время советско-американского эксперимента 1987 года // *Труды ГГО.* – 1990. – Вып. 534. – С. 137–145.
18. *Ивлев Л.С., Жуков В.М., Кудряшов В.И., Михайлов Е.Ф.* Прямые измерения вещества вулканического происхождения в нижней атмосфере // *Оптика атмосферы и океана.* – 1993. – Т. 6. – С. 1249–1267.
19. *Ивлев Л.С., Иванов В.А., Жуков В.М.* Эволюция морфологической структуры стратосферных аэрозолей // *Труды Главной геофизической обсерватории.* – 1990. – Вып. 534. – С. 146–153.
20. *Ивлев Л.С., Карпов Г.А., Кист А.А., Кулматов Р.Б., Абдуллаев Р., Семова А.Ю., Федченко М.А.* Исследование структуры и химического состава аэрозолей в приземном слое атмосферы районов вулканической активности Камчатки // *Вулканология и сейсмология.* – 1986. – № 1. – С. 32–42.
21. *Ивлев Л.С., Колосов А.С., Терехин С.Н.* Роль и механизмы эруптивных извержений в изменениях климата Земли // «Естественные и антропогенные аэрозоли». Сб. тр. между-

нар. конф. 21.05–24.05.2006. – СПб., 2008. – С. 145–159.

22. *Ивлев Л.С., Кондратьев К.Я., Хворостовский С.Н.* Влияние космического мусора на состав, оптические свойства и физические процессы в верхней и средней атмосфере // Оптический ж-л. – 2001. – Т. 68. – № 4. – С. 3–12.

23. *Ивлев Л.С., Кудряшов В.И., Ариас М.Е., Варгас А.О.* Комплексное исследование оптико-метеорологических параметров атмосферы в окрестности вулкана Колима (Мексика). Ч. 1. Сухой сезон // Оптика атмосферы и океана. – 1998. – Т. 11. – С. 748–767.

24. *Ивлев Л.С., Кудряшов В.И., Ариас М.Е., Варгас А.О.* Комплексное исследование оптико-метеорологических параметров атмосферы в окрестности вулкана Колима (Мексика). Ч. 2. Влажный сезон // Оптика атмосферы и океана. – 1998. – Т. 11. – № 8. – С. 884–898.

25. *Ивлев Л.С., Кудряшов В.И., Эдвардс А.* Исследование микроструктуры и элементного состава аэрозолей вблизи вулкана Парикутин (Мексика) в период дождей // Известия Русского географического общества. – 1998. – Т. 130. – Вып. 2. – С. 38–43.

26. *Ивлев Л.С., Миронова И.А.* Пространственно-временные характеристики мощных вулканических извержений // «Естественные и антропогенные аэрозоли». Сб. тр. IV международной конференции. 6.10–09.10.2003. – СПб. : ВВМ, 2005. – С. 182–185.

27. *Ивлев Л.С., Попова С.И.* Комплексный показатель преломления диспергированной фазы атмосферного аэрозоля // Изв. АН СССР, сер. Физика атмосферы и океана. – 1973. – Т. 9. – С. 1034–1043.

28. *Ивлев Л.С., Сирота В.Г., Хворостовский С.Н.* Влияние окисления вулканической двуокиси на содержание серноокислотных аэрозолей и озона в стратосфере // Оптика атмосферы и океана. – 1990. – Т. 3. – С. 37–43.

29. *Ивлев Л.С., Хворостовский С.Н.* Исследование воздействия космического излучения на микроструктурные параметры и оптические свойства нижней атмосферы в средних и высоких широтах // Оптика атмосферы и океана. – 2000. – Т. 13. – С. 1073–1086.

30. *Ивлев Л.С., Хворостовский С.Н.* Механизмы влияния выпадений высокоэнергетических частиц на процессы образования облачного покрова в средних и высоких широтах // Тр. междунар. конф. «Физика атмосферного аэрозоля». – М. : ИФА РАН, 1999. – С. 176–190.

31. *Кондратьев К.Я.* Комплексный мониторинг последствий извержения вулкана Пинатубо // Исследования Земли из космоса. – 1993. – № 1. – С. 111–122.

32. *Кондратьев К.Я., Ивлев Л.С.* Климатология аэрозолей и облачности. Т. 1. Природные и техногенные аэрозоли. – СПб. : ВВМ, 2008. – 555 с.

33. *Кондратьев К.Я., Ивлев Л.С., Галиндо И.* Применение понятия фактора обогащения при исследовании продуктов вулканических извержений // ДАН. – 1995. – Т. 394. – С. 581–583.

34. *Кондратьев К.Я., Ивлев Л.С., Крапивин В.Ф.* Свойства, процессы образования и по-

следствия воздействий атмосферного аэрозоля: от нано- до глобальных масштабов. – СПб. : ВВМ, 2007. – 858 с.

35. *Кондратьев К.Я., Исидоров В.А.* Воздействие сжигания биомассы на химический состав атмосферы // Оптика атмосферы и океана. – 2001. – Т. 14. – С. 107–114.

36. *Кропоткин П.Н.* Возможная роль космических факторов в геотектонике // Геотектоника. – 1970. – № 2. – С. 30–46.

37. *Кудряшов В.И., Ивлев Л.С.* Анализ элементного состава атмосферных аэрозолей в районе вулканов Колима и Попокатепетль (Мексика) в 1994–1995 гг. // «Естественные и антропогенные аэрозоли». Материалы междунар. конф. 29.09–04.10.1997. – СПб. : ВВМ, 1998. – С. 457–479.

38. *Кэйдл Р.* Твердые частицы в атмосфере. – М. : Мир, 1969. – 284 с.

39. *Лушников А.А., Загайнов В.А.* Кинетическая эффективность конденсации при произвольной вероятности прилипания молекул к частицам // Изв. РАН. – 2002. – Т. 387. – № 2. – С. 192–199.

40. *Мархинин Е.К.* Вулканы и жизнь (Проблемы биовулканологии). – М. : Мысль, 1980. – 196 с.

41. *Матвеев Л.Т.* Физика атмосферы. – СПб. : Гидрометеиздат, 2000. – 778 с.

42. *Матвеев Л.Т., Матвеев Ю.Л.* Облака и вихри – основа колебаний погоды и климата. – СПб. : РГГМУ, 2005. – 326 с.

43. *Монин А.С.* Введение в теорию климата. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 512 с.

44. *Пискунов В.Н.* Теоретические модели кинетики формирования аэрозолей. – Саров : РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000. – 209 с.

45. *Райст П.* Аэрозоли. Введение в теорию. – М. : Мир, 1987. – 278 с.

46. *Раст Х.* Вулканы и вулканизм. – М. : Мир, 1982. – 344 с.

47. *Розенберг Г.В.* Свойства атмосферного аэрозоля по данным оптических исследований // Усп. физ. наук. – 1969. – Т. 95. – № 1. – С. 159–208.

48. *Смирнов В.В.* Ионизация в тропосфере. – СПб. : Гидрометеиздат, 1992. – 312 с.

49. *Федотов С.А.* Магматические питающие системы и механизм извержений вулканов. – М. : Наука, 2006. – 455 с.

50. *Хаин В.Е.* Цикличность и тектоника // Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. – М. : Наука, 1977. – С. 213–221.

51. *Черемисин А.А., Кушнаренко А.В.* Оценка фотофоретического взаимодействия аэрозольных частиц в стратосфере // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 23. – С. 475–479.

52. *Юнге Х.* Химический состав и радиоактивность атмосферы. – М. : Мир, 1965. – 423 с.

53. *Anastasio C., Martin S.T.* Atmospheric nanoparticles // Rev. Miner. Geochem. – Vol. 44. – 2001. – P. 293–349.

54. *Andreae M.O.* Global distribution of fires seen from space // EOS Trans. – 1993. – Vol. 74. – P. 129–135.

55. *Arias Villanueva E.M., Ivlev L.S., Kudryashov V.I.* Variation of the aerosol concentration and chemical composition in

- lower layer of West States Mexico // Works of the Third International conference «Natural and anthropogeneous aerosols» / Ed. by L.S. Ivlev. – Saint Petersburg : CRI Phys. SPSU, 2003. – P. 54–71.
56. *Calfee R.F., Gates D.M.* Calculated slant-path absorption and distribution of atmospheric water vapor // *Applied Optics*. – 1966. – Vol. 5. – No 2. – P. 57–63.
57. *Chvorostovsky S.N., Ivlev L.S.* Space radiation influence on aeronomic processes in high-latitude atmosphere // Works of Third International Conference «Natural and anthropogeneous aerosols» / Ed. by L.S. Ivlev. – Saint-Petersburg : CRI Phys. SPSU, 2003. – P. 324–330.
58. *Crutzen P.J., Zimmerman P.H.* The changing photochemistry of the troposphere // *Tellus*. – 1991. – Vol. 43. – No 4. – P. 136–151.
59. *Frost B., Bucher K.* Is water responsible for geophysical anomalies in the deep continental crust? A petrological perspective // *Tectonophysics*. – Vol. 231. – 1994. – P. 293–309.
60. *Donchenko V.K., Ivlev L.S.* Identification of different origin aerosols // Works of the Third International Conference «Natural and anthropogeneous aerosols» / Ed. by L.S. Ivlev. – Saint-Petersburg : CRI Phys. SPSU, 2003. – P. 41–51.
61. *Ehhalt D.H., Dom H., Poppe O.* The chemistry of the hydroxyl radical in the troposphere // *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*. – 1991. – Vol. 97. – P. 17–34.
62. *Friedlander S.K.* *Smoke, Dust and Haze: Fundamental of Aerosol Behavior*. – N. Y. : John Wiley & Sons, 1977. – 423 p.
63. *Galindo J., Ivlev L.S., Gonzalez A., Ayala R.* Airborne measurements of particle and gas emissions from the December 1994 – January 1995 eruption of Popocatepetl Volcano (Mexico) // *J. Volcanology Geotherm. Res.* – 1998. – Vol. 83. – P. 197–217.
64. *Griffin R. J., Dabdub D., Seinfeld J. H.* Secondary organic aerosol. 1. Atmospheric chemical mechanism for production of molecular constituents // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 17. – P. AAC 3/1–AAC 3/26.
65. *Griffin R. J., Nguyen K., Dabdub D., Seinfeld J. H.* A coupled hydrophobic-hydrophilic model for predicting secondary aerosol formation // *J. Chemistry*. – 2003. – Vol. 44. – P. 171–190.
66. *Grini A., Zender C.S., Colarco P.R.* Saltation sandblasting behavior during mineral dust aerosol production // *Geophys. Res. Lett.* – 2002. – Vol. 29. – No 18. – P. 15/1–15/4.
67. *Haigh J.D.* Climate variability and the influence of the Sun // *Science*. – 2001. – Vol. 294. – P. 2109–2111.
68. *Han J.-H., Hung H.-M., Martin S.T.* Size effect of hematite and corundum inclusions on the efflorescence relative humidities of aqueous ammonium nitrate particles // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 9–10. – P. AAC3/1–AAC3/10.
69. *Hanson D.R., Eisele F.L.* Measurement of pre-nucleation molecular clusters in the NH₃, H₂SO₄, H₂O system // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 12. – P. AAC10/1–AAC10/18.
70. *Hansen J., Lacis A., Ruedy K. and Sato M.* Potential climate impact of Mt. Pinatubo eruption // *Geophys. Res. Lett.* – 1992. – Vol. 19. – P. 215–218.
71. *Heintzenberg J., Okada K., Luo B.P.* Distribution of optical properties among atmospheric submicrometer particles of given electrical mobilities // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 11. – P. AAC2/1–AAC2/10.
72. *Houghton J.T., Seeley J. S.* Spectroscopic observation of the water vapour content of the stratosphere // *Quarterly J. Roy. Met. Soc.* – 1960. – Vol. 86. – P. 116–120.
73. *Ivlev L.S.* The Earth as an open Ecosystem. // *Global Climatology and Ecodynamics. Anthropogenic Changes to Planet Earth* / Ed. by Cracknell A.P., Krapivin V.F., Varotsos C.A. – Chichester, UK : Springer Publ. Praxis, 2008. – P. 397–425.
74. *Ivlev L.S.* Chapter 10. Atmospheric Aerosols // *Aerosols – Science and Technology* / Ed. By I. Agranovski. – Wienheim : Wiley-CH, 2010. – 492 p.
75. *Ivlev L.S., Galindo J., Kudryashov V.J.* Estudio de Aerosoles y Cenizas Dispersados Durante la Eruption de Volcan Popocatepetl del 21 de Diciembre 1994 – Resultados Preliminares // Report Centro Univesitario de Investigaciones en Ciencias de la Tierra. – Colima, Mexico : Universidad de Colima, 1996. – P. 257–284.
76. *Ivlev L.S., Klingo V.V., Chvorostovsky S.N.* Crystal clouds generation during molecular ions aerosol charging // Works of the Third international conference “Natural and Anthropogeneous Aerosols” / Ed. by L.S. Ivlev. – Saint-Petersburg : CRI Phys. SPSU, 2003. – P. 279–287.
77. *Jacobson M.Z.* Analysis of aerosol interactions with numerical techniques for solving coagulation, nucleation, condensation, dissolution, and reversible chemistry among multiple size distributions // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 19. – P. AAC 2/1–AAC 2/23.
78. *Jaenicke R.* *Tropospheric Aerosols // Aerosol-Cloud-Climate Interactions*. – Academic Press, 1993. – P. 1–31.
79. *Jordan C.E., Dibb J.E., Anderson B.E., Fuehlberg H.E.* Uptake of nitrate and sulfate on dust aerosols during TRACE-P // *J. Geophys. Res.* – 2003. – Vol. 108. – No 21. – P. GTE 38/1–GTE 38/10.
80. *Keller M., Jacob D., Wofsy S.C., Harris R.* Effects of tropical deforestation on global and regional atmospheric chemistry // *Climate Change*. – 1991. – Vol. 19. – P. 139–158.
81. *Kondratyev K.Ya.* *Multidimensional Global Change*. – Chichester, U. K. : Wiley/Praxis, 1998. – 761 p.
82. *Kondratyev K.Ya., Galindo I.* *Volcanic Activity and Climate*. – Hampton, VA : Deepak Publ., 1997. – 382 p.
83. *Kondratyev K.Ya., Ivlev L.S., Krapivin V.F., Varotsos C.A.* *Atmospheric Aerosol Properties, Formation, Processes and Impacts* // Chichester, UK : Springer Publ/Praxis, 2005. – 572 p.
84. *Lean J., Rin D.* Earth's response to a variable Sun // *Science*. – 2001. – Vol. 292. – P. 234–236.
85. *Leyva Kontreras A., Ivlev L.S., Vasilyev A.V., Vasilyev S.L.* Complex aerosol investigation of urban Mexico // Works of the Third international

- conference «Natural and Anthropogeneous Aerosols» / Ed. by L.S Ivlev. – Saint-Petersburg : CRI Phys. SPSU, 2003. – P. 72–74.
86. Liu X., Penner J.E. Effect of Mount Pinatubo H₂SO₄/H₂O aerosol on ice nucleation in the upper troposphere using a global chemistry and transport model // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 2. – P. AAC2/1–AAC2/18.
87. Martin R. V., Jacob D. J., Yantosca R. M., Chin M., Ginoux P. Global and regional decreases in tropospheric oxidants from photochemical effects of aerosols // *J. Geophys. Res.* – 2003. – Vol. 108. – No 3. – P. ACH 6/1–ACH 6/14.
88. Metzger S., Dentener F., Pardis S., Lelieveld J. Gas/aerosol partitioning. 1. A computationally efficient model // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 16. – P. ACH16/1–ACH16/24.
89. Metzger S., Dentener F., Krol M., Jenken A., Lelieveld J. Gas/aerosol partitioning. 2. Global modeling results // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 16. – P. ACH17/1–ACH17/23.
90. Moritz R.E., Bitz C.M., Steig E.J. Dynamics of recent climate change in the Arctic // *Science.* – 2002. – Vol. 297. – P. 1497–1502.
91. Narukawa M., Kawamura K., Hatsushika H., Yamazaki K., Li S.-M., Bottenheim J.W., Anlauf K.G. Measurement of halogenated dicarboxylic acids in the Arctic aerosols at polar sunrise // *J. Atmos. Chem.* – 2003. – Vol. 44. – P. 323–335.
92. Oberlander E.A., Brenninkmeijer C.A.M., Crutzen P.J., Elansky N.F., Golitsyn G.S., Granberg I.G., Scharffe D.H., Hofmann R., Belikov I.B., Paretzke H.G., van Velthoven P.F.J. Trace gas measurements along the Trans-Siberian railroad: The TROICA 5 expedition // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 14. – P. ACH13/1–ACH13/15.
93. Oreopoulos L., Marshak A., Cahalan R.F. Consistency of ARESE II cloud absorption estimates and sampling issues // *J. Geophys. Res.* – 2003. – Vol. 108. – No 1. – P. 13/1–13/16.
94. Pinto J.P., Turco R.P., Toon O.B. Self-limiting physical and chemical effects in volcanic eruption clouds // *J. Geophys. Res.* – 1989. – Vol. 94. – No 8. – P. 11.165–11.174.
95. Quinn P.K., Miller T.L., Botes T.S., Ogren J.A., Andrews E., Shaw G.E. A 3-year record of simultaneously measured aerosol chemical and optical properties at Barrow, Alaska // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 11. – P. AAC8/1–AAC8/15.
96. Quinn P., Bates T. Comparison of regional aerosol chemical and optical properties from the European, Asian, and North American plumes // *IGACTiv Newsletter.* – 2003. – No 28. – P. 24–30.
97. Sansone F.J., Benitez-Nelson C.R., Resing J.A., De Carlo E.H., Vink S.M., Heath J.A., Huebert B.J. Geochemistry of atmospheric aerosols generated from lava-seawater interactions // *Geophys. Res. Lett.* – 2002. – Vol. 29. – No 9. – P. 49/1–49/4.
98. Shamir N.J., Veizer J. Celestial driver of Phanerozoic climate? // *GSA Today.* – 2003. – Vol. 13. – No 7. – P. 4–10.
99. Seinfeld J.H., Pandis S.N. *Atmospheric Chemistry and Physics. From Air Pollution to Climate Change.* – N. Y. : Wiley Int., 1998. – 1327 p.
100. Sibson R.H., Moore J.M., Rankin A.H. Seismic pumping – a hydrothermal fluid transport mechanism // *J. Geol. Soc.* – 1975. – Vol. 131. – P. 653–659.
101. *Stratospheric Processes and their Role in Climate (SPARC). A Project of the WMO/ICSU/IOC World Climate Research Programme (WCRP). SPARC Assessment of Stratospheric Aerosol Properties.* Feb. 2006. WCRP-124, WMO/TD No 1295 // SPARC Report No 4. – 322 p.
102. *The Carbon cycle / Ed. by Wigley T.M.L., Schimel D.S.* – Cheltenham, U.K. : Edward Elgar Publ. Co. Ltd., 2000. – 480 p.
103. Toon O.B., Pollack J. B., Ackerman T.P., Turco R.P., McKay C.P., Liu M.S. Evolution of impact generated dust cloud and its effects on the atmosphere // *Geological Society of America Special Paper*, 190. – 1982. – P. 187–200.
104. Turco R.P., Toon O.B., Pollack J. B., Sagan C. Global consequences of nuclear warfare // *EOS.* – 63 – 1982. – P. 1018.
105. Twomey S. *Atmospheric Aerosols.* – Amsterdam : Elsevier, 1977. – 348 p.
106. Twomey S.A., Piergrass M., Wolfe T.L. An assessment of the impact of pollution on global cloud albedo // *Tellus.* – 1984. – Vol. 36B. – P. 356–366.
107. Went F.W. Organic matter in the atmosphere and its possible relation to petroleum formation // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* – 1960. – Vol. 46. – P. 212–215.
108. Wexler A.S., Clett S.L. Atmospheric aerosol models for systems including the ions H⁺, NH₄⁺, Na⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Br⁻ and H₂O // *J. Geophys. Res.* – 2002. – Vol. 107. – No 14. – P. ACH14/1–ACH14/14.
109. Whitby K. Modeling of atmospheric aerosol particle size distribution // *Progress Report. Particle Technology Lab., Mech. Eng. Dep., Univ. Minnesota, USA, 1975.* – 42 p.

СООТНОШЕНИЕ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТОРФЯНЫХ И САПРОПЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Н.Н. Бамбалов

Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси, г. Минск

Эл. почта: peatland@ns.ecology.ac.by

Статья получена редакцией 01.03.2013; принята к печати 13.05.2013

Рассмотрены стадии и этапы формирования торфяных и сапропелевых отложений. Сравнение биосферных процессов, обуславливающих формирование торфяных и сапропелевых отложений, выявило общие принципы их образования и развития. Стадии седиментогенеза в озерах соответствует стадия надземного преобразования отмерших растений-торфообразователей. Торф формируется в верхнем, торфогенном слое торфяной залежи с преобладанием аэробных процессов над анаэробными, а сапропель – в верхнем слое сапропелевой залежи – пелогене, где также преобладают аэробные процессы над анаэробными. В торфяных залежах ниже торфогенного слоя находится зона консервации и медленных вторичных изменений торфа в анаэробных условиях. Точно так же в сапропелевых залежах ниже пелогена находится зона консервации и медленных вторичных изменений сапропеля в анаэробных условиях. Наличие этих принципиально различных зон в торфяных и сапропелевых залежах с границами раздела между ними по линии начала полного анаэробноза в совокупности с незамкнутостью годового биоцикла углерода и азота обеспечивает переход вещества из биогенного круговорота в геологический. В биогенном круговороте торф и сапропель находятся не более нескольких сотен лет, в то время как в геологическом – тысячи, десятки и сотни тысяч лет (последнее относится к межледниковым отложениям). Поставлен вопрос о целесообразности замены термина «пелоген» термином «пелогенный слой» (по аналогии с термином «торфогенный слой»).

Ключевые слова: органическое вещество, торф, сапропель, биогенный круговорот, геологический круговорот.

RELATIONSHIPS BETWEEN BIOTIC AND ABIOTIC PROCESSES IN PEAT AND SAPROPEL SEDIMENTS FORMATION

N.N. Bambalov

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, the Republic of Belarus

E-mail: peatland@ns.ecology.ac.by

Stages and phases in the formation of peat and sapropel sediments are compared to reveal their common and distinct features. Sediment formation in lakes corresponds to the overground transformation of died-off peat-forming plants. Peat is formed in the upper layer of a peat bed where aerobic process dominate over anaerobic ones, whereas sapropel is formed in the upper layer of sapropel bed, which termed pelogen, where aerobic process are predominant, too. In the peat beds below the peat-forming layer, the conservation zone is located, where slow secondary process of peat transformation take place under anaerobic conditions. A similar zone is located below the pelogenic layer of a sapropel bed. The presence of these two radically different zones and an interfaces between them in each of the two types of sediments in combination with nonclosed annual carbon and nitrogen cycles provides for net matter flux from the biological to geological turnover. The time scale of the biological turnover of matter in peat and sapropel is about several hundreds years, whereas that of the geological turnover amounts to tens and hundreds thousand years (the latter timescale relates to interglacial sediments).

Keywords: organic matter, peat, sapropel, biological turnover, geological turnover.

Введение

Торфяные и сапропелевые отложения являются продуктом эволюции биосферы и ее неотъемлемой частью. Болота и те озера, в которых накапливается сапропель, выполняют весьма важные биосферные функции: аккумулятивную, биологическую, межкугворотную, ландшафтную, газорегуляторную, геохимическую, гидрологическую и климатическую [2]. Первые четыре функции являются незаменимыми, то есть такими, которые присущи только болотам, и никакие экосистемы на суше: леса, луга, степи, сельскохозяйственные угодья – не способны их выполнять. Не ставя задачей рассмотрение всех вышеуказанных функций, обратим внимание лишь на те из них, которые связаны с особенностями процессов образования торфяных и сапропелевых отложений.

Аккумулятивная функция болот и озер относится к категории незаменимых, так как только в них образуются и аккумулируются торф и сапропель, которые нигде больше не накапливаются. Качество и скорость аккумуляции торфа и сапропеля зависят от комплекса физико-географических и геохимических факторов, в которых происходит их формирование. В полосе умеренного климата, например на территории Беларуси, в голоцене сформировались отложения торфа с глубиной до 9,0 м, а сапропеля – до 18 м, в Греции, в более теплом климате, где не было оледенений в четвертичном периоде, имеется болото со слоем торфа 35 м.

Вместе с аккумуляцией торфа или сапропеля происходит аккумуляция энергии и биогенных химических элементов – углерода, кислорода, водорода, азота, серы, фосфора, кальция, магния, железа и многих

других элементов, входящих в состав торфообразователей или сапропелеобразователей.

Гидрологическая и водно-аккумулятивная роль озер вполне очевидна и не требует пояснений. Торфяные болота также являются мощными аккумуляторами воды благодаря высокой влагоемкости торфа, от 650 до 3000% по отношению к сухой массе. В среднем влажность торфяных залежей составляет 90–92%, следовательно, на каждую тонну сухого вещества приходится 9,0–11,5 т воды, поэтому фактически болота представляют собой водоемы, заполненные полуразложившимися растительными остатками в виде торфа.

Торфяные и сапропелевые месторождения в естественном состоянии обеспечивают переход химических элементов из биогенного круговорота в геологический, а в осушенном состоянии – наоборот, из геологического круговорота в биогенный, поэтому неосушенные болота выводят из атмосферы диоксид углерода, а из осушенных он в нее поступает. На территории Беларуси среднегодовая аккумуляция углерода в торфяных отложениях составляет от 0,15 до 0,59 т/га в зависимости от типа и вида фитоценозов, а в разных типах сапропелевых отложений – от 0,09 до 0,17 т/га. В то же время с 1 га осушенных торфяных почв в атмосферу выделяется от 1,90 до 5,72 т/га углерода за счет минерализации органического вещества торфа в зависимости от возделываемых культур – многолетних трав, зерновых, пропашных [2].

Торф и сапропель имеют биогенное происхождение и относятся к осадочным органогенным породам. Формирование современных торфяных и сапропелевых отложений под воздействием биотических и абиотических процессов началось в послеледниковый период и продолжается поныне, однако научные знания о соотношениях этих процессов систематизированы недостаточно.

Цель данной обзорной работы состоит в выявлении общих и отличительных процессов, происходя-

щих при формировании торфяных и сапропелевых отложений.

Образование торфа

Процесс образования осадочных пород состоит из двух стадий: первая – седиментогенез, вторая – диагенез [22, 23, 33]. Стадия седиментогенеза в общегеологическом плане включает три группы процессов: мобилизацию вещества при выветривании и размыве, перенос вещества водой, льдом, ветром или под воздействием гравитации, осаждение вещества на водосборах [29, 34], после чего начинается стадия диагенеза. Под диагенезом в геологии понимается процесс преобразования осадков в осадочные породы [8, 9]. В процессе диагенеза происходит физико-химическое уравнивание сложной и неравновесной смеси исходных минеральных и органоминеральных соединений, органического вещества отмерших и живых организмов. Стадия диагенеза протекает в два этапа – окислительный и восстановительный [8, 9, 35] в зависимости от наличия свободного кислорода, растворенного в водах, заполняющих пространство между твердыми частицами осадков.

Важнейшей отличительной особенностью образования торфа является продуцирование основной части исходного материала в виде биомассы болотных растений на месте образования месторождения. Вещественный состав торфа формируется из двух основных источников: отмершие болотные растения и вещества, привносимые в болота с окружающих территорий ветром, атмосферными осадками, поверхностными и подземными водами (табл. 1), однако суммарно их доля не превышает 15%. Для разных типов болот источники и пути поступления исходных веществ для образования торфа существенно различаются: наиболее разнообразны они на пойменных низинных болотах, наименее разнообразны – на болотах верхового типа, где водно-минеральное питание представлено только атмосферными осадками.

Табл. 1

Источники и пути поступления веществ в торфяные отложения

Источники и пути поступления веществ	Торфяные отложения низинного типа			Торфяные отложения переходного типа	Торфяные отложения верхового типа
	пойменного происхождения	озерного происхождения	суходольного происхождения		
Биомасса отмерших болотных организмов	+	+	+	+	+
Смывание веществ с окружающих суходолов в краевые зоны болот	+	+	+	–	–
Привнос веществ с атмосферными осадками	+	+	+	+	+
Привнос веществ с паводковыми водами	+	–	–	–	–
Привнос веществ с подземными водными потоками	+	+	+	+/-	–

Применительно к процессам образования торфяных отложений стадия седиментогенеза начинается с момента отмирания болотных растений и завершается их отложением на поверхности почвы (табл. 2). На стадии седиментогенеза в формировании вещественного состава торфа помимо отмерших организмов принимают участие вещества, привнесенные с атмосферными осадками. Под влиянием антропогенного фактора эта стадия вещественного баланса материала для образования торфа систематически возрастает, особенно вблизи крупных промышленных центров. Кроме этого в краевые зоны низинных болот поступают вещества с поверхностным стоком, а в поймах рек и озер в образовании торфа принимают участие вещества, привносимые паводковыми водами. В редких случаях в образовании торфа принимает участие вулканический пепел. Однако главным исходным материалом для образования торфа всегда является биомасса отмерших растений, количество которой зависит от состава фитоценозов, наличия питательных веществ для растений и степени обводнения территории.

На стадии седиментогенеза происходят значительные изменения отмерших растений под влиянием живых организмов, главным образом беспозвоночных и аэробных микроорганизмов [1, 11, 12], поэтому на поверхности почвы отлагаются материалы, уже частично гумифицированные и потерявшие значительное количество своей первоначальной биомассы в процессе наземного биогеохимического цикла минерализации. Итогом стадии седиментогенеза является накопление на поверхности почвы исходного материала для образования торфа в виде очень сложной смеси органических, минеральных и органоминеральных веществ разного генезиса, но с подавляющим преобладанием биомассы отмерших растений.

Далее начинается аэробный этап стадии диагенеза. Применительно к торфяным месторождениям этот этап изучался многими поколениями исследователей, в результате чего была создана теория торфогенного слоя [18, 37], суть которой состоит в следующем.

На избыточно увлажненных территориях уровни грунтовых вод колеблются в зависимости от сезонов года и погодных условий, однако существует линия, ниже которой уровень воды никогда не опускается. По современным представлениям [2, 3, 30], этой линией неосушенная почва делится на две принципиально различные зоны: верхнюю, биологически деятельную, и нижнюю, биологически инертную. Если на переувлажненной территории еще нет торфяной залежи, то торфогенный слой начинает формироваться на минеральной почве и постепенно формирует торфяную залежь.

Фактически торфогенный слой представляет собой целинную торфяную почву, в которой из-за колебания уровня грунтовых вод содержание влаги переменчиво, поэтому кислород проникает в ее поры. В торфогенном слое находятся живые корневые системы болотных растений и аэробные организмы. Здесь интенсивно развиваются биологические, биогеохимические, химические, физические и физико-химические процессы накопления, окисления, минерализации и гумификации органического вещества. Из физических процессов здесь наиболее распространены измельчение растительного материала и

его медленное уплотнение. Продолжительность пребывания отмерших торфообразователей в торфогенном слое в зависимости от природных условий и скорости накопления торфа может составить от 100–200 до 400–500 лет. Этого времени достаточно для приобретения торфом его физической структуры, химического состава и свойств. При этом до 95% исходной биомассы минерализуется и лишь около 5–16% сохраняется в виде торфа [26].

Постепенно из-за неполного разложения ежегодно поступающего органического вещества формируется слой торфа, толщина которого превышает амплитуду колебаний уровня грунтовых вод, поэтому часть отложенного торфа оказывается ниже их постоянного уровня. Здесь постоянно высокое содержание влаги, поры торфа заполнены водой и не насыщаются кислородом, поэтому нет живых корней и аэробных организмов. Ниже линии постоянного уровня грунтовых вод находится бывшая торфяная почва, почти лишенная живых организмов из-за постоянного анаэробноз. Это зона консервации торфа с преобладанием геологических процессов над биологическими. В этой анаэробной зоне торф сохраняет свои основные свойства, которые приобрел в торфогенном слое, претерпевает медленные вторичные изменения и превращается в органогенную горную породу. Свидетельством медленных вторичных изменений торфа в зоне консервации является образование метана при участии анаэробных бактерий.

Ежегодно новые слои торфа переходят из торфогенного слоя в нижележащие, поэтому торфяная залежь нарастает вверх, а вместе с этим осуществляется переход химических элементов, образующих торф, из биогенного круговорота в геологический.

Таким образом, в образовании торфяных месторождений стадия седиментогенеза включает этап наземного и наземного преобразования растений-торфообразователей. В стадии диагенеза выявлены этап торфогенного слоя (аэробный этап) и этап консервации торфа с медленными вторичными изменениями его свойств в анаэробных условиях [7, 18].

Глубина торфогенного слоя обычно составляет около 0,2–0,3 м, но на больших кочках может достигать глубины 0,5–0,6 м. По мере нарастания торфяных залежей глубина торфогенного слоя остается в этих пределах независимо от продолжительности процесса торфообразования. Глубина зоны консервации ежегодно увеличивается за счет прироста торфа и перехода его в эту зону из торфогенного слоя, поэтому она может достигать многих метров и даже десятков метров в зависимости от продолжительности и условий торфообразования.

Таковы в общих чертах стадии и механизмы образования торфяных отложений на минеральных грунтах. Наряду с этим широко распространено образование торфяных месторождений путем заболачивания озер [24, 37], и в этих случаях торфяные залежи формируются на отложениях сапропеля по вышеописанному механизму с обязательным формированием биологически деятельного торфогенного слоя и биологически инертной зоны консервации. Следует добавить, что в англоязычной научной литературе термину «торфогенный слой» соответствует термин «acrotelm», а зоне консервации – «catotelm», однако англоязычные термины появились позже российских.

Биотические и абиотические процессы на разных стадиях образования торфа (ОВ = органическое вещество)

Стадия образования торфа	Место и условия	Биотические процессы	Абиотические процессы
Стадия седиментогенеза	Наземный и наземный слой, аэробные условия	Интенсивная жизнедеятельность болотных организмов. Фотосинтез и продуцирование биомассы. Поглощение организмами веществ из почвы, воды и атмосферы. Отмирание живых организмов. Измельчение отмерших растений живыми организмами. Автолиз отмерших растений. Биохимические процессы окисления, гумификации и минерализация отмершего ОВ.	Привнос вещества из атмосферы. Привнос вещества на поверхность водными потоками (в поймах или краевых зонах). Измельчение отмершей биомассы при замерзании, оттаивании и окислении. Отложение отмершей биомассы на поверхности болота.
Стадия диагенеза	Окислительный этап	Интенсивная жизнедеятельность болотных организмов. Биологическая и биохимическая деструкция ОВ. Биохимическое окисление ОВ. Ферментативная деполимеризация ОВ. Ферментативная конденсация ОВ. Гумификация ОВ. Минерализация ОВ.	Агрегирование мелких гумифицированных частиц. Сорбционные взаимодействия. Ионный обмен. Органоминеральные взаимодействия. Геохимическое минералообразование. Переход вещества из биогенного круговорота в геологический. Растворение и вынос органических, органоминеральных и минеральных веществ. Прирост торфяной залежи.
	Восстановительный этап	Зона консервации, анаэробные условия	Вялотекущие, преимущественно очаговые микробиологические процессы вторичных превращений некоторых органических, минеральных и органоминеральных компонентов торфа. Вторичное преобразование органических и органоминеральных веществ торфа. Нарастание зоны консервации торфа вверх.

Образование сапропеля

Образование сапропеля и сапропелевых месторождений – также длительный и сложный процесс. Источники и пути поступления веществ в озера и сапропелевые отложения показаны на рис. 1. Вещественный состав сапропеля формируется из трех основных источников: во-первых, это отмершие организмы озер – планктон, бентос и макрофиты; во-вторых, органические, минеральные и органоминеральные вещества, привносимые в озера с окружающих территорий ветром, атмосферными осадками, поверхностными и подземными водами; в-третьих, осадки, образующиеся в озерах из растворенных в

воде веществ в результате химических и физико-химических взаимодействий при периодических изменениях реакции среды, температуры, окислительно-восстановительного потенциала, насыщенности воды кислородом, углекислым и другими газами [10, 13, 33, 40]. Из трех вышеназванных источников поступления материалов для образования сапропеля формируются две большие группы веществ: первая – автохтонные вещества, которые продуцируются в самих водоемах, вторая – аллохтонные, или терригенные материалы, привнесенные в озера с окружающих территорий (рис. 2).

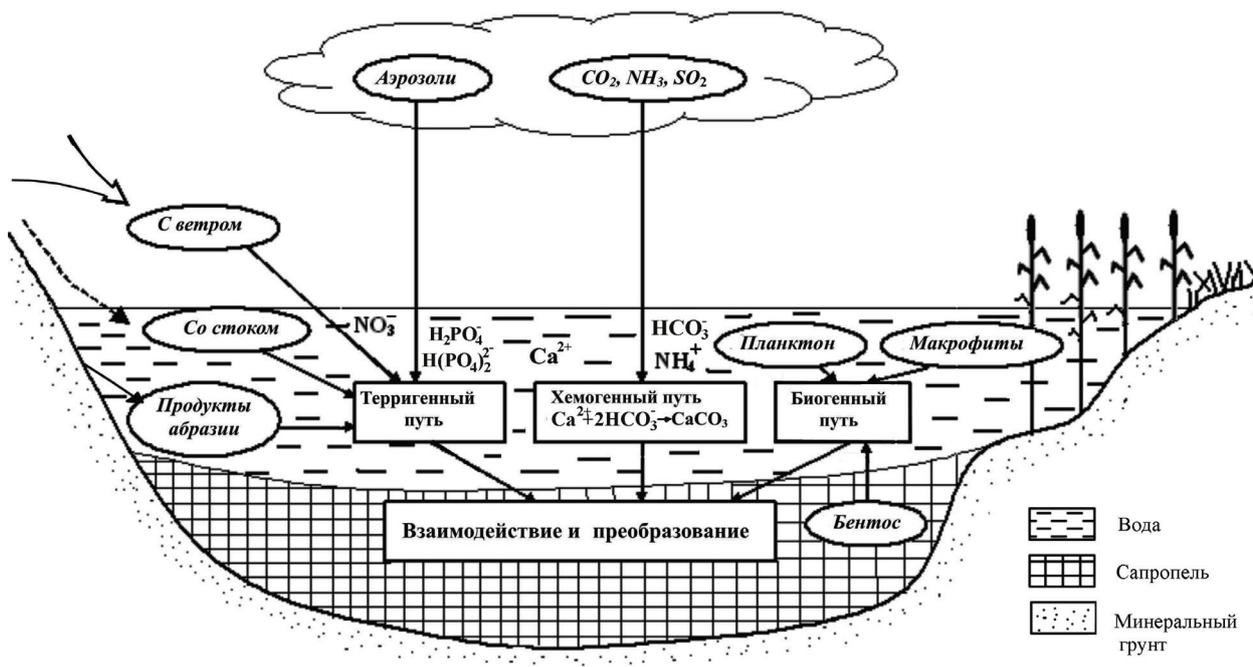


Рис. 1. Источники и пути поступления веществ в озера и сапропелевые отложения

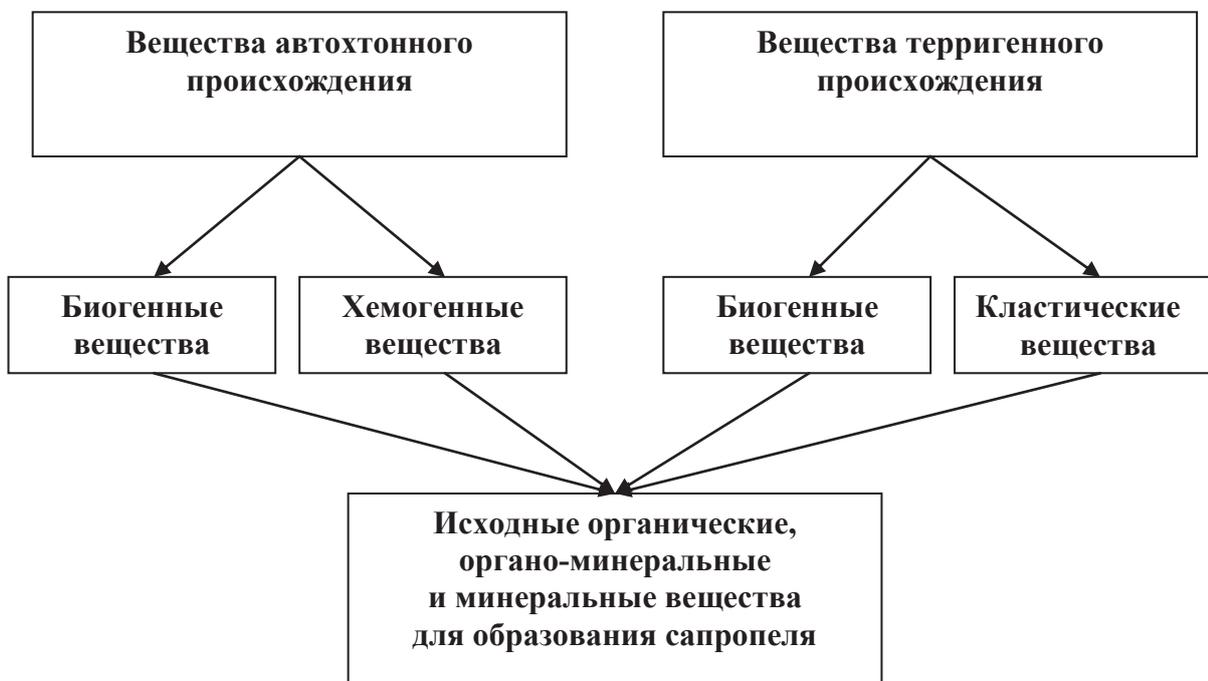


Рис. 2. Схема формирования смеси исходных веществ для образования сапропеля

Органические, органоминеральные и минеральные вещества могут иметь как автохтонное, так и терригенное происхождение. Сапропелеобразователи биогенной природы могут формироваться как внутри водоемов, так и на окружающих территориях. В отличие от этого хемогенные вещества образуются только внутри водоемов в результате протекания химических реакций между растворенными в воде соединениями, а минеральные, например, глинистые частицы, привносятся в озера с окружающих территорий ветром или водными потоками.

Принципиально важен вопрос о количественном соотношении между веществами-сапропелеобразователями автохтонного и терригенного происхождения. По данным работ [6, 14, 16, 19, 22, 27, 32, 36, 38, 40] и других, поступление в озера терригенных материалов и распределение их по дну зависит от биоклиматических зон, где расположены озера, литологического состава пород на водосборах озер, рельефа местности, гидрологического режима озер, морфометрических особенностей озерных котловин, степени зарастания озер макрофитами, интенсивности продуцирования планктона, характера растительности береговой зоны и других физико-географических факторов. Из анализа публикаций этих авторов можно заключить, что доля терригенных минералов, поступающих в озера, оценивается величиной от 1 до 30% и весьма редко более чем в 30%, но чаще всего не выше 10% от общей массы веществ, поступившей в озеро в течение года. Наиболее богаты терригенными минералами проточные озера и озера с крутыми берегами. В зоне степных равнин терригенные материалы поступают в озера в основном эоловым путем.

Из обобщения работ [6, 10, 14, 16, 19, 22, 27, 32, 36, 38, 40] следует, что независимо от типа лимногенеза важнейшей особенностью сапропелевых отложений является их формирование из веществ преимущественно внутриводоемного генезиса.

На объемы и скорость поступления исходных материалов для образования сапропеля большое влияние оказывают биологическая продуктивность озер, зависящая от условий трофности, и интенсивность деструкции органического вещества, зависящая от кислородного режима, который в свою очередь зависит от глубины, проточности, размеров водоемов и других факторов. Биологическая продуктивность определяет общее количество биомассы и биогенных элементов, ежегодно участвующих в биогеохимических циклах образования сапропеля. Кислородный режим озер определяет интенсивность и глубину преобразования исходного органического вещества в сапропель: чем больше растворено кислорода в воде, тем интенсивнее протекают процессы минерализации и гумификации, тем глубже перерабатываются исходные материалы в сапропель. В белорусских озерах количество растворенного кислорода составляет от 16 до 0,2 мг/л, уменьшается с глубиной водного слоя и сильно изменяется по сезонам года [40]. Соответственно этому в разные сезоны года процессы поступления и преобразования исходных веществ для образования сапропеля происходят с разной интенсивностью.

Образование сапропеля начинается в водном слое озера со стадии седиментогенеза и завершается восстановительным этапом диагенеза в глубине сапропелевой залежи, причем переход окислительного эта-

па диагенеза в восстановительный осуществляется постепенно по мере расходования в осадках кислорода на дыхание аэробных организмов, преобразующих исходные вещества в сапропель, а также на химические процессы окисления, протекающие без участия организмов. Применительно к процессу образования сапропелевых отложений стадии и их этапы имеют особенности, суть которых изложена ниже и в обобщенном виде представлена в табл. 3.

Первая стадия образования сапропеля включает собственно седиментацию веществ и их первичное преобразование в процессе осаждения. Седиментация исходных веществ начинается с того момента, когда в воде озера появляются нерастворимые частицы органических, минеральных и органоминеральных веществ. Их оседание на дно озера осуществляется в соответствии с законами седиментации [24, 29] и по времени может длиться от секунд до месяцев. Например, коллоидные частицы оседают весьма медленно, причем внутриводоемные движения водных потоков препятствуют их седиментации. Ускорение седиментации таких частиц может происходить в результате их укрупнения. В противоположность этому, крупные обломочные материалы, поступающие в водный слой озера в результате абразии берегов, оседают в течение нескольких секунд.

Распределение оседающих частиц по дну озера зависит как от размеров частиц, так и от движений водного слоя в связи с течениями, волнениями и другими причинами, вызывающими перемещения водных масс. Как правило, вблизи берегов оседают крупнообломочные терригенные частицы, а в центральной части озера преобладают тонкодисперсные частицы. Таким образом, уже в процессе седиментации создаются предпосылки к формированию неоднородных по составу донных отложений в пределах озера.

При рассмотрении стадии седиментогенеза принципиальное значение имеют вопросы о вещественном составе исходных материалов для образования сапропеля, путях их поступления в озера, количестве веществ, поступающих на дно в течение годового биоцикла, о скорости и глубине изменения исходных материалов в процессе седиментации.

В процессе седиментогенеза происходят существенные химические и физические изменения первичных материалов за счет окисления, гидролиза, ферментативных процессов, ионного обмена, коагуляции, укрупнения частиц, сорбции и других процессов. Водная толща неоднородна, и, в зависимости от глубины, в ней выделяются аэробные и анаэробные слои. В водной толще происходят процессы как аэробного, так и анаэробного распада и синтеза органических веществ, процессы нитрификации, денитрификации, азотфиксации, преобразования соединений серы, фосфора и многие другие. Поэтому некоторые компоненты, например отмершие одноклеточные организмы, могут терять до 90% своей массы за время оседания [16, 17]. Доказано [17], что, чем больше слой воды, тем больше минерализуется исходных органических веществ в процессе седиментации. Наряду с этим в водоемах значительная часть органического и минерального вещества поступает на дно без существенных изменений в процессе седиментации. Это означает, что поступившая на дно озера смесь органических, минеральных и органоминеральных веществ еще не является сапропе-

лем. В сапропель эти вещества превратятся только в результате последующих глубоких преобразований.

Стадия седиментогенеза завершается, когда осевшие на дно озера частицы прочно закрепляются и не поднимаются с него при движениях воды. Итогом седиментогенеза является формирование на дне озера исходного материала для образования сапропеля в виде очень сложной смеси органических, минеральных и органоминеральных веществ разного генезиса, как показано на рис. 2.

В результате седиментации на дне озер постепенно формируются отложения, которые по вертикали делятся на два слоя: сверху – содержащий кислород и заселенный донными организмами, биологически деятельный, называемый пелогеном [28, 31], ниже залегает анаэробный, биологически инертный слой – зона консервации и медленных вторичных изменений.

Вторая стадия образования сапропеля – диагенез, начинается в пелогене, глубина которого в раз-

ных озерах колеблется в пределах 0,2–0,6 м [15, 21, 39]. Здесь достаточно кислорода, растворенного в воде, для жизнедеятельности бентоса и многих видов аэробных микроорганизмов, поэтому в результате биологических, биохимических, физических, химических, физико-химических, геохимических и геологических процессов происходит интенсивное преобразование исходных материалов в сапропель [17, 21, 28, 31, 39, 35]. Для пелогена характерны ферментативные и другие процессы биогенной минерализации и гумификации органического вещества, а также процессы гидролиза, окисления, восстановления, реакции замещения и ионного обмена, конденсации, деполимеризации, гидратации, дегидратации, процессы сорбции, десорбции и многие другие. При этом в пелогене ведущими и преобладающими являются процессы преобразования исходных материалов в сапропель, протекающие с участием аэробных живых организмов.

Табл. 3

Биотические и абиотические процессы на разных стадиях образования сапропеля (ОВ = органическое вещество)

Стадия образования сапропеля	Место и условия	Биотические процессы	Абиотические процессы
Стадия седиментогенеза	Водный слой, аэробные условия	Интенсивная жизнедеятельность водных организмов. Фотосинтез и продуцирование биомассы. Поглощение организмами веществ из воды. Биогенное образование минералов. Отмирание живых организмов. Окисление и минерализация отмершего ОВ. Биогенное изменение отмершего ОВ.	Привнос вещества водными потоками. Привнос вещества ветром. Абразия берегов. Хемогенное образование минералов. Седиментация. Перераспределение материалов по площади дна озера. Сорбционные взаимодействия.
Стадия диагенеза	Окислительный этап	Интенсивная жизнедеятельность бентосных организмов. Биологическая и биохимическая деструкция ОВ. Минерализация ОВ. Гумификация ОВ. Биохимическое окисление ОВ. Ферментативная деполимеризация ОВ. Ферментативная конденсация ОВ. Завершение биогенного образования минералов. Органоминеральные взаимодействия.	Дезагрегирование крупных обломочных материалов. Агрегирование мелких частиц. Сорбционные взаимодействия. Ионный обмен. Геохимическое минералообразование. Переход вещества из биогенного круговорота в геологический. Прирост сапропелевой залежи.
	Восстановительный этап	Зона консервации, анаэробные условия	Вялотекущие, преимущественно очаговые микробиологические процессы вторичных превращений некоторых органических, минеральных и органоминеральных компонентов сапропеля. Вторичное преобразование минералов и ОВ. Старение коллоидной части сапропеля. Обезвоживание сапропеля. Уплотнение сапропеля. Нарастание зоны консервации вверх.

Принципиально важно, что в пелогене происходит синтез новых веществ, которых не было в исходных органических и минеральных материалах. К ним относятся гуминовые вещества, кальцит, сидерит, гипс, керченит, пирит и многие другие, а также гуматы и фульваты кальция, марганца, железа, глино-гумусовые и другие органоминеральные вещества. В пелогене окончательно освобождаются от остатков растительных и животных организмов такие биогенные минералы, как опал, арагонит, кальцит, лимонит.

Именно в пелогене происходят глубокие изменения первичных материалов, поступивших в озеро, в результате которых образуется сапропель. В пелогене сапропель формируется как таковой и приобретает свои характерные свойства: структуру, цвет, желеобразную консистенцию, вязкопластические свойства, биологический и химический составы и т. д.

Скорость и глубина преобразования исходных материалов в сапропель существенно зависят от количества растворенного кислорода в иловой воде, но его содержание постепенно и неуклонно уменьшается с глубиной в связи с расходом на дыхательные процессы бентосных организмов и на окисление находящихся здесь веществ. Вследствие этого с глубиной в пелогене постепенно уменьшается соотношение между окислительными и восстановительными процессами, поэтому окислительный этап диагенеза постепенно затухает и плавно переходит в восстановительный, или анаэробный этап, когда образовавшийся в пелогене сапропель в результате многолетних наслоений оказывается в зоне полного анаэробнозиса.

С этого момента начинается восстановительный этап медленных вторичных изменений сапропеля в условиях анаэробнозиса, который продолжается неопределенно долгое время, пока сапропелевая залежь находится в естественных условиях. В зоне полного анаэробнозиса на сапропель воздействуют лишь анаэробные микроорганизмы, физико-химические и геологические факторы, например давление, старение коллоидов, вторичные преобразования органического вещества, минералов и т. п. Здесь абиотические процессы преобладают над биотическими, при этом анаэробные микробиологические процессы имеют, как правило, не сплошной, а очаговый характер и протекают значительно медленнее аэробных процессов.

Еще медленнее протекают геологические процессы, поэтому сапропель здесь сохраняет в основном те свойства, которые он приобрел в пелогене, и изменяется столь медленными темпами, что условно всю часть сапропелевой залежи, расположенную ниже пелогена, называют зоной консервации и медленных вторичных изменений.

Вышеописанные этапы диагенеза сапропеля четко различаются между собой, однако естественно возникает вопрос, где в сапропелевой залежи проходит граница между пелогеном и зоной консервации? Теоретически такой границей могла бы быть линия, ниже которой растворенный в воде кислород отсутствует, а окислительно-восстановительный потенциал переходит от положительных значений к отрицательным. Ниже этой линии начинается зона абсолютного анаэробнозиса, которая распространяется вниз до границы между сапропелем и минеральным ложем озера. Интенсивные преобразования исходных веществ в сапропель протекают выше этой линии, а ниже нее сапропель консервируется с весьма

медленными изменениями состава и свойств, приобретенных в пелогене. Однако в действительности некоторые анаэробные процессы происходят и при положительных значениях окислительно-восстановительного потенциала, то есть выше этой линии, поэтому вопрос о точной границе между пелогеном и зоной консервации остается не решенным.

В зависимости от морфологических особенностей озерных котловин, глубины и качества воды в них, проточности, состава пород, в которых сформировались котловины, и ряда других причин глубина прохождения границы между пелогеном и зоной консервации может отличаться не только в разных озерах, но и на разных участках сапропелевой залежи в пределах одного озера. Вместе с тем, глубина пелогена 0,2–0,6 м, определенная эмпирическим путем [17, 21–39], вполне соответствует современным представлениям о процессах сапропелеобразования и может быть принята в практических оценках сапропелевых отложений.

Формирование сапропелевых залежей во многом обусловлено высокой динамичностью процессов, протекающих в пелогене. Ежегодно на его поверхность систематически поступают новые порции материалов, из которых затем формируется сапропель. Переработка поступивших материалов живыми организмами требует определенного расхода растворенного в воде кислорода, поэтому нижняя часть пелогена испытывает его дефицит и ежегодно переходит из зоны аэрации в зону анаэробнозиса по глубине на такую же примерно величину, на какую увеличился верхний слой пелогена. Таким образом, сформировавшийся в пелогене сапропель, перекрываясь новыми ежегодными отложениями, постепенно переходит из биологически деятельного в биологически инертный слой сапропелевой залежи, то есть зона анаэробных процессов и консервации нарастает в сапропелевых залежах снизу вверх. В пелогене устанавливается динамическое равновесие между ежегодным поступлением нового вещества и переходом в зону консервации образовавшегося сапропеля.

Вследствие этих процессов толща пелогена в течение сотен и тысяч лет остается более или менее постоянной и не выходит за пределы 0,6 м, в то время как слой сапропеля в зоне консервации в результате описанных выше процессов систематически нарастает и может достигать 10–20 м и более. Скорость нарастания сапропелевых залежей колеблется в широких пределах от 0,1 до 2,5 мм в год [20].

В табл. 3 представлен перечень наиболее характерных биотических и абиотических процессов, протекающих на разных стадиях и этапах формирования сапропелевых отложений. Как видно, обе группы процессов имеют место на всех вышеописанных стадиях и этапах, однако соотношения между биотическими и абиотическими процессами для разных стадий и этапов различны. В зеленых растениях озер идет процесс фотосинтеза, который создает благоприятные предпосылки для внутриводоемного образования органического вещества водорослей и поступления его на дно: чем интенсивнее протекает фотосинтез, тем больше органического вещества поступает для образования сапропеля.

Для стадии седиментогенеза типичны физические и геологические процессы привноса и перераспределения по дну озер исходных материалов для об-

разования сапропеля, в то время как биотические процессы преобразования исходных материалов в сапрпель на этой стадии имеют ограниченное распространение из-за кратковременности оседания отмершего органического вещества на дно водоемов. Для этой стадии характерны процессы лишь первичных преобразований органических и минеральных веществ, которые, однако, не завершаются в зоне седиментации образованием сапрпеля.

Для окислительного этапа диагенеза, проходящего в пелогене, преобладающими являются аэробные биотические процессы, в результате которых в сочетании с менее выраженными анаэробными и абиотическими процессами образуется сапрпель как особая органоминеральная горная порода, которая затем поступает в зону консервации и медленных вторичных изменений.

Пелоген – это зона в сапрпелевой залежи с преобладанием биотических процессов над геологическими и другими абиотическими. В противоположность этому, для восстановительного этапа диагенеза, проходящего в зоне консервации сапрпелевых отложений, наиболее типичны геологические и другие абиотические процессы в сочетании с очаговыми анаэробными вялотекущими биотическими. В совокупности они обеспечивают некоторые медленные и малозаметные вторичные преобразования сапрпеля, сформировавшегося в пелогене.

Сопоставление процессов образования торфа и сапрпеля

На основании сопоставления ведущих процессов, происходящих в торфяных и сапрпелевых залежах, вполне уместно провести аналогию между пелогеном и торфогенным слоем, а также между зонами консервации в торфяных и сапрпелевых залежах. Динамика процессов в этих слоях и механизмы нарастания зон консервации и вторичных изменений органогенных отложений в торфяных и сапрпелевых залежах весьма сходны, отличаясь только исходными материалами и условиями их преобразования, влияющими на качество аккумулируемых продуктов – торфа и сапрпеля.

Действительно, при сопоставлении сапрпелевых и торфяных залежей (табл. 4) отчетливо проявляются общие принципы их образования и развития. Стадия седиментогенеза в озерах соответствует стадия надземного преобразования отмерших растений-торфообразователей. Торф формируется в верхнем, торфогенном слое торфяной залежи с преобладанием аэробных условий, а сапрпель – в верхнем слое сапрпелевой залежи – пелогене, где также преобладают аэробные условия. В торфяных залежах ниже торфогенного слоя находится зона консервации и медленных вторичных изменений торфа в анаэробных условиях. Точно так же в сапрпелевых залежах ниже пелогена находится зона консервации и медленных вторичных изменений сапрпеля в анаэробных условиях.

Наличие этих принципиально различных зон в торфяных и сапрпелевых залежах с границами раздела между ними по линии начала полного анаэробнозиса в совокупности с незамкнутостью годового бицикла углерода и азота обеспечивает переход веществ из биогенного круговорота в геологический на неопределенно долгое время. В биогенном круговороте торф и сапрпель находятся не более нескольких сотен лет,

в то время как в геологическом – тысячи, десятки и сотни тысяч лет (последнее относится к межледниковым отложениям). Как отмечалось ранее [3], свойствами переходного звена между биогенным и геологическим круговоротами углерода обладают только торфяные и сапрпелевые месторождения, в то время как в других угодьях: лесах, лугах, степях, агроландшафтах – переход органического вещества из биогенного круговорота в геологический не происходит.

В связи с этим необходимо подчеркнуть, что мелкодисперсные осадки, накапливающиеся на дне искусственных водоемов и каналов, не являются сапрпелем, так как их возраст исчисляется лишь десятками лет, а настоящие сапрпелевые отложения формируются в течение сотен и тысяч лет, причем основными веществами, образующими осадки в каналах и искусственных водоемах, являются материалы, привносимые с окружающих территорий, в то время как в образовании сапрпеля основную роль играют вещества внутриводоемного генезиса.

Отмеченное выше сходство процессов образования торфяных и сапрпелевых месторождений позволяет поставить на обсуждение вопрос о целесообразности использования сходной терминологии для описания соответствующих отложений. Термин «пелоген», предложенный М.М. Соловьевым [28], в целом удачно отражает характер процессов, протекающих в верхней части сапрпелевой залежи, однако применительно к характеристике конкретного слоя отложений в земной коре этот термин звучит не по-русски. В русском языке геологические термины с окончанием «-ен» в большей степени соответствуют обозначениям временных периодов развития земной коры и биосферы, например «голоцен», «плейстоцен», «антропоген», «неоген», «палеоген» и т. п. Для обозначения материальных отложений в земной коре, включая полезные ископаемые, в русском языке используются существительные «слой» или «пласт» с соответствующим прилагательным, характеризующим состав отложений. С учетом этого для обозначения верхней биологически деятельной части сапрпелевой залежи вместо термина «пелоген» было бы целесообразно использовать термин «пелогенный слой» по аналогии с общепринятым термином «торфогенный слой», что будет соответствовать не только установившимся традициям использования русскоязычных терминов в биогеохимии и геологии, но и их физическому смыслу. Авторский приоритет М.М. Соловьева при этом полностью сохраняется.

Заключение

Торфяные и сапрпелевые отложения формируются, как и все осадочные породы, в две стадии: седиментогенез и диагенез. Стадия седиментогенеза на болотах проходит в надземном слое и заканчивается отложением исходных материалов на поверхности почвы, в озерах стадия седиментогенеза протекает в водном слое и заканчивается после закрепления осевших материалов на дне. Стадия диагенеза проходит в два этапа: окислительный и восстановительный. Окислительному этапу соответствует в торфяных отложениях зона торфогенного слоя, в сапрпелевых отложениях – зона пелогена. На указанных стадиях и этапах торфяные и сапрпелевые отложения формируются в результате сочетания биотических и абиотических процессов.

Сравнительная характеристика торфяных и сапропелевых залежей

Показатели, характеризующие слой	Торфяная залежь		Сапропелевая залежь	
	Торфогенный слой	Зона консервации	Пелоген	Зона консервации
Глубина распространения слоя, м	До 0,6	До 30	До 0,6	До 30
Наиболее часто встречающаяся глубина слоя, м	0,2–0,3	1–10	0,2–0,3	1–10
Преобладающий тип круговорота вещества и потока энергии	Биогенный	Геологический	Биогенный	Геологический
Место поступления твердого вещества	На поверхность	Не поступает	На поверхность	Не поступает
Место поступления растворенного вещества	По всему слою	По всему слою	По всему слою	По всему слою
Этап диагенеза	Окислительный	Восстановительный	Окислительный	Восстановительный
Преобладающие процессы в слое	Аэробные биотические	Геологические	Аэробные биотические	Геологические
Подчиненные процессы в слое	Геологические	Анаэробные биотические	Геологические	Анаэробные биотические
Скорость нарастания слоя, мм/год	0 (динамическое равновесие)	0,1–2,1	0 (динамическое равновесие)	0,1–2,5
Продолжительность этапа диагенеза, годы	100–500	Неопределенно долгое время	100–500	Неопределенно долгое время
Основной итог пребывания вещества в слое	Формирование торфа	Формирование торфяной залежи	Формирование сапропеля	Формирование сапропелевой залежи

Общими биотическими процессами формирования торфяных и сапропелевых отложений являются: фотосинтез и продуцирование биомассы, биохимическое окисление, гумификация, завершающаяся биогеохимическим синтезом гуминовых веществ, отсутствующих в исходных материалах, и минерализация органического вещества до конечных продуктов (воды, диоксида углерода, аммиака и др.). Общими абиотическими процессами являются: поступление исходных веществ с окружающих территорий с водными потоками и ветром, с атмосферными осадками, деструкция и измельчение исходных материалов, органо-минеральные взаимодействия, геохимическое минералообразование, уплотнение отложений.

На стадии седиментогенеза наиболее характерными абиотическими процессами формирования исходных материалов для образования сапропеля являются: абразия берегов и привнесение минеральных веществ с окружающих суходолов и перераспределение по дну озера в соответствии с законами седиментации. Если озеро окружено болотом, в него привносится главным образом органическое вещество. Доля терригенных материалов в озерных отложениях может достигать 30%. Кроме этого в озерах значительная часть исходных минералов формируется хемогенным и биогенным путем. В совокупности

это обеспечивает высокое содержание минеральных компонентов в сапропелевых отложениях (15–85%), при этом в отдельных случаях вклад абиотических процессов в формирование сапропеля может быть основным, например при формировании сапропеля, обогащенного глинистыми минералами.

В отличие от этого, не менее 95% всех исходных материалов для образования торфа формируется непосредственно на болотах, привнесение веществ с окружающих суходолов ограничено лишь краевыми зонами низинных болот (несколько метров), а в болота верхового и переходного типов терригенные материалы с суходолов вообще не поступают. Исключения составляют пойменные болота, где привносимые паводковыми водами терригенные материалы в прирусловых частях пойм могут оказывать заметное влияние на состав образующегося торфа, но даже в таких местах содержание минеральных компонентов в торфе, как правило, не превышает 30%.

На окислительном этапе диагенеза в торфогенном слое и пелогене происходят наиболее интенсивные преобразования исходных компонентов, и именно на этом этапе торф и сапропель формируются как таковые и приобретают все основные свойства, которые, однако, зависят от соотношения биогенных и абиогенных процессов: преобладание биогенных процессов обуславливает формирование малозоль-

ных отложений, а абиогенных – высокозольных. На восстановительном этапе диагенеза торф и сапропель подвергаются весьма медленным вторичным изменениям под влиянием анаэробных биогенных и абиогенных процессов.

Принципиальное значение имеет соотношение между аэробными и анаэробными процессами на всех стадиях и этапах формирования торфяных и сапропелевых отложений, обуславливающее незамкнутость годовых биоциклов углерода, азота и других биогенных элементов, а также переход их из

биогенного круговорота в геологический. Наилучшие условия для такого перехода создаются только на болотах и в тех озерах, где имеет место образование и аккумуляция сапропеля, в то время как в лесах, степях, агроценозах и других экосистемах переход элементов из биогенного круговорота в геологический ничтожно мал или вообще не имеет места. Тем самым, торфяные и сапропелевые залежи в ненарушенном состоянии выполняют в биосфере уникальную роль передаточного звена между биогенным и геологическим круговоротами.

Литература

1. *Аристовская Т.В.* Микробиология процессов почвообразования. – Л. : Наука, 1980.
2. *Бамбалов Н.Н.* Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. – Мн. : Наука и техника, 1984.
3. *Бамбалов Н. Н., Ракович В.А.* Роль болот в биосфере. – Мн. : Белорусская наука, 2005.
4. *Бартош Т.Д.* О распространении залежей голоценовых пресноводных известковых отложений в нечерноземной полосе Европейской части СССР // Материалы по изучению пресноводных известковых отложений. 4.2. – Рига : Изд-во АН Латвийской ССР, 1963. – С. 11–26.
5. *Бульон В.В.* Первичная продукция планктона внутренних водоемов. – Л. : Наука, 1983.
6. *Винберг Г.Г.* Первичная продукция водоемов. – Мн. : Изд-во АН БССР, 1960.
7. *Герасимов Д.А.* Торф, его происхождение, залегание и распространение. – М.; Л. : ОНТИ, 1982.
8. Диагенез // БСЭ. – Т. 8. – М. : Изд-во Сов. энциклопедия, 1976. – С. 222–223.
9. Диагенез // Горная энциклопедия. – Т. 2. – М. : Изд-во Сов. энциклопедия, 1986. – С. 222.
10. *Жуховицкая А.Л., Власов Б.П., Курзо Б.В., Кузнецов В.А.* Озерный седиментогенез в голоцене Беларуси. – Мн., 1998.
11. *Козловская Л.С.* Роль беспозвоночных в трансформации органического вещества болотных почв. – Л. : Наука, 1976.
12. *Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И.* Динамика органического вещества в процессе торфообразования. – Л. : Наука, 1978.
13. *Кордэ Н.В.* Биостратификация и типология русских сапропелей. – М. : Изд-во АН СССР, 1960.
14. *Кротов Б.П.* Типы пресных озер и образующиеся в них руды // ДАН СССР. – Т. 71. – № 5. – 1950. – С. 26–33.
15. *Кузнецов С.И.* Роль микроорганизмов в образовании сапропелевых отложений // Химия и генезис твердых горючих ископаемых. – М. : Изд-во АН СССР, 1953. – С. 386–397.
16. *Кузнецов С.И.* Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. – Л. : Наука, 1970.
17. *Кузнецов С.И., Саралов А.И., Назина Т.Н.* Микробиологические процессы круговорота углерода и азота в озерах. – М. : Наука, 1985.
18. *Курбатов И.М.* Состав торфогенного слоя // Тр. НИИ торфа. – Вып. 14. – М., 1934. – С. 79–120.
19. *Курзо Б.В.* Закономерности формирования и проблемы использования сапропеля. – Мн. : Белорусская наука, 2005.
20. *Курзо Б.В., Богданов С.В.* Генезис и ресурсы сапропелей Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1989.
21. *Омелянский В.Л.* Заметка о сапропеле // Изв. Комиссии по изучению естественно-производительных сил Союза при АН СССР. – Вып. 2. – Л. : Изд-во АН СССР, 1925. – С. 11–15.
22. Осадочные горные породы // БСЭ. – Т. 18. – М. : Изд-во Сов. энциклопедия, 1976. – С. 576.
23. Осадочные горные породы // Горная энциклопедия. – Т. 4. – М. : Изд-во Сов. энциклопедия, 1986. – С. 7.
24. *Пидопличко А.П.* Озерные отложения Белорусской ССР. – Мн. : Наука и техника, 1975.
25. *Перфильев Б.В.* Микрозональное строение иловых озерных отложений и методы его исследования. – Л. : Наука, 1972.
26. *Пьявченко Н.И.* Торфонакопление и его продуктивность // Динамика органического вещества в процессе торфообразования. – Л. : Наука, 1978. – С. 141–155.
27. *Россолимо Л.Л.* Основы типизации озер и лимнологического районирования // Накопление вещества в озерах. – М., 1964. – С. 5–46.
28. *Рылов В.М.* По вопросу о принятии особого термина для верхнего образующего слоя сапропеля // Известия сапропелевого комитета. – Вып. 3. – Л., 1926. – С. 190–191.
29. Седиментогенез // БСЭ. – Т. 23. – Изд-во Сов. энциклопедия, 1976. – С. 167.
30. *Скрынникова И.Н.* Классификация целинных болотных и мелиорированных торфяных почв СССР // Почвоведение. – 1964. – № 5. – С. 14–26.
31. *Соловьев М.М.* Проблемы сапропеля в СССР. – Л. : Изд-во АН СССР, 1932.

32. *Стеклов Н.А., Ильина Е.Д.* О генетической классификации отложений сапропеля // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. – Мн. : Наука и техника, 1976. – С. 63–73.

33. *Страхов Н.М. Бродская Н.Г., Князева Л.М.* Общая схема осадкообразования в современных морях и озерах малой минерализации. // Образование осадков в современных водоемах. – М.: Изд-во АН СССР, 1954.

34. *Страхов Н.М.* Основы теории литогенеза. – Т. 1. – М. : Изд-во АН СССР, 1960.

35. *Страхов Н.М.* Основы теории литогенеза. – Т. 2. – М. : Изд-во АН СССР, 1962.

36. *Тарантов А.С.* Минералогия и геохимия сапропелевых месторождений. – Калинин, 1990.

37. *Тюремнов С.Н.* Торфяные месторождения. – М. : Недра, 1976.

38. *Успенская О.Н.* Изучение истории озер методом комплексного биологического анализа. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1979.

39. *Экзерцев В.А.* Определение мощности микробиологически активного слоя отложений некоторых озер // Микробиология. – 1948. – Т. 17. – № 6. – С. 476–483.

40. *Якушко О.Ф.* Озероведение: география озер Белоруссии. – Мн. : Высшая школа, 1971.



ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ

В.В. Волков

**Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения РАН,
Новосибирск, Россия**

Эл. почта: *agkozintsev@gmail.com*

Статья поступила в редакцию 06.01.2013; принята к печати 15.04.2013

В обзоре приведены основные сведения о химии бора (элемента с порядковым номером 5), рассмотрены структуры элементного бора, классификация боридов металлов, структуры молекул гидридов бора и их производных, принципы их синтеза и промышленное и медицинское применение, а также гео- и агрохимические аспекты изучения природных соединений бора и их значение в биосфере, в особенности для растений.

Ключевые слова: бор, бориды, бораны, типы связей, полимеры, термолит, механохимические реакции, экосистемы, агрохимия, здоровье человека.

THE FIFTH ELEMENT

V.V. Volkov

**A.V. Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russia**

E-mail: *agkozintsev@gmail.com*

The paper reviews various aspects of boron, the fifth element in the Periodic Table. Basics of boron chemistry addressed in the review include elemental boron structures, metal boride classification, structures of boron hydrides and their derivatives, and principles of their synthesis. Technological and medical applications of boron and its synthetic compounds are considered. The role of natural boron compounds in the biosphere with special regard to their significance for plants is discussed.

Keywords: boron, borides, boranes, bond types, polymers, thermolysis, mechanochemical reactions, ecosystems, agricultural chemistry, human health.

Введение

Бор – пятый элемент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Его атомная масса – 10,811, стабильные изотопы – ^{10}B (19%) и ^{11}B (81%). Электронная конфигурация атома – $1s^2 2s^2 2p^1$. Имея простую электронную структуру атома, бор образует сложную систему веществ.

Кларк бора в земной коре на глубине до 17 км составляет по разным оценкам от 3 до 50 г/т – скромные цифры при сравнении с такими «гигантами мироздания», как кислород (466 000 г/т); кремний (277 200 г/т); алюминий (81 300 г/т), железо (50 000 г/т). Но геохимическая особенность бора состоит в существовании его концентрированных месторождений. Поэтому бор нельзя назвать редким элементом. Его руды содержат бораты и их комплексы. В России крупное месторождение борных руд расположено на Дальнем Востоке в Дальнегорске, где добывают минералы датолит HCaBSiO_5 и данбурит $\text{CaB}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Перерабатывает их комбинат «Бор». К числу минералов, содержащих бор, относятся улексит $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \times 5\text{H}_2\text{O}$, бура $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \times 8\text{H}_2\text{O}$, ее разновидность кернит $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 4\text{H}_2\text{O}$, колеманит $\text{Ca}[\text{B}_2\text{O}_4(\text{OH})_3] \times 2\text{H}_2\text{O}$, индерит $\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \times 15\text{H}_2\text{O}$, индерборит $\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \times 11\text{H}_2\text{O}$ и сассолит – минерал, состав которого соответствует борной кислоте (он образуется у горячих источников). Содержание бора в минералах – 10–20 мг/кг, в морской воде – 1–10 мг/л, в речной воде – в 350 раз ниже [23].

Цель данного обзора – показать значимость элемента бора в современной химии, а также в техносфере, включая медицинские применения, и в биосфере, в

особенности для растений. Заинтересованный читатель найдет дополнительную информацию через список литературы, который, не будучи исчерпывающим, выводит на сотни ссылок по данной проблематике.

Химия бора

Химик, занимающийся бором, представляет себе Периодическую систему элементов примерно так, как это изобразил У.Н. Липском (W.N. Lipscomb), лауреат Нобелевской премии 1976 г. по химии (рис. 1). На рис. 2 представлено многообразие соединений бора и отмечены главные их технические применения [14, 10].

Кристаллохимия элементного бора сложна. Известно порядка десяти его кристаллических модификаций. Характерны тетрагональная и α - и β -модификации. Структурный фрагмент фаз элементного бора – икосаэдрический кластер $[\text{B}_{12}]$. В его вершинах локализованы двенадцать атомов бора с координационными числами (КЧ) 5 и 6. Длины связей В–В в кластере – 1,73–1,79 Å. Икосаэдр из двенадцати атомов является эмблемой химии бора. Он и его фрагменты присутствуют в структурах бора, карбида бора B_{12}C_3 , карборанах $(12)\text{B}_{10}\text{C}_2\text{H}_{12}$, гидридных анионах $\text{B}_{12}\text{H}_{12}^{2-}$, $[\text{B}_9\text{C}_2\text{H}_{11}]^{2-}$, $[\text{B}_9\text{C}_2\text{H}_{12}]$ и др.

Химия боридов – соединений металлов (М) с бором (M_mB_n) – многообразна. Реализуются варианты ковалентной, ионной и металлической связи М–В, В–В, М–М. Характерны составы: M_4B , M_2B , MB , MB_2 , MB_4 , MB_6 , MB_{12} . Получение боридов основано на процессах спекания бора с элементами,

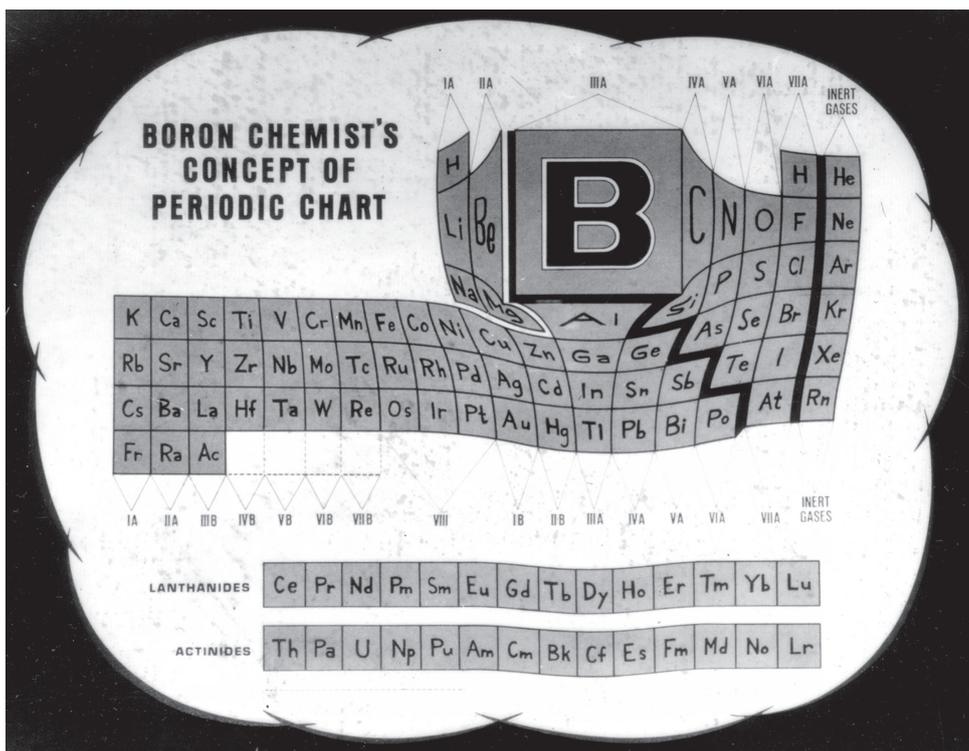


Рис. 1. Так химик, исследующий бор, представляет себе Периодическую систему элементов (рисунок У.Н. Липскома, как он воспроизведен в Kauffman G.B., Adloff J.P. William Nunn Lipscomb, Jr. (1919–2011), Nobel Laureate and borane chemistry pioneer: An obituary-tribute // The Chemical Educator. – 2011. – Vol. 16. – P. 195–201)

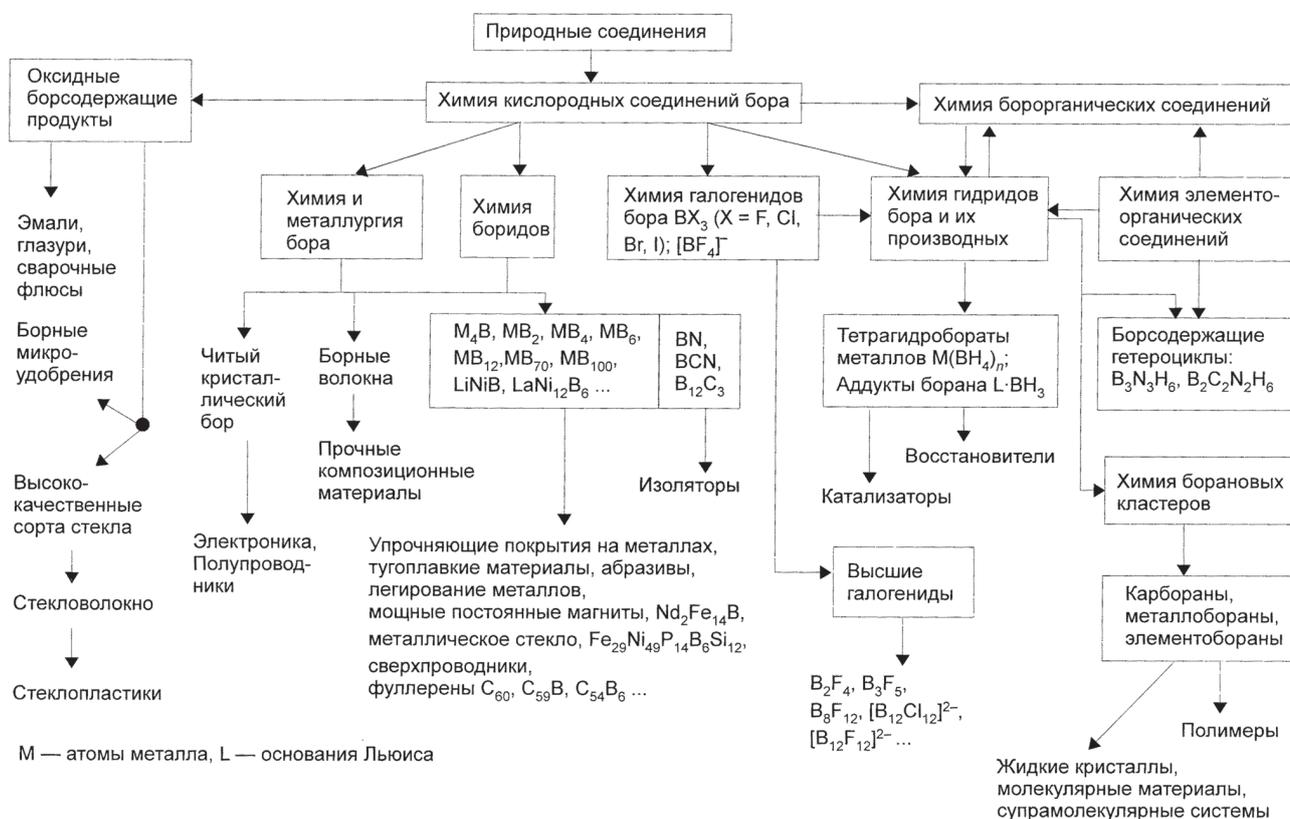


Рис. 2. Структура и направления развития современной химии элемента бора (по [10, 14])

элементотермических реакциях, реакциях летучих соединений, электролизе расплавов солей, термоллизе производных боранов. Рабочие температуры – 800–1700 °С.

Недавно химикам из университета Вюрцбурга удалось впервые получить стабильное соединение бора с тройной связью [13]. До сих пор стабильные соединения с тройной связью образовывали лишь углерод (алкины) и азот.

Систематизация бинарных боридов такова:

$M_m B_n$ – бориды постоянного состава: Be_5B , CaB_6 , AlB_2 , AlB_{12} , CuB_{24} , TiB_2 , V_3B_4 , Mo_2B_5 ;

$M_m B_{n-k}$ – бориды переменного состава с областью гомогенности: $3AlB_{12} \cdot 2B_4C$;

$M_m B_{n^{(+)} \times (-)z}$ – бориды с неизвестной областью гомогенности и твердые растворы;

$M_m B_z$ – бориды неизвестного состава.

Существует множество сложных комплексных боридов, например $Nd_2Fe_{14}B$, $SiNCB$, $Ti_8Ni_{71}B_{21}$, $Fe_{29}Ni_{49}P_{14}B_6Si_{12}$. Они ценны благодаря их механическим, термическим, антикоррозионным, электрофизическим и магнитным свойствам. Некоторым боридам присуща сверхпроводимость. Так, для YRh_4B_4 T_c равна 11,3 °К; для MgB_2 – 39 °К; для TiB_2 – 1,9 °К.

Гидриды бора (бораны) и их производные

Согласно Номенклатурным правилам по химии (IUPAC) 1970 и 1979 гг., гидридами называют соединения, образованные атомом водорода (H), несущим отрицательный заряд. Зарядность атомов H в связях M–H определяется соотношением электроотрица-

тельностью (ЭО) атомов M и H, то есть способностью атома водорода в гетероатомной связи притягивать на себя общие электронные пары. Современная шкала ЭО включает значения ЭО от 0,79 (Cs) до 3,98 (F). Рассмотренные в тексте элементы имеют следующие ЭО: H – 2,20, B – 2,04, C – 2,55, Si – 1,90. Поэтому такие соединения, как H_2O , HF или CH_4 , гидридами не являются. Аналоги CH_4 типа SiH_4 или GeH_4 и гидриды бора относятся к гидридам с элементом структуры, например $B^{\delta+} - H^{\delta-}$.

В отличие от органической химии, поначалу аналитической, химия гидридов бора синтетическая, так как в природе этих соединений нет. Основоположником химии боранов был Альфред Шток, опубликовавший в 1912 г. работу, в которой сообщил о достоверном их получении (ссылки см. в [24]). Развитие химии боранов было в некоторой мере побочным следствием практической деятельности в области воздухоплавания. В начале XX в. в Германии началось строительство металлических дирижаблей, что вызвало интерес к легким сплавам магния. Испытывать их проще всего воздействием воды и кислот. Результат оказался неожиданным – был получен тетраборан (10) B_4H_{10} . Синтезированное Штоком новое вещество было результатом реакции $[B_4Mg_6]$ в 10% HCl при 40–50 °С с выходом 3%. Нагреванием B_4H_{10} при 115–220 °С были получены диборан (6) B_2H_6 , пентаборан (9) B_5H_9 и декаборан (14) $B_{10}H_{14}$. Аппаратурой служили кварцевые реакторы с охлаждаемыми ловушками для конденсации продуктов – техника вакуумных линий.

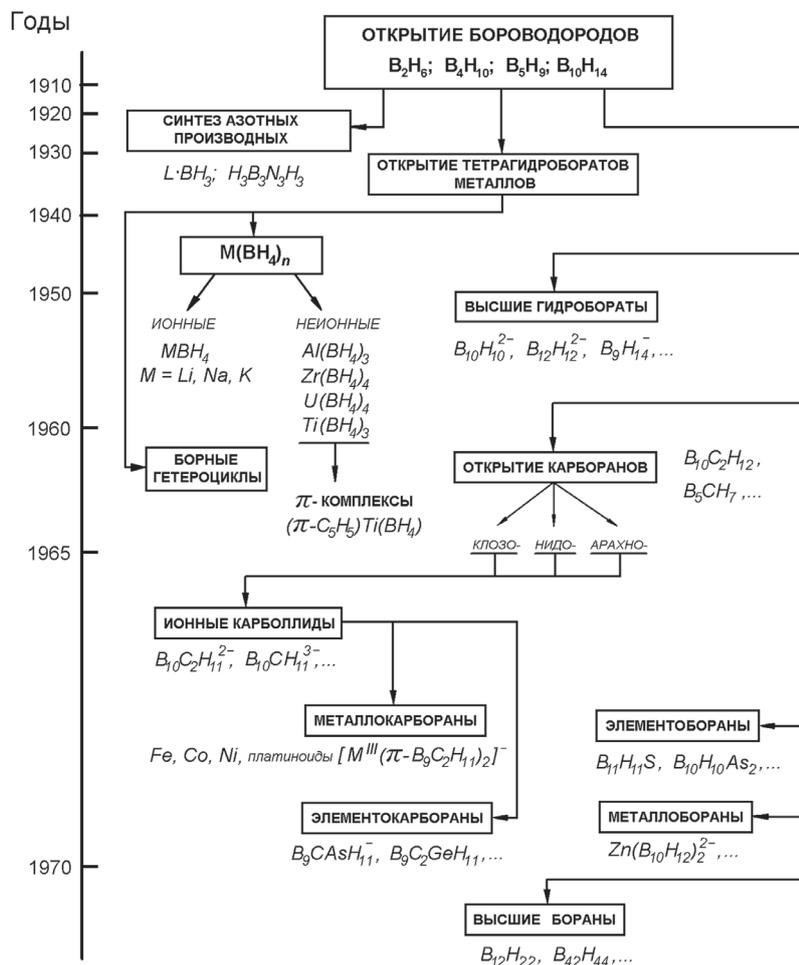


Рис. 3. Календарь возникновения и развития химии гидридов бора

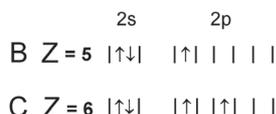
Развитие химии боранов показано на схеме (рис. 3). Нагреванием B_4H_{10} превращается в B_2H_6 (при 100 °С), в B_5H_9 (при 200 °С) и в $B_{10}H_{14}$ (при 220–250 °С). А. Шток вывел их формулы, определил свойства и получил производные. Начальный период развития химии боранов обобщен в его классической монографии 1933 г. [24]. Важный результат, полученный учеными школы Штока, – открытие в 1926 г. боразина (боразола или «s-триазатриборина» по номенклатуре IUPAC), то есть шестичленного гетероциклического B–N-соединения *цикло*- $H_3B_3N_3H_3$ – структурного аналога бензола. Синтез осуществляется по реакции NH_3 (г) с B_2H_6 (г) при 180–220 °С, выход – 23–41%.

Затем началось развитие химии гетероциклических молекул бора, например, *цикло*- $R_3B_3N_3R'_3$, пятичленных *цикло*-Si–C–B–N–N- и других, продолжающееся и в наши дни. Химии бора не свойственны гомоатомные циклы, подобные органическим C_6H_6 или *цикло*- C_6H_{12} . Важным событием 30–40-х гг. было открытие аниона тетрагидробората BH_4^- , его солей $Li^+BH_4^-$, $NaBH_4$, неионных тетрагидроборатов металлов $Zr(BH_4)_4$, $Ti(BH_4)_3$, $U(BH_4)_4$, $Al(BH_4)_3$. Были созданы производные $LiBH_4$, $NaBH_4$ и KBH_4 . Развивалась химия аддуктов оснований Льюиса L (доноров пар электронов) с бораном $L \cdot BH_3$, например, $Et_3N \cdot BH_3$ и $(C_6H_5)_3P \cdot BH_3$. Аддукты $L \cdot BH_3$ применяются как селективные восстановители, гидрирующие агенты и в упрочняющем газофазном карбонитрировании металлов.

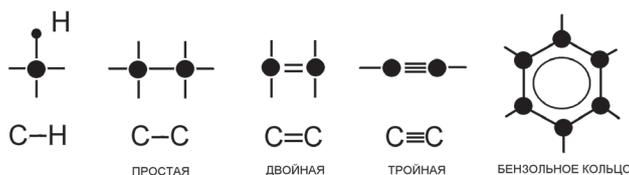
Стимулом к более интенсивному развитию химии боранов послужила начавшаяся в конце 40-х гг. разработка ракетных топлив. Сформировались современные квантовохимические представления и

экспериментальная техника. Это определило высокий уровень исследований и быстрые их темпы. Именно в 40–70-е гг. были открыты новые классы борановых соединений.

На рис. 4 структурные элементы боранов представлены в сравнении с элементами структур углеводов. Налицо принципиальное различие этих соседей по Периодической таблице. Примеры структур молекул, полимеров и ионов борановых систем показаны на рис. 5 и 6. Отметим два их основных типа. Первый тип – простые системы: боран $[BH_3]$, аддукты $L \cdot BH_3$, анион тетрагидроборат BH_4^- , его соли и производные, диборан (6) B_2H_6 . Второй тип – кластеры, например бораны (B_4H_{10} , B_5H_9 , $B_{10}H_{14}$), анионы *клозо*- $B_nH_n^{2-}$ при $n = 4–12$ ($B_4H_4^{2-}$, $B_5H_5^{2-}$, $B_{10}H_{10}^{2-}$, $B_{12}H_{12}^{2-}$, $B_9H_{14}^-$), изомеры карборана(12) ($B_{10}C_2H_{12}$), анион $B_9C_2H_{12}^-$ и другие. Они формируют множество производных. Первый их тип – продукты замещения атомов H в связях B–H, например $B_{12}H_{10}F_2^{2-}$, $B_{12}F_{12}^{2-}$, 1,10- $B_{10}H_8(CN)_2^{2-}$. Второй тип – сочетание кластеров σ -связями или их конденсацией, например $B_{10}H_{13}$ – $B_{10}H_{13}$, два изомера $B_{18}H_{22}$, полимеры $(B_{10}H_{11})(B_8H_8)_n(B_{10}H_{11})$ и $B_{42}H_{44}$ – продукт конденсации пяти молекул $B_{10}H_{14}$. Третий тип возникает вследствие внедрения гетероатомов в кластеры: B_9SH_{11} , B_9SH_{12} , образование металлопроизводных вида $(CpW)_3HB_8H_8$ (где CpW = циклопентадиенил вольфрама) и $Sn^{II}B_9C_2H_{11}$. Интересны π -комплексы металлов $[M^{III}(\pi-\eta^5-B_9C_2H_{11})_2]^-$ и полимеры с атомами Co(III) типа $[(B_9C_2H_{11}-\pi)_2Co^{III}(\pi-B_8C_2H_{10}-\pi)_{n-1}]^n$, $n = 3–8$. Получено «межкластерное» соединение $\{Mo_3(\mu_3-S)(\mu_2-S)_3[(C_2H_5)_2NCS_2]_3\}^+[B_9C_2H_{12}]^-$, содержащее катионный кластер с $[Mo_3]$ и кластерный анион $[B_9C_2H_{12}]^-$. Возможны и иные варианты.



А) СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИИ УГЛЕВОДОРОДОВ



Б) СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИИ ГИДРИДОВ БОРА

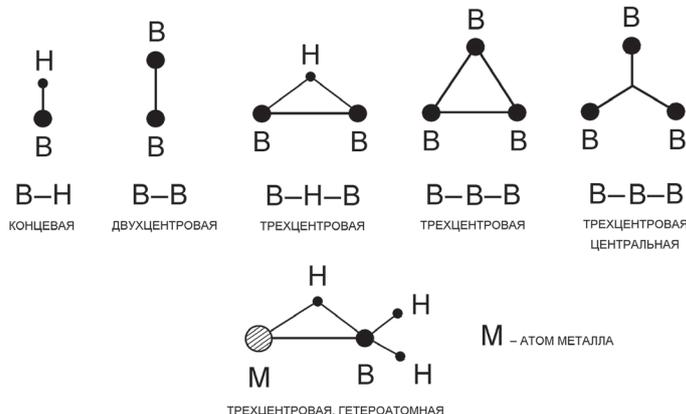


Рис. 4. Сравнение элементов структур молекул в химии углеводов и гидридов бора

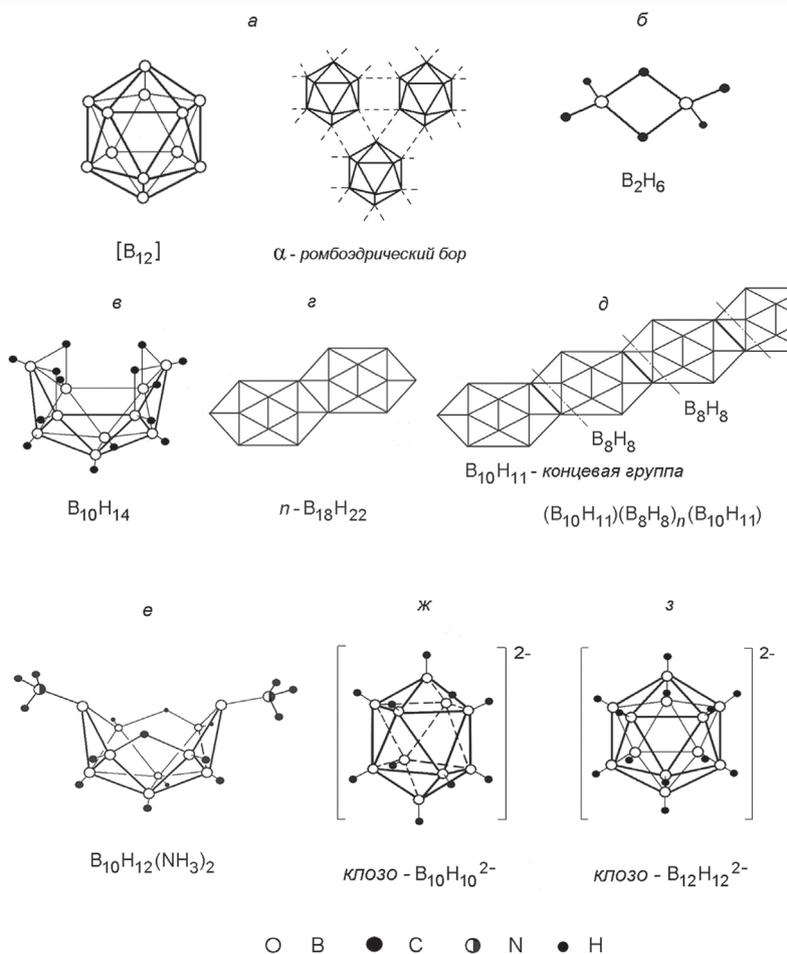


Рис. 5. Характерные структуры бора, молекул боранов и их производных

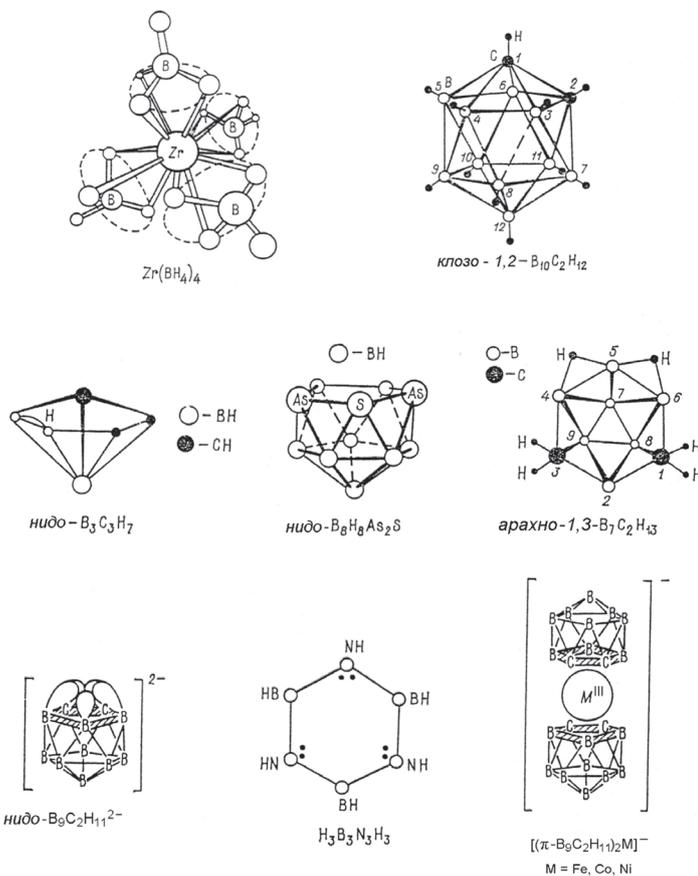


Рис. 6. Структуры молекул и ионов производных боранов и карборанов

Современная номенклатура боранов и их производных

Число работ по химии боранов и органических производных бора, опубликованных со времени работы Штока 1914 г., – порядка 72 тысяч. За год в мире синтезируется около 10 тысяч новых соединений бора. Редакции журналов требуют называть их по номенклатурным правилам IUPAC. Например, сравнительно простой борановый комплекс $[\text{Pt}_2(\eta^3\text{-B}_6\text{H}_9)_2(\text{PMe}_2\text{Ph})_2]$ называется так:

бис- μ -(2,3,4- η^3 -нидо-гексаборонил)-бис-(диметилфенилфосфин)-диплатина(Pt–Pt). Есть названия в 2–3 строки машинописи. В США существует Институт химической номенклатуры, устанавливающий правила для англоязычных работ. В России сформирована номенклатурная комиссия РАН. Наряду с номенклатурой по правилам IUPAC используются простые названия, например карбораны(12) $\text{B}_{10}\text{C}_2\text{H}_{12}$, карболлид(1–) для аниона $\text{B}_9\text{C}_2\text{H}_{12}^-$; дикарболлид $[\text{M}^{\text{III}}(\pi\text{-B}_9\text{C}_2\text{H}_{11})_2]^-$, канастид(4–) $[\text{B}_8\text{C}_2\text{H}_{10}]^{4-}$, и структурные приставки *клезо*- (неправильное производное от греческого κλωβός – клетка), *нидо*- (от латинского nidus – гнездо), *арахно*- и *хайфо*- (от греческих слов ἀράχνη – паук и ὑφή – паутина) и др. Некоторые приставки имеют испанское происхождение: “olla” – горшок, “zapato” – башмак, “canasta” – корзина. Но часто химики обходятся без этих названий, ведь формулы и схемы понятны им и сами по себе.

Природа химической связи в боранах и диалектика

Принцип химической связи по электронной теории валентности введен американским физико-химиком Г.Н. Льюисом (G.N. Lewis) в 1916 г. схемой гомополярной связи $\text{H} \cdot + \cdot \text{H} \rightarrow \text{H}:\text{H}$; $\text{N} \equiv \text{N}$ и тройной связи $\text{N}_2 \rightarrow :\text{N}:::\text{N}:$; $\text{N} \equiv \text{N}$ с участием пар электронов [18]. Эти представления, подтвержденные концепциями современной квантовой химии, остаются не опровергнутыми и поныне. Таков тезис – изначально верная теоретическая посылка.

А чуть раньше, в 1914 г., были синтезированы бораны – B_2H_6 , B_4H_{10} , B_5H_9 и $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$. Попытки объяснения их природы с позиций теории Льюиса были безуспешными. Эта практическая неудача послужила антитезисом его теории. Теория, представлявшаяся окончательной истиной, оказалась применимой лишь к частному случаю. Противоречие было снято лишь в 1940–1950-е гг., когда благодаря исследованиям Уильяма Липскома (W. Lipscomb), ставшего в 1976 г. Нобелевским лауреатом [19], и его коллег Брайса Кроуфорда (Bruce Crawford) и Уильяма Эберхардта (William F. Eberhardt) возникла теория многоцентровых, в том числе трехцентровых, связей с соответствующими структурами и электронными конфигурациями [16]. Эти структуры показаны на рис. 4 в сравнении с фрагментами углеводородов. Так построены бораны и борановые кластеры. Затем такие же структуры были обнаружены и в кластерах переходных металлов – родия $[\text{Rh}_6(\text{CO})_{16}]$, молибдена $\text{Mo}_6\text{Cl}_8^{4+}$, тантала $\text{Ta}_6\text{Cl}_{12}^{2+}$. Тезис и антитезис объединились, на их базе возник синтез – в полном соответствии с гегелевской диалектикой.

Процессы термических превращений гидридов бора и их производных

Термолиз боранов – путь получения бора, боридов, нитрида бора, кластеров боранов, полимеров, керамики, боридных слоев и покрытий. В зависимости от

условий отщепляется H_2 , формируются аморфные или кристаллические фазы, кластеры, наноструктуры. Классическими работами Штока показано, что боранам свойственны два типа термических превращений. При температуре выше 650 °С происходит разложение их на бор и водород. При 150–300 °С наблюдается частичное отщепление атомов водорода от боранов с образованием сложных молекул и полимеров, например, B_4H_{10} ; B_5H_9 и B_5H_{11} из B_2H_6 . Полимерам соответствуют эмпирические формулы $(\text{BH})_x$; $\text{BH}_{0,6}$; $(\text{BH})_{12}$. При термолизе декаборана (14) молекула $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ образует сложные структуры, например, конденсированные димеры *n*- и *изо*- $\text{B}_{18}\text{H}_{22}$. Из $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ при 170–230 °С образуются смеси высших боранов средних молекулярных масс от 375 до 915.

Смеси нелетучих продуктов термолиза $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ изучены масс-спектрометрически (МС) на приборе «MAT-311A Varian» с десорбционно-полевой ионизацией при градиенте ионизирующего напряжения $\Delta = 7$ кВ/см [2]. Спектры записаны при температурах эмиттера 90–140 °С. Термолиз $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ выполнен в автоклаве в атмосфере чистого Ag и образующегося H_2 . Исследованные продукты получили при 185–190 °С за 7 часов. В МС спектрах их смесей зафиксированы массы 244; 296; 307; 364–366; 382–383; 420; 496. В табл. 1 показаны топологические схемы сочетаний кластеров $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ измеренных масс. В их ИК спектрах присутствуют полосы 1900 cm^{-1} «мостиковых» атомов B–H–B и 2590–2600 cm^{-1} колебаний B–H.

Интересна структура $\text{B}_{\text{ам}}$, полученного пиролизом B_2H_6 по реакции $\text{B}_2\text{H}_6(\text{газ}) \rightarrow 2\text{B}_{\text{ам}}(\text{тв.}) + 3\text{H}_2(\text{газ})$ при 800–900 °С, когда формирование кристаллических фаз замедлено. Исследован черный порошок с содержанием бора 99,8% масс. с удельной поверхностью 11–14 m^2/cm^3 . По данным ИК-спектроскопии он не содержал B–H водорода. В Институте ядерной физики СО РАН применена дифракция синхротронного излучения (СИ) ускорителя ВЭПП-4. Структура ближнего порядка получена по функции радиального распределения атомов как Фурье-образа дифракционной картины. Обнаружены кластеры $[\text{B}_{12}]$, их фрагменты и отдельные атомы бора [6]. Присутствуют преимущественно образования из трех связанных икосэдров $[\text{B}_{12}]_3$ размером около 5 Å. Далее упорядочение отсутствует. Расстояние в кластере $\tau(\text{B}–\text{B})$ равно 1,75 Å. Пиролиз B_2H_6 (газ) при 800 °С приводит к образованию нанофаз аморфного бора, находящегося применение в различных технологиях.

Записаны СИ дифрактограммы кристаллического $\text{B}_{10}\text{H}_{12}(\text{NH}_3)_2$, содержащего кластер $[\text{B}_{10}\text{H}_{12}]$, и аморфных продуктов его пиролиза при 280 и 900 °С. Методами ДТА и ИК установлено, что при 265° происходит экзотермическое разложение комплекса с частичным выделением H_2 и с образованием нитридной B–N связи. При 900° образуется продукт состава B_{10}N_2 , сохраняющий кластер $[\text{B}_{10}]$ размером $R \approx 6$ Å, сочетающийся связями B–N с двумя атомами N. На рис. 7 приведены СИ дифрактограммы этих трех веществ, показывающие образование из кристаллической двух аморфных структур, что подтверждает возможность получения различных аморфных фаз варьированием условий пиролиза. Изучены структуры аморфных продуктов пиролиза при 850 °С солей дикарболлида кобальта (III) $[\text{Co}^{\text{III}}(\pi\text{-B}_9\text{C}_2\text{H}_{11})_2]^{1-}$ с катионами типа R_4N^+ ; R_4NH^+ и др. Они содержат кластеры $[\text{B}_{12}]$ и их фрагменты, B_{12}C_3 , связи

Молекулярные массы продуктов пиролиза $B_{10}H_{14}$ и топологические схемы молекул боранов в образовавшихся смесях по данным масс-спектрометрии [2]

Структурная схема	Масса	Формула	Основная линия в группе изотопных пиков m/z
	122,2	$B_{10}H_{14}$	Исходное вещество
	216,8	$B_{18}H_{22}$	Не обнаружены
	242,4	$B_{20}H_{26}$	244
	297,7	$B_{25}H_{27}$	296
	311,6	$B_{26}H_{30}$	307
	362,9	$B_{30}H_{38}$	364
	380,2 382,2	$B_{25}H_{27}$ $B_{25}H_{27}$	382; 383
	420	$B_{35}H_{41}$	420
	498,8	$B_{42}H_{44}$	496

[B–N] и CoB, не содержат B–H и являются наносистемами. По данным РФА в продуктах пиролиза ковалентного комплекса меди (I) $Cu_2B_{10}H_{10}$ присутствует борид CuB_{24} , трудно синтезирующийся из Cu^0 и бора. Пиролиз боранов и их производных – способ получения наноразмерных фаз и материалов из бора, боридов, карбидов и нитрида.

Найден и другой путь термических превращений производных боранов. При нагревании простейших одноатомных по бору производных боранов $Et_3N \cdot BH_3$ и MBH_4 в углеводороде $C_{11}H_{26}$ (высококипящий теплоноситель) образуются *клозо*-кластеры $B_{12}H_{12}^{2-}$ при 250 °C и $B_{10}H_{10}^{2-}$ при 180 °C с катализатором $AlCl_3$.

Механохимические реакции синтезов в химии боранов

Согласно дефиниции академика В.В. Болдырева, «реакции, происходящие в течение действия деформации, трения или раскалывания твердых тел, рассматриваются как механохимические явления» [12]. В этих реакциях участвуют кристаллические «стартовые» компоненты, а образуются ионные или не-

ионные вещества. Механохимические реакции часто осуществляются без растворителей. При этом не нужны органические жидкости, их подготовка, операции выделения целевых веществ из растворов и их очистка.

Разработаны механохимические способы синтеза B_2H_6 , тетрагидроборатов металлов $M(BH_4)_n$ с $M = Ti(II), Zr(IV), Hf(IV), U(IV), Al(III)$, аддуктов борана $L \cdot BH_3$, где $L = Me_3N, Et_3N, Py; N_2H_4$, боразина *цикло*- $H_3B_3N_3H_3$, его производных $(CH_3NBH_3)_3$ и $(C_2H_5NBH_3)_3$, то есть N-триметилборазина и N-триэтилборазина [25]. В качестве «стартовых» веществ использовались тетрагидробораты щелочных металлов $M \times BH_4$ и галлоидные соли $MCl_n, NH_4Cl, R_3N \cdot HCl, MeNH_2 \cdot HCl$. Реакции проводились между твердофазными веществами при механической активации (МА) их смесей в ротационных или вибрационных шаровых мельницах. Выделение продуктов осуществлялось фракционной конденсацией паров. На рис. 8 сопоставлены данные об МА синтезах летучего $Zr(BH_4)_4$ из $ZrCl_4$ и различных $M \times BH_4$ в ротационной шаровой мель-

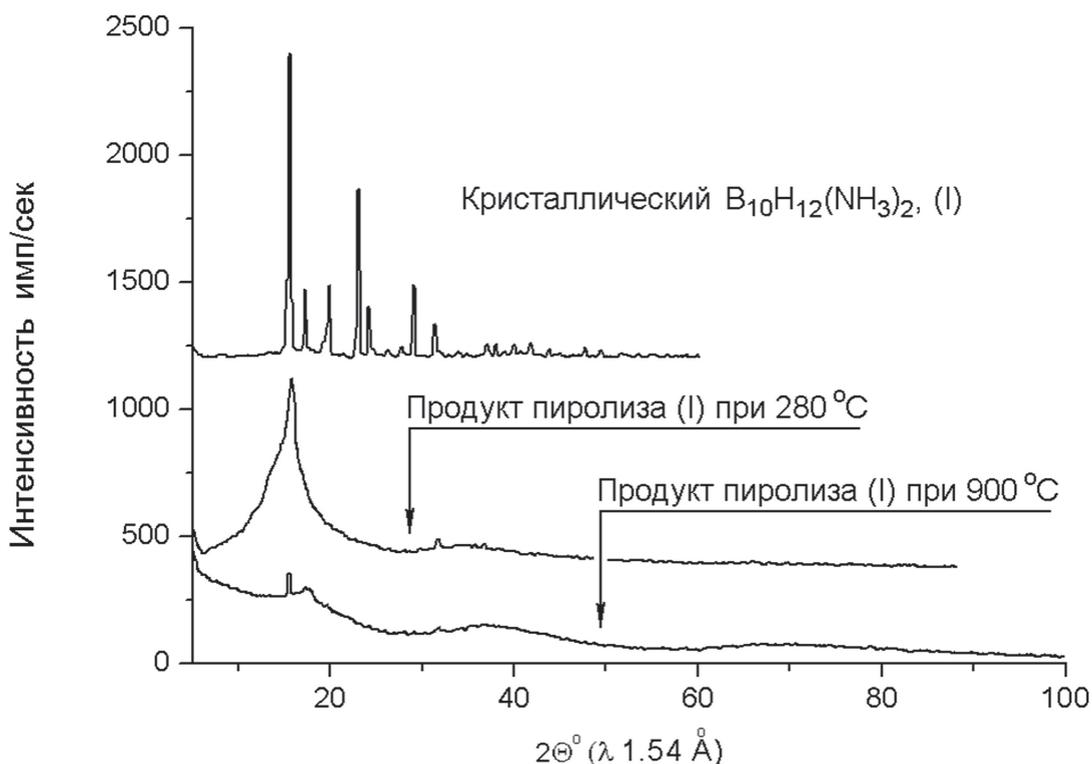


Рис. 7. Дифрактограммы СИ кристаллического B₁₀H₁₂(NH₃)₂ при комнатной температуре и аморфных продуктов его термолиза при 280 и 900 °C [6]

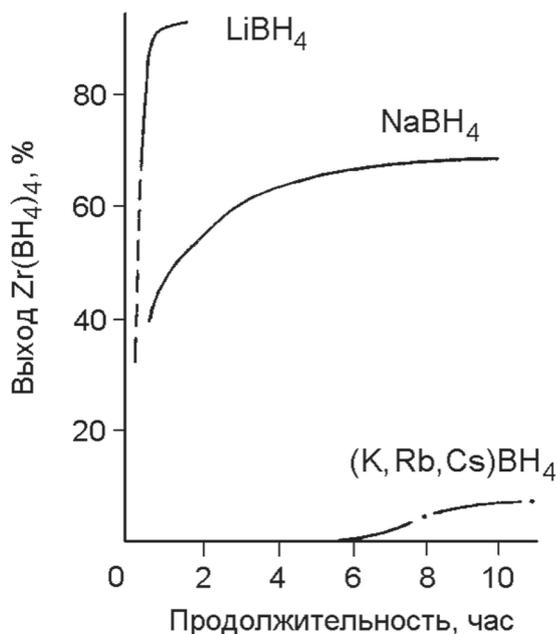


Рис. 8. Зависимости от времени и природы MBH₄ выходов Zr(BH₄)₄ по реакциям с МА ZrCl₄ (тв.) + 4MBH₄ (тв.) = Zr(BH₄)₄ (пар, ж.) + 4MCl (тв.), проведенным в ротационной шаровой мельнице при 45 °C [5]

ниче. С наибольшей скоростью протекает реакция с LiBH₄ – выход 86% за 40 минут. При применении NaBH₄ выход 70% достигнут за 8 часов МА.

Такая особенность LiBH₄ обусловлена его фазовым переходом при 381 °К. Более дешевый и удобный в обращении NaBH₄ вполне пригоден для технических МА синтезов.

Бор в биосфере

Бор – один из микроэлементов, жизненно важных для растений, особенно при высокой температуре. Он поглощается корнями растений в виде борной кислоты и/или ее солей (боратов). Поглощение может быть пассивным (неметаболическим) и активным (метаболическим). Одна из форм поглощения осуществляется микоризами – симбиотическими объединениями корней растений с мицелием грибов. Эта форма переноса бора играет очень большую роль в лесных экосистемах [17].

Усвояемый растениями подвижный (водорастворимый) бор составляет лишь около 10% от общего его количества в почве. Неподвижная часть бора, составляющая около 30–40% его общего количества, остается в почве, а остальное выщелачивается из верхнего ее слоя. Чем выше кислотность почвы, тем хуже бор поглощается растениями. Содержание подвижного бора ниже всего в подзолистых почвах (0,04–0,6 мг/кг). В черноземе его больше (0,5–1,8 мг/кг), а наивысшее количество – до 40 мг/кг – содержится в солонцах и солончаках.

Симптомы нехватки бора у растений проявляются чаще всего на сухих песчаных почвах, богатых карбонатом кальция, реже всего – на глинистых с высоким содержанием органических веществ [23]. При концентрации бора в почве менее 0,5 мг/кг внесение борных удобрений повышает урожай и сахаристость корней сахарной свеклы, урожай и качество льноволокна, урожай и крахмалистость зерна кукурузы [1]. Добавка бора в почву повышает также урожайность соевых бобов, риса, томатов, положительно сказывается на развитии хлопчатника [23].

Содержание бора в тканях растений – 10–100 мг/кг сухого веса. Бор локализуется в листовых пластинках, в меньшей степени – в стеблях и корнях. Максимальное его количество по сравнению с другими органиоидами клеток обнаружено в хлоропластах и в стенках клеток. Его нехватка приводит к снижению содержания гемицеллюлозы, пектина, лигнина и каллозы в тканях растений. Бор играет активную роль в функции клеточных мембран. При его дефиците проницаемость мембран повышается, и это нарушает функции мембранных АТФ-аз и транспорт ионов и способствует вымыванию питательных веществ из клеток [23].

Меньше всего бора нужно злакам, больше всего – каучуконосам [23]. Вообще, двудольным растениям бор необходим всегда. А однодольным, к которым относятся злаки, он нужен лишь при формировании репродуктивных органов (цветков); при его недостатке цветки становятся стерильными. В этом отношении все высшие растения одинаковы. На росте же вегетативных побегов у однодольных растений дефицит бора никак не сказывается. Чем это может быть вызвано?

М.Я. Школьник предположил, что различие между двумя группами растений связано с ролью бора в противодействии токсическому действию фенолов [9]. У двудольных растений в отсутствие бора накапливаются полифенольные соединения, тормозящие рост. В результате этого появляются симптомы так называемого борного голодания. Верхушечные листья и конусы роста (верхушки побегов и корней) желтеют, после чего точки роста отмирают, возникает некроз тканей, стеблей и корней, плоды оказываются недоразвитыми, на них появляется ржавчина, и в конце концов растение погибает. Согласно гипотезе Школьника, то, что называется «борным голоданием» у растений, – это, в сущности, отравление фенолами. У разных видов двудольных оно проявляется по-разному. У подсолнечника и томатов уже в раннем возрасте подавляется рост корней и отмирают точки роста, возникают удивительные тератологические изменения (уродства) листьев. У других двудольных, например у гороха, рост корней в условиях борного голодания прекращается быстро, а отмирание точек роста – сравнительно поздно.

У однодольных же растений, в частности злаков, при росте вегетативных побегов накопление фенолов не происходит, благодаря чему точки роста не отмирают (лишь у кукурузы борное голодание тормозит нормальный рост вегетативных побегов). А цветки злаков, как и однодольных растений, не только менее устойчивы к высокой концентрации фенолов, по сравнению с вегетативными побегами, но вдобавок именно в них и накапливается особенно много фенольных ингибиторов роста. Их-то и обезвреживает бор. При

его недостатке у пшеницы возникает мужская стерильность, тормозится образование зерен [9, 23]

Гипотеза М.Я. Школьника позволяет понять, почему бор почти не нужен животным. Дело в том, что их ткани содержат гораздо меньше фенолов, чем ткани растений. Что касается грибов, также способных обходиться без бора, то они, по-видимому, разрушают вредные фенольные соединения иными способами. То же относится к некоторым зеленым водорослям. Другие водоросли, в частности диатомовые и сине-зеленые, такой способностью не обладают, и потому им бор необходим.

По мнению других авторов, главные функции бора в растениях – формирование пектиновой структуры клеточных стенок и регулирование деятельности клеточных мембран. Описаны функции бора в метаболизме нуклеиновых кислот, белков и регуляторов роста, а также в углеводном обмене и переносе углеводов [17, 23].

Не только недостаток бора, но и его избыток вреден для растений. Избыток бора в почве возникает вследствие низкого уровня осадков, ирригации и загрязнения среды. У растений, страдающих от «борного отравления», нарушается метаболизм, замедляется клеточное деление, разрушаются стенки клеток [23]. Листья растений усыхают, урожайность резко падает [1].

Бор и здоровье человека

Бор поступает в организм человека из растений, богатых данным элементом, – фруктов, овощей, бобовых, орехов. Он может быть полезен при гипертиреозе и других заболеваниях щитовидной железы. Эндокринологическая роль бора подтверждается тем, что его добавка повышает уровень эстрогенов и тестостерона [20]. Бор влияет на кальциевый обмен и способствует накоплению кальция в костях [21]. Он воздействует и на нервную ткань. В частности, его нехватка у пожилых людей ослабляет восприятие и оперативную память [22]. Рекомендуемое количество бора для взрослых, по разным оценкам, – от 1 до 3 мг в день [21]. В избыточных концентрациях бор токсичен.

Перспективная область применения бора в медицине – онкология. Бор используется для лечения некоторых онкологических заболеваний методом бор-нейтронозахватной терапии – БНЗТ. Сущность данного метода в том, что после введения в кровь больного человека борсодержащего раствора в раковых клетках накапливается стабильный изотоп ^{10}B . После этого на опухоль направляют поток эпитепловых нейтронов. В результате поглощения нейтрона бором происходит ядерная реакция с большим выделением энергии, вследствие чего раковая клетка гибнет [8].

В США применяется производное аниона $\text{B}_{12}\text{H}_{12}^{2-}$ – соль $\text{Na}_2[\text{B}_{10}\text{H}_{11}\text{SH}]$ с анионом, который сорбируют опухолевые ткани, подвергаемые действию нейтронов. Это дает положительный лечебный эффект [11]. Российскими учеными для БНЗТ применен комплекс $\text{Na}_8[\text{FePc}(\text{CH}_2\text{NH}_2\text{B}_{10}\text{H}_{11})_8]$, где Pс – фталацианин $\text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2$. Эффективность нейтронных технологий и методов лечения повышается препаратами, обогащенными нуклидом ^{10}B . Его получают ректификацией производных BF_3 (пар), в частности, эфира BF_3 вида $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O} \cdot \text{BF}_3$.

Бор в техносфере

Современная химия боранов – обширная область неорганической химии. Машиностроение, электроника, металлургия, производство термостойких полимеров, неорганический и органический синтез, катализ, аналитическая химия, технология покрытий, бумажная промышленность, медицина – вот области, в которых эти вещества нашли применение (рис. 2).

Для нанесения изолирующих или упрочняющих слоев на металлы, пленок из h -BN и карбонитриборидов $B_xC_yN_z$ термическим или плазмохимическим разложением паров применяются боразин, его производные и аддукты $L \cdot BN_3$ (например, $Me_3N \cdot BN_3$ и $Et_3N \cdot BN_3$) [5].

На основе борановых кластеров разработан новый класс люминофоров. Люминесценция применяется для измерения радиации, в лазерной технике, светосоставах, красках. Органические люминофоры содержат фрагменты ароматических бензольных циклов. Примеры – антрацен (C_6H_4CH)₂ и базовый люминофор салицилат натрия HO-C₆H₄-COONa. Возможна аналогия с ароматическими кластерами боранов. Выполненные нами исследования определили класс люминофоров на основе кластерных производных боранов типа $B_{10}H_{12}[Pu(X)]_2$, где $Pu(X)$ – производные пиридина; $[B_{10}H_{13}Pu(X)]^-$; $B_9C_2H_{11}Pu(X)$; соли $[PuC_{12}H_{25}]_2^+[B_nH_n]^{2-}$. Всего получено и предварительно изучено порядка 40 таких люминофоров [4]. Обнаружены аномально большие температурные зависимости интенсивностей люминесцентного свечения. На их основе изготовлены материалы для визуализации СИ-ускорителей.

Нуклид ¹⁰B по своим ядерным свойствам с очень большой вероятностью захватывает нейтроны по реакции ¹⁰B (n, α) ⁷Li с генерированием α -частиц высокой энергии. Такое свойство сделало бор важным материалом для атомной техники. Он используется для регистрации нейтронов, в защитах от нейтронных потоков и в системах управления реакторами АЭС.

В XXI в. началось применение бора в наноматериалах. Полимеры из ароматических борановых кла-

стеров на основе *клозо*- $B_{12}H_{12}^{2-}$; $B_{10}H_{10}^{2-}$ и $B_{10}C_2H_{12}$ с их делокализацией электронов стали основой материалов нелинейной оптики. Возникла концепция трехмерной ароматичности и даже суперароматичности [7]. С ароматичностью связаны делокализация электронов по МО, химическая и термическая устойчивость, специфическая реакционная способность. Ароматические кластеры $B_{10}H_{10}^{2-}$ и $B_{12}H_{12}^{2-}$ описаны с помощью моделей проводящих сфер. Им присущи большие экзальтации инкрементов атомной диамагнитной восприимчивости атомов бора, подтверждающие ароматичность [3].

Химия боранов интенсивно развивается в США, Западной Европе, Японии, КНР, Корее, Индии и других странах. В США имеется по крайней мере 26 организаций, ведущих работы в области гидридов бора, в странах Западной Европы – не менее 10. В СССР и СНГ значительный вклад в исследования боранов внесли следующие институты:

Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, Москва;

Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова, Москва;

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского, Москва;

Государственный научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений, Москва;

Институт химии Дальневосточного отделения РАН, Владивосток;

Всесоюзный институт авиационных материалов (ВИАМ), Дзержинск;

Институт металлургии АН Грузии, Тбилиси;

Институт металлокерамики и специальных сплавов АН Украинской ССР, Киев;

Институт химии АН Республики Таджикистан, Душанбе;

Институт физико-органической химии Национальной АН Белоруссии, Минск;

Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск.

Литература

1. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. – Киев, 1969.

2. Волков В.В., Брежнева Л.И., Воронина Г.С. Масс-спектрометрическое исследование продуктов термолитиза декаборана (14) с применением десорбционно-полевой ионизации // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. – 1986. – № 5. – С. 61–67.

3. Волков В.В., Икорский В.Н. Магнетохимия структур производных гидридов бора: Эмпирические аспекты // Ж-л структурной химии. – 2004. – Т. 45. – С. 729–740.

4. Волков В.В., Ильинчик Е.А., Волков О.В., Юрьева О.П. О люминесценции кластерных производных гидридов бора и некоторых ее прикладных аспектах // Химия в интересах устойчивого развития. – 2000. – Т. 8. – С. 67–74.

5. Волков В.В., Мякишев К.Г., Ильинчик Е.А. Боразин и его производные: механохимические реакции получения и перспективы

технического применения // Химия в интересах устойчивого развития. – 2009. – Т. 17. – С. 233–241.

6. Волков В.В., Юрьев Г.С., Мякишев К.Г., Ильинчик Е.А. Структурный анализ продуктов пиролиза гидридов бора и их производных с применением синхротронного излучения // Харьковская нанотехнологическая ассамблея. – Харьков: Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», 2006. – Т. 1. – С. 336–347.

7. Кинг Р.Б. Трехмерная ароматичность в дельтаэдрических боранах и карборанах // Изв. АН СССР. Сер. хим. – 1993. – № 8. – С. 1353–1360.

8. Проект «Борнейтронзахватная терапия рака». http://www.bnct.ru/nauchnaya_osnova/

9. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. – Л., 1974.

10. Юматов В.Д., Ильинчик Е.А., Волков В.В. Рентгеновские спектры и электронное строение соединений бора. // Успехи химии. – 2003. – Т. 72. – № 12. – С. 1141–1166.
11. Alam F., Bapat B.V., Soloway A.H., Barth R.F., Mafune N., Adams D.M. Boronated compounds for neutron capture therapy // *Strahlentherapie und Onkologie*. – 1989. – Bd. 165. – Heft 2/3. – S. 121–123.
12. Boldyrev V.V. Mechanochemistry of inorganic solids // *Advances in Solid State Chemistry: Proceedings of the INSA Golden Jubilee Symposium on Solid State Chemistry*. – New Delhi, 1986. – P. 400–418.
13. Braunschweig H., Dewhurst R.D., Hammond K., Mies J., Radacki K., Vargas A. Ambient-temperature isolation of a compound with a boron-boron triple bond // *Science*. – 2012. – Vol. 336 – P. 1420–1422.
14. Bubnov Yu. N. (Ed). Boron Chemistry at the Beginning of the 21st Century // Moscow : A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds, Russian Academy of Sciences, 2002. – 351 p.
15. Clare B.W., Kepert D.L. The structure of atom clusters. Nido, arachno, hypho and planar aromatic molecules // *Inorg. Chem.* – 1984. – Vol. 23. – P. 1521–1525.
16. Eberhardt W.F., Crawford B., Lipscomb W.N. The valence structure of boron hydrides // *J. Chem. Phys.* – 1954. – Vol. 22. – P. 989–1001.
17. Lehto T., Ruuhola T., Dell B. Boron in forest trees and forest ecosystems // *Forest Ecology and Management*. – 2010. – Vol. 260. – P. 2053–2069.
18. Lewis G.N. The atom and the molecule // *J. Am. Chem. Soc.* – 1916. – Vol. 38. – P. 762–785.
19. Lipscomb W.N. Boron Hydrides. – N. Y., 1963. – 275 p.
20. Naghii M.R., Samman S. The effect of boron supplementation on its urinary excretion and selected cardiovascular risk factors in healthy male subjects // *Biol. Trace Elements Res.* – 1997. – Vol. 56. – P. 273–286.
21. Nielsen F.H. The justification for providing dietary guidance for the nutritional intake of boron // *Biol. Trace Elements Res.* – 1998. – Vol. 66. – P. 319–330.
22. Penland J.G. Dietary boron, brain function and cognitive performance // *Environmental Health*. – 1994. – Vol. 102. – Supplement 7. – P. 65–72.
23. Shaaban M.M. Role of boron in plant nutrition and human health // *Am. J. Plant Physiol.* – 2010. – Vol. 5. – P. 224–240.
24. Stock A. Hydrides of Boron and Silicon. – Ithaca and L., 1933. – 150 p.
25. Volkov V.V., Myakishev K.G. Mechanochemical reactions in the chemistry of boranes // *Inorg. Chim. Acta.* – 1999. – Vol. 289. – № 1–2. – P. 51–57.



О НОВОЙ ПАРАДИГМЕ АНТИНАРКОТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ, ОТРИЦАЮЩЕЙ НАСИЛИЕ И РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ПРАВО НА РАЗВИТИЕ¹

В.П. Иванов

Государственный антинаркотический комитет Российской Федерации,
Федеральная служба Российской Федерации по контролю за оборотом наркотиков,
Москва, Россия
Эл. почта: website@fscn.gov.ru

ON A NEW PARADIGM OF ANTI-DRUG POLICY, WHICH DENIES VIOLENCE AND RESPECTS THE RIGHT TO DEVELOPMENT

V.P. Ivanov

State Anti-Drug Committee of the Russian Federation and
Federal Drug Control Service of the Russian Federation, Moscow, Russia
E-mail: website@fscn.gov.ru

Глобальный наркотрафик, налаженный наркомафией из центра масштабного производства кокаина в Южной Америке в сторону Соединенных Штатов, в Россию и страны Европы, проходит подобно цунами по территории стран Центральной Америки, сметая все на своем пути и создавая колоссальный уровень насилия. В эпицентре этого наркотрафика находится Республика Никарагуа. Именно поэтому сотрудники правоохранительных органов стран – членов Комиссии правоохранительных органов стран Центральной Америки, Карибского бассейна, Мексики и Колумбии, ведущих борьбу с наркотиками, играют такую важную роль, являясь не просто полицейскими силами, а оплотом и гарантом стабильности в своих государствах.

В России постоянно растет интерес к Латинской Америке, буквально ежедневно наращивается наше сотрудничество, и профессиональное сообщество наркополицейских является авангардом этого процесса. Ярким подтверждением тому стала масштабная операция, проводимая с начала марта 2013 г. с российским участием, в результате которой в Никарагуа был ликвидирован крупнейший наркокартель, арестованы более 40 членов наркокартеля во главе с мексиканцем Мартином Санчесом Флоресом, конфискованы более 70 сухопутных и морских транспортных средств, более 40 объектов недвижимости, стрелковое оружие. Российской Федерацией выделены финансовые средства на строительство Учебного центра подготовки наркополицейских стран – членов Центральноамериканской интеграционной

системы (ЦАИС) в Манагуа. Россия и дальше будет помогать своим коллегам в регионе реализовывать всеобщее дело борьбы с наркотиками. Мы ставим перед собой амбициозную задачу – ликвидировать планетарные центры наркопроизводства в Афганистане и Латинской Америке. Проведенные нами курсы по повышению квалификации борцов с наркотиками в странах Центральной Америки необходимо рассматривать именно в этом ключе. Сегодня это элемент нашей глобальной стратегии, играющий ключевую роль для региона стран Центральной Америки, Карибского бассейна, Мексики и Колумбии. Завершен уже третий цикл курсов, проведенных сотрудниками Федеральной службы Российской Федерации по контролю за оборотом наркотиков (ФСКН России), в Никарагуа. Сейчас можно констатировать, что все ожидания, которые были представлены с российской стороны в 2012 г. при принятии решения об открытии курсов, удовлетворены. Цели, которые были поставлены, успешно достигнуты, и начинается новый этап сотрудничества. С огромным удовлетворением необходимо отметить живую заинтересованность, проявленную всеми проходившими обучение на курсах сотрудниками правоохранительных органов из государств Центральной Америки, особенно стран-членов ЦАИС, их профессионализм и жажду знаний.

В марте 2013 г. исполнилось 10 лет с момента создания ФСКН России, и при подведении итогов десятилетней работы было отмечено, что одним из наиболее значимых достижений за этот период была организация проведения систематических образовательных курсов в латиноамериканском регионе.

Очевидны четыре базовых направления сотрудничества России и государств Латинской Америки: планирование и проведение совместных стратегических операций по пресечению трафика наркотиков;

¹ По материалам выступления директора ФСКН России В.П. Иванова на заседании Комиссии правоохранительных органов стран Центральной Америки, Карибского бассейна, Мексики и Колумбии (21 марта 2013 г., Манагуа, Никарагуа).

подготовка кадров (прежде всего обучение наркополицейских); выработка совместной антинаркотической политики на ведущих международных площадках (прежде всего в ООН); организация социальной реабилитации наркопотребителей как важнейшая мера по декриминализации общества. Последнее направление является относительно новым, поскольку обычно наркопотребителями занимается медицина. Однако в настоящее время становится очевидным, что проблема наркомании, будучи предельно криминализованной, преимущественно – социально-экономическая, поэтому включение только правоохранительных органов в эту работу не позволяет достигать значимых результатов в национальном масштабе. В России в настоящее время создается национальная система реабилитации и ресоциализации, и Россия заинтересована в сотрудничестве и обмене опытом. В аспекте стандартных полицейских задач российская сторона предлагает заинтересованным сторонам установить форматы планирования совместных операций и организацию горячих линий между противонаркотическими службами, а также расширение сети курсов по подготовке наркополицейских.

Колоссальный потенциал лежит в организации и совместной разработке нами новой парадигмы глобальной антинаркотической политики.

Особое внимание следует обратить на проблемную ситуацию, возникшую в сфере глобальной антинаркотической политики, когда под сомнение начинают ставиться основополагающие принципы человечества в отношении к наркотикам. В качестве новой парадигмы в последнее время нам упорно навязывают идею легализации, спекулируя на неэффективности антинаркотической политики. В основе популярной идеи легализации продажи наркотиков лежит абсолютно ложное, с российской точки зрения, представление о том, что проблема криминального насилия якобы может быть решена превращением вчерашних отвратительных наркобаронов в якобы добродетельных купцов, правда, по-прежнему торгующих смертельным зельем. Однако так просто перековать мечи на орала не получится. Весь опыт свободной продажи наркотиков Ост-Индской британской компанией в позапрошлом веке в Китае или свободной продажи опасных фармацевтических препаратов наглядно показывает, что потребление наркотиков не только не уменьшается, но и резко и неограниченно растет. В чем же ошибка проповедников легализации, в чем ложь этой соблазнительной идеи? Она заключается в том, что легализация никак не затрагивает самого античеловеческого способа производства и самой социальной базы как наркопроизводителей, так и наркопотребителей, массы которых являются современными рабами, человеческий потенциал которых неограниченно потребляется и исчерпывается глобальной наркомафией. Главным противником борющихся с наркоманией являются не только преступные транснациональные наркогруппировки, но и сам организуемый ими способ производства. Усиливающиеся попытки протолкнуть легализацию на фоне неспособности справиться с объемами наркопроизводства и с уровнем насилия ярко свидетельствуют о кризисе существующей парадигмы антинаркотической борьбы. Россия, принципиально выступая против легализации и даже самой постановки данной темы, хорошо понимает, что этот вопрос поднимается

от безысходности, крайней степени насилия, депрессивности, отсутствия достойной занятости.

Особое внимание следует обратить на то, что ооновский политический процесс антинаркотической деятельности уже дважды в 1998 и 2009 гг. обозначил императивы сокращения посевов и производства наркотиков. Однако эти решения не выполнены.

Наоборот, хорошо заметен рост потребителей кокаина и героина в мире. Объединенные нации, необходимо это констатировать, не смогли защитить население своих стран – прежде всего молодежь.

Помимо этого, объемы и масштабы наркопроизводства также с 1998 г. не только не снизились, но и прямо обратны нашим декларациям. Особенно удручающая ситуация в Афганистане, где по-прежнему производится более 90% всего героина в мире. За годы наступившего миллениума, с момента начала операции «Несокрушимая свобода» в 2001 г., от афганского героина погибло более миллиона человек. Кроме того, в транснациональную организованную преступность инвестировано свыше триллиона долларов от продажи героина. Транзит афганского героина масштабно затрагивает почти 100 государств-членов ООН на всех континентах. То есть 154 тысячи гектаров опиного мака в Афганистане являются источником поражающего фактора для 10 млрд гектаров территорий стран-членов ООН и их населения. При этом основная масса международных антинаркотических программ и организационно, и финансово фокусируется не на ничтожных по площади территориях наркопроизводства, а на колоссальных территориях наркотранзита, занимающих, по сути, полмира.

Налицо феномен локализации в обоих полушариях Земного шара двух сверхмощных планетарных центров наркопроизводства (более 90% героина в одном небольшом Афганистане и 100% кокаина в Южной Америке). По сути, это два устойчивых эмиссионных центра (своего рода центрального банка криминального мира), институционально вмонтированных в систему транзита и дистрибуции производимой наркопродукции и, что крайне опасно, в мировой легальный финансовый и банковский сектор. Анализ мощности функционирования упомянутых двух планетарных центров позволяет оценить целевое инвестирование за минувшие 15 лет в глобальную организованную преступность, образующую угрозу миру и безопасности во всех ее проявлениях, включая пиратство, терроризм и экстремизм, насилие, похищение людей: совокупно – это не менее трех триллионов долларов. Чтобы переломить этот негативный тренд последних 15 лет, со времени принятия Декларации 1998 г., требуются новая философия и парадигма, которые бы строились на реализации основополагающего ооновского права – права на развитие. С Российской точки зрения, эффективная парадигма должна быть построена на понимании глубинных причин и особенностей наркопроблемы.

Анализ наркопроизводства в двух глобальных центрах, а также особенностей трансконтинентального транзита героина и кокаина отчетливо высвечивает доминантный фактор, своего рода системный интегратор наркопроблемы – социально-экономическую депрессивность в странах производств и транзита, которая сделала значительные сегменты общества социальной базой населения, вовлеченного в воспроизводство и транзит наркотиков.

Исследования показывают убийственное влияние депрессивности как на отдельного человека или группы людей, так и на целые регионы.

Поддержание и культивирование таких депрессивных зон – политэкономическая основа продолжения наркопроизводства и существования самой наркомафии. В этом контексте одни лишь полицейские меры явно недостаточны ни в Афганистане, ни в Южной Америке. Регулярно уничтожаются нарколаборатории и тонны наркотиков, однако ощутимых перемен не наблюдается. И это понятно, поскольку сама социальная база наркопроизводства не ликвидирована, а наоборот все больше воспроизводится. Деградация продолжается, а социальная база наркопроизводства расширяется.

Совершенно очевидно, что прекращение наркопроизводства может быть достигнуто на основе реализации права отдельных людей и всего населения на развитие, которое должно стать приоритетом антинаркотической политики и сутью новой парадигмы.

На конференции в Лиме в июне 2012 г. Россия предложила сделать основной акцент на реализацию права на развитие и альтернативное развитие. В ноябре 2012 г., также в Лиме, это было закреплено на экспертной конференции высокого уровня.

Следует отметить, что российские инициативы в 2012 г. были учтены на этих важных форумах и

вошли в состав резолюций 56-й сессии Комиссии по наркотическим средствам ООН, состоявшейся 11 марта 2013 г. в Вене.

В предложенном латиноамериканскими странами, Перу и Колумбией, а также Таиландом проекте резолюции Организации Объединенных Наций в области альтернативного развития для принятия Генеральной Ассамблеей ООН в полной мере учтены и предложения России.

С учетом изложенного, ключевое значение для устранения социально-экономических причин наркопроизводства имеет использование всего потенциала такого уникального механизма, как Экономический и социальный совет ООН, в компетенцию которого входит рассмотрение международных экономических и социальных проблем, а сам Совет учрежден в качестве центрального форума для обсуждения таких проблем и разработки соответствующих политических рекомендаций.

Необходимо подчеркнуть, что только сбалансированное сочетание мер полицейского характера, международного оперативного сотрудничества и координированных Организацией Объединенных Наций действий по инфраструктурному подтятию экономики в целях ликвидации социальной базы наркопроизводства позволит добиться кардинального сокращения в мире как наркопроизводства, так и наркотранзита.



КОНФЕРЕНЦИЯ ООН ПО УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ «РИО+20»: ГОД СПУСТЯ

Т.Г. Авдеева

Посольство Российской Федерации в Мексике, г. Мехико

Эл. почта: tgavd@yahoo.com

UN CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT “RIO+20”: ONE YEAR AFTER

T.G. Avdeeva

Russian Embassy in Mexico, Mexico City

E-mail: tgavd@yahoo.com

ВВЕДЕНИЕ

С 13 по 22 июня 2012 г. в г. Рио-де-Жанейро (Бразилия) состоялся крупный международный экологический форум – Конференция ООН по устойчивому развитию. Форум стал знаменательным событием хотя бы только потому, что он носил юбилейный характер, ознаменовав 40-летнюю годовщину Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде 1972 г. и 20-летнюю годовщину проходившей тоже в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Конференции ООН по окружающей среде и развитию (КОСР) – в этой связи в широком политическом лексиконе это мероприятие получило статус саммита «Рио+20».

Это была встреча для подведения итогов международного экологического взаимодействия на его новейшем, охватившем последние двадцать лет, этапе¹ – срок ничтожно малый для биосферы, но весьма солидный для политических процессов, направляемых людьми, особенно в условиях бурного развития новейших информационных технологий.

Однозначно оценить итоги Форума «Рио+20» непросто – все зависит от критериев оценки и исходной планки для сравнения. Многие политики, аналитики, эксперты вскоре после завершения мероприятия выступили со сдержанными, порой противоречивыми мнениями в отношении его итогов, некоторые из них вообще предпочли не высказы-

вать каких-либо комментариев. За прошедший год преимущественно критический настрой в отношении «Рио+20» сменился более трезвым подходом, появилось немало экспертных публикаций с углубленным, свободным от эмоций, анализом этого мероприятия.

В данной статье предпринята попытка показать значение саммита «Рио+20», с одной стороны, в исторической ретроспективе, как нового этапа эволюции международного экологического сотрудничества, и, с другой стороны, в увязке с другими ключевыми международными форматами в сфере экологии, экономики и глобального управления.

РИО-2012 VERSUS РИО-1992

Согласимся с большинством экспертов в том, что конференция в Рио годичной давности проигрывает своей предшественнице двадцатилетней давности и по атмосфере, и по значимости принятых решений. Это неудивительно.

Необходимо учитывать, что Конференция 1992 г. проходила в кардинально отличной от 2012 г. международной обстановке. Вскоре после публикации доклада Комиссии Брундтланд «Наше общее будущее» 1987 г. мир «заболел» концепцией устойчивого развития, впервые столь четко и стройно изложившей путь для гармоничного сочетания экономических и

¹ В монографии «Международное экологическое право» (Ред.: проф. Р.М. Валеев; М.: Статут, 2012) в главе III «История становления и развития международного экологического права» выделены такие этапы развития международного экологического сотрудничества: 1) *От Викторианской эпохи до создания Международного Союза охраны природы и природных ресурсов (1839–1948 гг.)* было заключено около 10 региональных экологических соглашений узкоспециализированной направленности; 2) *«Достоевская» эра (1948–1972 гг.)*. Начала укрепляться институциональная база международного экологического сотрудничества, что было связано с созданием в 1945 г. ООН и учреждением в 1948 г. Международного союза охраны природы и природных ресурсов. Стали появляться первые крупные неправительственные природоохранные организации и зачатки комплексного регулирования экологических проблем; 3) *«Стокгольмская эра» (1972–1992 гг.)*. Проведенная в 1972 г. Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде стала первой универсальной экологической конференцией, которая приняла Декларацию и План действий. Стокгольмская декларация, состоящая из 26 принципов, стала первым глобальным «кодексом» в экологической сфере. Решением Конференции была учреждена Программа ООН по окружающей среде. В 70-е гг. XX в. были заключены конвенции о глобальном регулировании экологических проблем, в которых заинтересовано все человечество (охрана Мирового океана, космического

пространства, всемирного природного и культурного наследия и др.); 4) *Современный этап, или «эра Рио-де-Жанейро» (с 1992 г. по н. в.)*. Проведенная в 1992 г. в Рио-де-Жанейро Конференция ООН по окружающей среде и развитию одобрила концепцию устойчивого развития в качестве главного ориентира для мирового сообщества. Конференция приняла три важных документа из области «мягкого» права: Декларацию по окружающей среде и развитию, Повестку дня на XXI век и Принципы в отношении сохранения и использования лесов, а также открыла для подписания две рамочные конвенции глобального значения: Рамочную конвенцию ООН об изменении климата и Конвенцию о биологическом разнообразии. В 1993 г. при ЭКОСОС была учреждена Комиссия ООН по устойчивому развитию. Пути выполнения целей Повестки дня XXI в. были конкретизированы на состоявшейся в 2002 г. в Йоханнесбурге Всемирной встрече на высшем уровне по устойчивому развитию. Многие эксперты говорят о наступлении с начала XXI в. 5-го этапа в развитии международного экологического сотрудничества, иногда называемого «энергетической/климатической эрой». В этот период вышедшая на авансцену экологического взаимодействия проблема изменений климата начинает диктовать необходимость перевода мировой промышленности и энергетики на принципы низкоуглеродного развития, экологические стандарты хозяйственной деятельности становятся реальностью, и ответственность за их невыполнение имеет тенденцию к ужесточению.

природоохранных задач². Эта идея тогда была активно подхвачена учеными, общественными экологическими организациями, под давлением которых природоохранные ценности стали одним за другим провозглашать руководители многих ведущих государств, в том числе М. Тэтчер (Великобритания), Дж. Буш-старший (США), Г. Коль (Германия), Ф. Миттеран (Франция), Б. Малруни (Канада), М. Горбачев (Россия) и др.³ В воздухе висело ощущение перемен, оптимистичных ожиданий, новизны происходящего – мир объективно был готов к заключению экологических соглашений фундаментального характера, что и было сделано на саммите Земли в 1992 г. До сих пор приняты тогда Декларация по окружающей среде и развитию и Повестка дня XXI в. остаются базой, генеральной стратегией, своего рода «конституцией» природоохранного взаимодействия стран. Все, что принималось позже, можно отнести, выражаясь бюрократическим языком, к категории распоряжений и «подзаконных актов», которые лишь конкретизировали и развивали наследие Рио-1992.

Сегодня, двадцать лет спустя, проблемы охраны окружающей среды и устойчивого развития обсуждаются уже на другом уровне и с другими акцентами. С одной стороны, люди стали гораздо более информированы и образованы в отношении проблем окружающей среды. Многие активисты экологических НПО 1990-х г.г. прошлого века пересели в кресла чиновников. Нынешние руководители гораздо чаще выступают на экологические темы. Проблема изменений климата передвинулась на первые позиции в ряду современных стоящих перед государствами угроз. Словосочетание «устойчивое развитие» прочно вошло в мировой политический и экономический лексикон, стало ориентиром для экономических стратегий многих стран мира. Экологические стратегии сегодня – это уже не умозрительные научные концепции, а важнейшие параметры перестройки

мировой энергетики и промышленности, конкретные финансовые затраты и прибыль предприятий и бизнеса, существенный фактор поддержания их конкурентоспособности и делового реноме.

Вместе с тем, такое глубокое проникновение экологических ценностей в экономическую жизнь произошло далеко не во всех странах – разрыв в уровне развития богатых и бедных стран остается высоким, многие развивающиеся государства по-прежнему ставят во главу угла экономические приоритеты. В результате в масштабах всей планеты затратную модель экономического развития пока не удается отменить, и принципы устойчивого развития во многом остаются лишь провозглашаемой с трибун желаемой целью. Глобальный экологический кризис усугубляется, а нынешние системы национального и международного управления не в состоянии снизить растущую нагрузку общества на природную среду и ресурсы. Эксперты признают: стратегический курс в вопросе о том, что надо делать, был выработан в Рио-92 совершенно правильно, но до сих пор отстает его практическая реализация, поэтому от нынешних природоохранных форумов требуются не столько основополагающие декларации, сколько решения практического плана, обеспечивающие выполнение провозглашенных в этих декларациях задач. Это и попытался сделать саммит «Рио+20».

Следует подчеркнуть и то, что Рио-2012 проходил на фоне уже заметно обогатившейся и разветвившейся за последние двадцать лет мировой экологической повестки дня, что в какой-то степени снимало в данной встрече ауру «исключительности», «единственности», как это было с саммитом 1992 г. С одной стороны, рассмотрение ряда наиболее важных экологических вопросов выделилось в самостоятельные переговорные форматы. К ним относится, в первую очередь, проблематика изменения климата, дискуссии по которой в рамках соответствующей конвенции ООН за последние двадцать лет четко выдвинулись на авансцену экологического взаимодействия стран – именно здесь пульсирует его «нерв» и наиболее ярко фокусируются все накопившиеся в этой сфере противоречия и болевые точки. Они касаются распределения ответственности между группами стран за экологический ущерб, размеров финансовой помощи развивающимся странам со стороны развитых государств на природоохранную работу, государственных мер стимулирования экологических мероприятий, санкций за невыполнение экологических стандартов и др. «Рио+20» объективно не мог снять все эти укоренившиеся разногласия, и его решения не стали прорывом для климатического переговорного процесса, что наглядно показала состоявшаяся уже после саммита конференция сторон РКИК в г. Доха (Катар)⁴.

² Устойчивое развитие – общественно-политическая концепция развития человечества, предполагающая гармоничное и неконфликтное развитие природы и человека, разумное сочетание задач экономического роста, социального развития и охраны окружающей среды в интересах настоящего и будущих поколений нашей планеты. *От редакции: закрепившийся в отечественной политической фразеологии перевод английского слова «sustainable» (имеющий адекватное, достаточное, разумное обеспечение) на русский как «устойчивый» никак нельзя признать удачным. Об этом свидетельствует и развернутое истолкование термина «sustainable» в данной сноске. Коннотацией представления об «устойчивости» какого-либо тренда является его неизменность, хотя в сущности добиваться надо как раз изменений – от мер по «неуклонному» развитию экономики любыми средствами к мерам, позволяющим свести ущерб для окружающей среды к минимуму. Возможно, что нередко выражаемое неприятие идей «устойчивого» развития объясняется именно неприятием термина, а не того, что он призван обозначить.*

Идеи устойчивого развития выдвигались еще в начале XX в. российскими учеными В.И. Вернадским, К.Э. Циолковским и др.; в 60-х и 70-х гг. XX в. они были развиты учеными западных стран – в частности, в докладе Римского клуба «Пределы роста» 1972 г., и нашли отражение в Стокгольмской декларации по проблемам окружающей человека среды 1972 г. и других международных документах. Наиболее систематизированное и полное раскрытие концепция получила в докладе Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию (Комиссии Брундтланд) «Наше общее будущее» 1987 г. В этом докладе устойчивое развитие определено как развитие, которое «удовлетворяет потребности настоящего времени, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности». Иными словами, устойчивое развитие – это такое развитие, которое учитывает возможности окружающей среды справляться с последствиями деятельности человека. Устойчивое развитие включает три главных компонента: экономический (обеспечение экономического роста), экологический (сохранение окружающей среды) и социальный (удовлетворение потребностей людей и общества с соблюдением принципов справедливости и равноправия).

³ J. MacNeill “Brundtland Revisited”, 4.02.2013; <http://opencanada.org/features/the-think-tank/essays/brundtland-revisited/>

⁴ Многосторонние переговоры по изменению климата ведутся с начала 1990-х гг. по линии Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) 1992 г. и Киотского протокола (КП) 1997 г. как дополнения к ней. Киотский протокол обязал порядка 40 стран сократить свои выбросы шести парниковых газов в совокупности на 5,2% в 1990–2012 гг., причем каждому государству была поставлена своя количественная цель. В связи с истечением в 2012 г. срока действия Киотского протокола началась работа по подготовке нового климатического соглашения на следующий период. Пока переговорный процесс продвигается с большим трудом из-за наличия серьезных разногласий между различными группами государств в отношении видения нового климатического режима. Многие страны (среди них США, Япония, Канада, Россия) не поддерживают продление

С другой стороны, за прошедший период экологический компонент в той или иной мере интегрировался в работу практически всех наиболее авторитетных международных организаций и объединений, определяющих сегодня контуры мировой экономической и финансовой архитектуры, – «Группы восьми», «Группы двадцати», форума «Азиатско-тихоокеанское экономическое сотрудничество», БРИКС и многих других. Без сомнения, решения «Рио+20» отразили наработки этих форматов в природоохранной сфере и, в свою очередь, обогатили их новыми задачами.

ИТОГИ «РИО+20» В ЦИФРАХ И ФАКТАХ⁵

Саммит «РИО+20» войдет в историю как самое на сегодняшний день многочисленное международное мероприятие – в нем приняли участие представители 191 государства-члена ООН, в том числе 79 глав государств и правительств, а всего различные мероприятия форума посетили порядка 44 тысяч человек⁶. По словам президента Бразилии Д. Руссефф, саммит явился «глобальным выражением демократии». Помимо официальных заседаний, в главном конференц-центре «Рио+20» были проведены форум партнерств, встречи в формате «Диалога по устойчивому развитию», образовательные мероприятия, а также около 500 сопутствующих встреч, не считая параллельной программы, в рамках которой по всему Рио-де-Жанейро были проведены примерно 3 тысячи различных мероприятий.

Итоговый документ⁷ саммита «Будущее, которого мы хотим»⁸ отражает стратегию действий мирового сообщества в экологической сфере (ориентировочно до 2020 г.). Документ состоит из 6 разделов: «Наше общее видение»; «Подтверждение политической приверженности»; «„Зеленая“ экономика в контексте устойчивого развития и искоренения нищеты»; «Институциональные рамки устойчивого развития»; «Рамочная программа действий и последующие меры» и «Средства осуществления».

Отраженные в Итоговом документе решения разнокалиберны по своей сути – среди них есть действительно концептуальные, предваряющие серьезные перемены во всей системе международного природо-

оохранного сотрудничества, а есть решения более узкой направленности.

Наиболее важные итоги саммита «Рио+20» состоят в следующем.

Дальнейшая интеграция принципов устойчивого развития в долгосрочную международную стратегию развития.

В политическом плане участники форума торжественно подтвердили свою «приверженность курсу на устойчивое развитие и на обеспечение построения экономически, социально и экологически устойчивого будущего для нашей планеты и для нынешнего и будущих поколений». При этом было отмечено, что искоренение нищеты и голода является величайшей глобальной задачей современности и необходимой предпосылкой устойчивого развития⁹. Признана «необходимость дальнейшего продвижения идеи устойчивого развития на всех уровнях».

Конференция «Рио+20» приняла решения о создании *рабочей группы для разработки Целей устойчивого развития (ЦУР)*, которые должны быть впоследствии утверждены Генеральной Ассамблеей ООН, а также о начале межправительственного процесса под эгидой ООН по подготовке доклада, содержащего предложения в отношении разработки эффективной *стратегии финансирования устойчивого развития*. При этом было достигнуто понимание, что ЦУР должны быть немногочисленными, применимыми ко всем странам и формулироваться с учетом национальных условий, особенностей, возможностей и приоритетов развития разных стран мира.

Курс на разработку ЦУР вписывается в процесс разработки новой Глобальной повестки дня в области развития на период после 2015 г., когда формально истекает срок выполнения Целей развития тысячелетия (ЦРТ)¹⁰. Но, если среди ЦРТ устойчивое развитие фигурировало в качестве лишь одной из целей, то теперь стоит задача инкорпорировать его философию в каждую из новых целей развития. По существу, по следам Рио-1992 происходит процесс слияния двух глобальных повесток дня – в области развития и в области устойчивого, или экологически сбалансированного развития.

Протокола на новый срок, а выступают за принятие нового всеобъемлющего документа, который бы не только связал обязательствами развивающиеся страны, но и предусмотрел принятие соответствующих мер развивающимися странами. По решению последней, 18-й конференции сторон РККИК/8-го совещания сторон КП, проходившей с 26 ноября по 8 декабря 2012 г. в г. Доха (Катар), принята «Дохийская поправка», запускающая второй период обязательств КП (2013–2020 гг.), и одновременно дан старт переговорам по согласованию нового всеобъемлющего климатического соглашения на замену КП, которое должно быть подготовлено не позднее 2015 г. и вступить в силу с 2020 г.

⁵ Подробную информацию о работе саммита «Рио+20» и ходе выполнения его решений можно найти на сайтах <http://www.unccd2012.org/about.html> и <http://sustainabledevelopment.un.org/>

⁶ «Summary of the United Nations Conference on Sustainable Development: 13–22 June 2012, “Earth Negotiations Bulletin”, A Reporting Service for Environment and Development Negotiations, Published by the International Institute for Sustainable Development (IISD), 25.06.2012, Vol. 27, № 51, p. 1.

⁷ Первоначально пухлый (200 страниц) проект Итогового документа, дававший немало поводов для разногласий, в течение финальных дней мероприятия трансформировался в достаточно компактный текст (68 страниц в русском варианте), акцентирующий общее видение стран-участниц.

⁸ «Будущее, которого мы хотим». Рио+20, Конференция Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию, Рио-де-Жанейро, Бразилия, 20–22 июня 2012 года. (A/RES/66/288). Полный текст документа на русском языке можно найти на сайте <http://www.un.org/ru/sustainablefuture/>

⁹ В документе, в частности, высказана озабоченность тем, что каждый пятый человек на планете, а это более миллиарда людей, до сих пор живет в условиях крайней нищеты; а каждый седьмой житель планеты (14%) страдает хроническим недоеданием.

¹⁰ Цели развития тысячелетия (ЦРТ) были провозглашены в Декларации тысячелетия, принятой на 55-й сессии Генеральной ассамблеи ООН (ГА ООН) в 2000 г. Они представляют собой изложение приоритетов мирового сообщества или стратегической повестку дня ООН в социально-экономической сфере. Цели включают восемь позиций: сокращение к 2015 г. вдвое уровня нищеты в мире; обеспечение всеобщего начального образования для всех детей планеты; борьба с голодом; обеспечение гендерного равенства; сокращение детской смертности; улучшение здоровья матерей; борьба с ВИЧ/СПИД, малярией и другими заболеваниями; обеспечение устойчивости окружающей среды. На своей 65-й сессии в 2010 г. Генеральная Ассамблея ООН призвала государства ускорить продвижение к выполнению ЦРТ и продумать пути разработки новой стратегии развития на период после 2015 г. Для этих целей по решению ООН была создана Специальная целевая группа, позже в июле 2012 г. по решению Генерального секретаря ООН Пан Ги Муна была учреждена Группа высокого уровня с участием 24 выдающихся деятелей из правительственного сектора, бизнеса и академического сообщества под председательством президента Индонезии С.Б. Юдойоно, президента Либерии Э. Джонсон-Серлиф и премьер-министра Великобритании Д. Камерона, учрежден пост Специального советника по разработке Глобальной стратегии развития на период после 2015 г. (им стала А. Мохаммед (Нигерия)), начаты консультации по проблематике развития на национальном и международном уровнях. От России в Группе участвует Помощник Президента Российской Федерации Э.С. Набиуллина.

В развитие решения «Рио+20» Генеральная Ассамблея ООН в январе 2013 г. учредила Рабочую группу открытого состава по разработке ЦУР, которая должна представить свои выводы на следующей, 68-й сессии Ассамблеи¹¹.

В итоговом документе саммита обозначены и другие меры, способствующие переходу к устойчивому развитию, среди них – *учреждение органа для руководства практической реализацией 10-летней Рамочной программы по устойчивым структурам потребления и производства*; принятие мер (в частности, путем запуска специальной программы в рамках Статистической комиссии ООН), направленных на *дополнение методики подсчета ВВП экологическими компонентами и содействии интегрированию показателей в отношении устойчивого развития в статистическую отчетность на всех уровнях управления*; работа в направлении *отмены так называемых «вредных» субсидий, которые «поощряют использование ископаемых видов топлива»¹², стимулируют расточительное потребление и препятствуют устойчивому развитию*; создания механизма, способствующего разработке, передаче и распространению чистых и экологически безопасных технологий и др.

Укрепление в ООН институциональной базы для устойчивого развития.

Вопреки ожиданиям многих, Конференция не завершилась принятием «судьбоносных» для международного экологического сотрудничества решений, к которым можно было бы отнести, например, учреждение новой универсальной организации ООН по вопросам экологии, или поста Высокого комиссара по вопросам будущих поколений, или поднятие статуса ЮНЕП до специализированного агентства ООН. Эти предложения так и остались на уровне идей, обсуждаемых в коридорах международных встреч уже, как минимум, три десятка лет.

Тем не менее, некоторый прогресс в этом направлении все же есть. Для более эффективной мобилизации международных усилий по продвижению к устойчивому развитию Конференция постановила *учредить универсальный межправительственный политический форум высокого уровня по устойчивому развитию*. Предполагается, что новый орган будет создан с использованием опыта работы Комиссии по устойчивому развитию (КУР)¹³ и впоследствии заменит собой эту Комиссию. Формат и организационные аспекты работы нового органа должны быть разработаны Генеральной Ассамблеей ООН.

¹¹ В состав этого органа вошли 30 членов, представляющих 5 региональных групп (всего в его работе участвует 70 государств, большинство из которых де-факто членство с другими). На первом заседании Группы, состоявшемся в Нью-Йорке 14–15 марта 2013 г., Генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун отметил, что ЦУР должны способствовать дальнейшему прогрессу в реализации ЦРТ и учитывать такие задачи, как борьба с бедностью, развитие здравоохранения, образования, экономическое и социальное развитие, уважение принципа верховенства права, прав человека, равноправие женщин, формирование институтов для правильного управления, свободу от насилия и защиту особых интересов наименее развитых стран и др.

¹² Инициатива о постепенной отмене субсидий на использование ископаемого топлива впервые была выдвинута на саммите Группы двадцати в Питтсбурге, США, в 2009 г.

¹³ Комиссия по устойчивому развитию (КУР) была создана по решению КОСР-1992 в структуре Экономического и Социального Совета ООН в целях, среди прочего, анализа и оценки прогресса в деле осуществления Повестки дня XXI века на национальном, региональном и международном уровне. К настоящему времени Комиссия провела 19 сессий.

В этом же ключе в итоговом документе отражено предложение об *укреплении Программы ООН по окружающей среде и повышении ее статуса* за счет, в частности, учреждения универсального членства в Совете управляющих ЮНЕП, укрепления финансовой базы организации за счет роста поступлений из регулярного бюджета ООН, повышения роли и способностей ЮНЕП по координации экологической работы в рамках ООН, более тесного взаимодействия между учеными и политиками, укрепления функций штаб-квартиры ЮНЕП в Найроби и др.

Эти решения уже получили поддержку на 67-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН осенью 2012 г.

Продвижение идей «зеленой» экономики.

Термин «зеленая» экономика пронизывал всю атмосферу Конференции, как некий новый для всего экологического сотрудничества ориентир, символ нового времени, нового вставшего перед мировым сообществом и мировым хозяйством вызова.

В итоговом документе Саммита «Рио+20» было заявлено намерение участников рассматривать *«зеленую» экономику в контексте устойчивого развития и ликвидации нищеты в качестве одного из важных инструментов обеспечения устойчивого развития*. При этом было подчеркнуто, что она должна учитывать «разные подходы, концепции, модели и инструменты, соответствующие национальным ситуациям и приоритетам» в различных странах, и не должна сводиться к «жесткому набору правил». Однако, хотя в итоговом документе саммита «зеленой» экономике и посвящен отдельный раздел, никакой конкретики в ее отношении – ни четкого определения этого понятия, ни плана продвижения к ней – он не содержит, отражая, скорее в описательном ключе, 16 общих принципов, на которых должна основываться стратегия развития «зеленой» экономики. Среди них можно выделить актуальные в плане противостояния богатым и бедных стран мысли о том, что эта стратегия «не должна являться средством произвольной и неоправданной дискриминации или скрытой формой международной торговли, не допускать односторонних действий для решения экологических проблем за пределами юрисдикции страны-импортера», что она должна «способствовать ликвидации нищеты, стимулированию экономического роста, преодолению технологического разрыва между развитыми и развивающимися странами» и «внедрению рациональных моделей производства и потребления».

Столь обтекаемый подход к «зеленой» экономике в решениях «Рио+20» имеет вполне объективные причины: сама эта концепция еще очень молода, сыра и пока оперирует достаточно общими понятиями¹⁴.

¹⁴ Идея «зеленого» роста не нова и уходит корнями в различные модели и концепции экологически ориентированного развития, появившиеся во второй половине XX века. О «зеленой» экономике и «зеленом» росте активно заговорили в конце 2000-х гг. в связи с обострением мировых экономических и экологических проблем, прежде всего, проблемы изменений климата. В 2008 г., в разгар мирового финансово-экономического кризиса, Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) провозгласила «Новый глобальный зеленый курс», который предполагает переориентацию мирового экономического развития на новую технологическую базу, основанную на энергосберегающих и менее углеродоемких технологиях, повышение энергоэффективности, энергосбережение, переход на возобновляемые источники энергии, сокращение выбросов парниковых газов, приоритетное развитие экологических ниш роста как путь к решению двуединой задачи – оживлению экономического развития и противодействию изменению климата на планете. Более конкретно

Главное значение Рио+20 для «зеленой» экономики, как представляется, состоит в придании дальнейшему импульсу для продвижения этой идеи как таковой и насыщения ее конкретным содержанием на основе использования позитивного опыта, уже накопленного на местном уровне во многих странах мира.

Сегодня в разработку концепции «зеленого» роста и «зеленой» экономики вовлечены многие международные организации, оформились десятки инициатив и партнерств в этой области. Например, под эгидой ЮНЕП образовалось Партнерство действий в области «зеленого» роста. В Республике Корея в 2010 году был создан Глобальный институт «зеленого» роста, который на Саммите «Рио+20» получил международный статус, и его соучредителями стали 18 государств¹⁵. Данный институт совместно с ЮНЕП, ОЭСР и Всемирным банком выступили инициаторами создания Глобальной платформы знаний в области «зеленого» роста.

В решениях Конференции отражены и другие вопросы, требующие глобального внимания: обеспечение продовольствием, водоснабжение, борьба с опустыниванием, деградацией земель и засухой, охрана биоразнообразия, регулирование использования химических веществ и удаления отходов, уменьшение опасности бедствий, противодействие изменению климата, охрана ресурсов Мирового океана¹⁶; развитие устойчивых моделей энергетики, транспорта, туризма, городского хозяйства, внедрение образовательных программ, расширение прав и возможностей женщин, дальнейшие международные меры в отношении малых островных развивающихся государств и др.

РОССИЯ НА САММИТЕ «РИО+20»

Формат и содержательное наполнение участия России в международных конференциях по устойчивому развитию последних десятилетий всегда находились в тесной взаимосвязи с уровнем осознания данной концепции в государстве и в обществе. За последние сорок лет идеи экологически сбалансированного, устойчивого развития в нашей стране, безусловно, стали восприниматься более серьезно на всех уровнях, однако на пути их практического внедрения еще остается много трудностей.

Концепция устойчивого развития в ее современном понимании стала интегрироваться в государственную политику России после проведения КОСР-1992. В начале 1990-х гг. правительством страны была разработана, а 1 апреля 1996 г. Указом Президента России № 440 утверждена Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию, которая до сих пор остается основополагающим стратеги-

ческим документом страны в этой области. Дальнейшее развитие идея устойчивого развития получила в Экологической доктрине Российской Федерации, одобренной распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225-р. В 2002 г. к Всемирному саммиту по устойчивому развитию в Йоханнесбурге рядом министерств и ведомств России с участием независимых экспертов была подготовлена «Национальная оценка прогресса Российской Федерации при переходе к устойчивому развитию». К сожалению, до сих пор не принята государственная стратегия устойчивого развития Российской Федерации, подготовка которой началась в правительстве страны еще в середине 90-х гг., а анализ продвижения страны в этом направлении продолжает, во многом, оставаться фрагментарным, поскольку до настоящего времени в России не был нормативно определен пакет показателей и индикаторов устойчивого развития.

Тем не менее, в целях подготовки к саммиту «Рио+20» в 2011 г. по поручению Президента России Д.А. Медведева из представителей федеральных органов исполнительной власти, общественных организаций, высшей школы и Российской академии наук была сформирована Межведомственная рабочая группа экспертов, подготовившая для представления на Конференции доклад «О реализации принципов устойчивого развития в Российской Федерации. Российский взгляд на парадигму устойчивого развития. Подготовка к Рио+20»¹⁷. Данный документ, составленный на основе обобщения имеющейся государственной статистики, данных международных и общественных организаций, отразил приближенную к реальной картину продвижения России в направлении устойчивого развития.

Доклад состоит из трех основных частей, которые посвящены, соответственно, прогрессу в реализации принципов устойчивого развития в России за последние 20 лет, долгосрочным целям устойчивого развития страны и российским приоритетам в отношении современных вызовов устойчивому развитию.

Российскую делегацию на саммите «Рио+20» возглавил Председатель Правительства Российской Федерации Д.А. Медведев. В своем выступлении¹⁸ он обозначил позицию страны по всем включенным в повестку дня Конференции вопросам. Д.А. Медведев, в частности, отметил, что Россия добилась определенных успехов в борьбе с бедностью – по сравнению с 1990-ми гг. бедность сократилась в 2,5 раза, а материнская и младенческая смертность за последние годы снизилась в 2 раза. Он подчеркнул, что Россия является «экологическим донором», обладая «значительными природными ресурсами, простирающимися на одной седьмой части мира», в том числе 19% мировых запасов леса и 22% запасов пресных вод, самыми большими в мире сельскохозяйственными площадями, являясь одним из крупнейших в мире поставщиков энергетических ресурсов, успешно справляясь с исполнением своих обязательств в рамках Киотского протокола по снижению выбросов парниковых газов. Помимо выделения «сырьевого»

параметры «зеленой» экономики были очерчены в опубликованном ЮНЕП в 2011 г. докладе «Навстречу „зеленой“ экономике. Путь к устойчивому развитию и искоренению бедности». В нем «зеленая» экономика определяется как экономика с низкими выбросами углеродных соединений, эффективно использующая ресурсы и отвечающая интересам всего общества. В 2011 г. стратегию «зеленого» роста обнародовала Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Стратегия предусматривает ориентацию на определенный набор индикаторов экологически оправданного экономического развития.

¹⁵ Подробнее о деятельности Глобального института «зеленого» роста (Global Green Growth Institute) можно прочитать на его сайте: <http://www.gggi.org/>

¹⁶ В частности, рекомендовано в срочном порядке начать разработку в рамках Конвенции ООН по морскому праву международно-правового инструмента о сохранении и рациональном использовании морского биологического разнообразия в районах за пределами национальной юрисдикции.

¹⁷ Полный текст Доклада Российской Федерации к саммиту «Рио+20» можно найти по ссылке: <http://www.ecoaccord.org/rio20/RIO%20rus.pdf>

¹⁸ Полный текст выступления Д.А. Медведева на саммите «Рио+20» можно найти по ссылке: <http://premier.gov.ru/news/item/19427/>

компонента в экономике нашей страны, Д.А. Медведев – и это было особенно важно в контексте главной темы саммита – сослался на происходящие в России перемены в направлении перехода к устойчивому развитию, отметив, в частности, что Россия строит «экономику знаний и высоких технологий», увеличивает финансирование фундаментальной и прикладной науки, последовательно реализует программы энергосбережения, снижения энергоёмкости экономики, внедрения экологически чистых технологий. Среди ключевых задач в глобальной экономической сфере была отмечена важность активизации международного диалога с целью реагирования на экономические и финансовые кризисы и строительства новой мировой финансовой архитектуры, создания новых эффективных рабочих мест и благоприятного делового климата, выработки новой парадигмы развития и устойчивых моделей производства и потребления, обеспечения продовольственной и энергетической безопасности. Поддержав общую идею перехода всех стран к «зеленой» экономике, российский премьер в то же время отметил, что в строительстве модели «зеленого роста» каждое государство «вольно следовать своим собственным планам». Среди приоритетных экологических задач Д.А. Медведев выделил подготовку нового глобального климатического соглашения, необходимость усиления международной координации в вопросах использования Мирового океана, ликвидации накопленного экологического ущерба и создания современной системы переработки отходов, мониторинга опасных природных процессов и предупреждение природных и техногенных катастроф и др. При этом он призвал к строгому соблюдению принципа «взаимной ответственности всех участников глобальной экономики и политических процессов».

В работе российской делегации на Конференции приняли участие представители администрации Президента России, правительства страны, федеральных министерств и ведомств, ученые, представители общественности.

Российские организации приняли активное участие в программе параллельных мероприятий саммита. Так, например, Российская академия естественных наук, Институт экономических стратегий, Совет по изучению производительных сил выступили соорганизаторами проведения в преддверии саммита «Рио+20» VI Цивилизационного форума (Рио-де-Жанейро, 13–17 июня 2012 г.), на котором был обсужден доклад международного коллектива ученых «Основные долгосрочной стратегии глобального устойчивого развития на базе партнерства цивилизаций». Среди рекомендаций ученых – повышение роли ООН в глобальном стратегическом планировании и регулировании, создание при ЭКОСОС Института ООН по глобальному прогнозированию и стратегическому планированию, создание Всемирного научного совета при генеральном секретаре ООН¹⁹.

Ректоры семи российских высших учебных заведений, в числе руководителей вузов из многих других стран мира, подписали на саммите Декларацию о

содействии методам обучения, которые помогут студентам приобрести знания и навыки, необходимые для создания более устойчивого общества, о поощрении исследований в учебных заведениях по вопросам устойчивого развития²⁰.

ИТОГИ САММИТА «РИО+20» ГЛАЗАМИ ВЕТЕРАНОВ

Как представляется, наиболее объективную оценку в отношении «Рио+20» могли бы дать ветераны международного экологического сотрудничества – те, кто на протяжении нескольких десятков лет могли изнутри проследить его эволюцию, подмечать упущения и достижения, пропуская все это через призму собственного опыта и личных наблюдений. Поэтому было бы справедливо в заключении данной статьи предоставить слово именно им.

«Сегодня наблюдается огромный разрыв между научными оценками и политическими действиями в отношении устойчивого развития. Хорошие решения не всегда подкрепляются адекватными мерами их осуществления, сохраняется разрыв между развитыми и развивающимися странами в плане доступа к финансам, технологиям. Под угрозой находятся сами условия жизни человечества. Нам нужно оглядываться назад, чтобы идти вперед. В 1992 г. Конференция завершилась весьма успешно, были приняты конвенции об изменении климата, о биоразнообразии. С тех пор условия жизни изменились в худшую сторону, мы приближаемся к конечной черте. „Рио+20“ – это не просто еще одна двухнедельная конференция по окружающей среде и устойчивому развитию, а стартовая площадка для будущих действий, для мобилизации всемирного движения в поддержку устойчивого развития, это конференция о будущем цивилизации и очень ответственный момент в нашей истории, в наших усилиях обеспечить устойчивый и равноправный образ жизни для всех людей на нашей планете... Мы должны рассматривать „Рио+20“ как уникальную возможность для того, чтобы „изменить курс“ нашей экономической деятельности, как к тому призывали лидеры бизнеса на Саммите Земли 1992 года. Это предполагает фундаментальные перемены в системе управления нашей деятельностью, потребует беспрецедентного уровня взаимодействия в период обострения конкуренции и споров за истощающиеся ресурсы. „Рио+20“ должна поддержать решение в пользу повышения статуса ЮНЕП до специализированного агентства ООН, что может привести к созданию Всемирной экологической организации».

Морис Стронг (Канада) – генеральный секретарь Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (1972 г.), Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.), первый Директор-исполнитель Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), политический и общественный деятель, дипломат, предприниматель, почетный профессор Пекинского университета, председатель консультационного совета Института

¹⁹ «Конференция ООН по устойчивому развитию «Рио+20», 22.06.2012 г., Статья на сайте международной экологической общественной организации «Гринлайт», <http://greenlight-int.org/events/2012/konferentsiya-oon-po-ustoychivomu-razvitiyu-rio-20/>

²⁰ А.Бедрицкий. «Об итогах конференции ООН по устойчивому развитию „Рио+20“». «Природно-ресурсные ведомости № 6 (381), июнь 2012 г. <http://www.priroda.ru/reviews/detail.php?id=10653>

исследований проблем безопасности и устойчивости Северо-восточной Азии.

(Выступление на церемонии празднования 20-летия проведения КОСР, Рио-де-Жанейро, 15 июня 2012 г.; выступление на симпозиуме «Изменения окружающей среды и ответ мирового сообщества 2012», 20 февраля 2012 г.)

«Процесс, начатый в 1992 году, продолжается. В июне 2012 года состоялся саммит „Рио+20“, ознаменовавший двадцатилетие Конференции по окружающей среде и развитию 1992 года. Его целью была оценка прогресса, достигнутого за это время в продвижении к „зеленой“ экономике. И, хотя ситуация в мире по ряду позиций улучшилась, например, в отношении постепенного восстановления озонового слоя, сокращения числа людей, живущих в условиях крайней нищеты, в глобальном плане видение устойчивого развития пока не достигнуто. В частности, деградация окружающей среды продолжается и, в ряде случаев, ускоряется. Нам необходимо в срочном порядке наращивать темпы перемен, особенно в следующих областях: 1) Загрязнение окружающей среды, включая выбросы углекислого газа, не должно быть бесплатным; 2) Субсидии в отношении ископаемых видов топлива должны быть постепенно отменены; 3) Должны быть разработаны новые методики оценки процесса развития, помимо ВВП. На протяжении XX века экономический прогресс измерялся в показателях накопления физического, финансового и человеческого капитала без учета изменений в природном капитале и без принятия во внимание социальных рисков. В XXI веке целью должен стать переход к „зеленой“ экономике – такой модели экономического развития, которая вела бы к реальному улучшению жизни людей без ущерба окружающей среде... Меня часто спрашивают: каковы причины того, что 20 лет спустя после „Рио-1992“ нам не удается поменять свой образ жизни и построить устойчивое будущее – носят ли они политический, социальный или технический характер? Я полагаю, что причины кроются во всех трех областях. На вызов, с которым мы столкнулись, не может быть найден адекватный ответ в рамках нынешних систем управления в большинстве стран мира, но в основе всего лежит наша неспособность наладить эффективную систему глобального управления».

Гру Харлем Брундтланд (Норвегия) – политический и общественный деятель, премьер-министр Норвегии (1981–1996 гг.), генеральный директор Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) (1998–2003 гг.), председатель Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию (1983–1987 гг.), с 2007 г. специальный посланник Генерального секретаря ООН по проблеме изменений климата, член учрежденной Генеральным секретарем ООН Рабочей группы высокого уровня по глобальной устойчивости.

(Выступление на церемонии вручения экологической премии Л. Хантингтона 2013 г., учрежденной Исследовательским центром в Вудс Хоул (США), Нью-Йорк, 7 февраля 2013 г.)

«Экологическая повестка дня, реализуемая государствами до и после Стокгольмской конференции,

была обращена только на симптомы процесса деградации окружающей среды и совершенно не касалась его причин. Причины же нужно было искать не в состоянии наших воздуха, почвы и воды и др., а в целом спектре неверных мер государственной политики, особенно в доминирующих моделях финансовой и налоговой политики, энергетической политики, политики в сфере торговли, промышленности, сельского хозяйства и др... Наше продвижение к более устойчивому миру только началось, хотя на этом пути и достигнут существенный прогресс».

Джим МакНил (Канада) – дипломат, политический деятель, эксперт по проблемам окружающей среды, энергетики, устойчивого развития; советник генерального секретаря Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (1972 г.); генеральный секретарь Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию (1983–1987 гг.); почетный председатель Международного института устойчивого развития (Виннипег, Канада), почетный директор правления Исследовательского центра в Вудс Хоул (США).

(Выдержки из статьи «Новый взгляд на доклад Комиссии Брундтланд». Источник: <http://opencanada.org/features/the-think-tank/essays/brundtland-revisited/>)

«Я не думаю, что мы добились необходимого прогресса. За двадцать лет можно было бы сделать гораздо больше, достичь более конкретных результатов на основе принятых в Рио-1992 решений. Мы ожидали гораздо более активной реакции со стороны правительств на национальном уровне и на международном уровне, но она была недостаточной. На мой взгляд, мы продвинулись в плане лучшего понимания ситуации и ответственности со стороны групп гражданского общества, деловых кругов, но тоже не в достаточной степени».

Иоланда Какабадзе (Эквадор) – активистка общественного экологического движения, координатор участия гражданского общества в КОСР-1992, президент Международного союза охраны природы (1996–2004 гг.), министр окружающей среды Эквадора (1998–2000 гг.), с 2010 г. президент Всемирного фонда дикой природы.

(Источник: «Размышления о Рио – оглядываясь на 1992 год»

http://www.youtube.com/watch?v=68WECTt_DfU)

«„Рио+20“ не удалось принять окончательные решения по широкому кругу наболевших вопросов устойчивого развития в силу слишком больших противоречий между позициями государств. Значение Конференции в том, что она запустила ряд процессов, которые должны завершиться в ближайшие год-два и которые состоят в следующем. Первое и главное – начало согласования новых (пост – 2015 г.) целей устойчивого развития. Второе – реформирование системы управления в системе ООН и вне ее, особенно учреждение нового органа высокого уровня вместо Комиссии по устойчивому развитию. Третье – мобилизация гражданского общества».

Андрей Вавилов (Россия) – дипломат, общественный деятель, сотрудник секретариата по

подготовке Конференции ООН по окружающей среде и развитию (1990–1992 гг.), консультант Международного института устойчивого развития (Виннипег, Канада)

«Противоречивые вопросы глобальных экологических переговоров могут быть сведены в две группы: те, которые относятся к вопросам справедливости и равноправия, например „принцип общей, но дифференцированной ответственности“ и уступки в предоставлении технологий и финансов, и те, которые относятся к взаимозависимости между экономикой и экологией, как, например, интеграция экологического компонента в бюджетную политику, национальные счета и т. д. ...Характеризуя то, что происходит в „Рио-2012“, я бы сказал, что США пытаются отказаться от тех договоренностей, на которые они пошли 20 лет назад по вопросам справедливости и равноправия.

Сегодня, двадцать лет спустя после „Рио-1992“, нам нужно укреплять старые договоренности, а не ослаблять их. К этому призывают ученые. Из девяти условий, требуемых для сохранения жизни на планете, мы уже пересекли допустимую планку по трем – в отношении концентрации углекислого газа, темпов потери биоразнообразия и атмосферного азота, необходимого для жизни человека. Но эти мрачные прогнозы не повлияли на переговорный процесс в Рио. Риски, с которыми мы сталкиваемся, требуют более решительных действий. ...К сожалению, ни в одной стране мира нет правительства, которое было бы способно обеспечить выполнение своих обязательств перед своими нерожденными гражданами».

Нитин Десаи (Индия) – экономист, дипломат, общественный деятель, заместитель Генерального секретаря Конференции ООН по окружающей среде и развитию 1992 г., заместитель Генерального секретаря ООН по экономическим и социальным вопросам (1992–2003 гг.); Генеральный секретарь Всемирного саммита по устойчивому развитию в Йоханнесбурге (2001–2002 гг.), с марта 2013 г. председатель совета попечителей неправительственной организации «Oxfam International».

(Выдержка из статьи «Конференция в Рио требует ответственность», “Business Standard”, 21 June, 2012. Источник: http://www.business-standard.com/article/opinion/nitin-desai-what-rio-needs-is-responsibility-112062100058_1.html)

«...Итоговый документ с символическим названием „Будущее, которого мы хотим“, ...отражает имеющийся сегодня компромисс между странами в отношении их видения новой парадигмы развития. Этот компромисс свидетельствует, в том числе, что правительства приняли глобализацию как инструмент развития, но не научились еще управлять ею на благо всех народов.

...К сожалению, в документе не удалось отразить актуальность накопленных научных доказательств того, что многие экосистемы Земли в настоящее время находятся под опасным давлением и угрозой необратимой деградации. Ни один раздел итогового документа не содержит в названии слово „наука“. Тем самым не удалось добиться признания науки

важным компонентом в решении проблем устойчивого развития. Однако Генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун согласился на создание международного научно-консультативного совета, который будет вырабатывать для него рекомендации по вопросам науки в контексте устойчивого развития, с целью оказания консультативной помощи государствам-членам ООН.

Очевидно, что необходимо провести широкий анализ итогов конференции „Рио+20“, представленных многими странами мира, их достижений в области устойчивого развития. Его результаты помогут предоставить дальнейшие возможности для совершенствования социального и эколого-экономического развития нашей страны».

Александр Бедрицкий (Россия) – метеоролог, руководитель Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (1993–2009 гг.), президент Всемирной метеорологической организации (2003–2011 гг.), советник, специальный представитель Президента Российской Федерации по вопросам климата, заместитель главы российской делегации на саммите «Рио+20».

(Выдержки из статьи «Об итогах конференции ООН по устойчивому развитию „Рио+20“», «Природно-ресурсные ведомости № 6 (381), июнь 2012 г. Источник: <http://www.priroda.ru/reviews/detail/php?id=10653>)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Палитра оценок саммита «Рио+20» остается весьма разнообразной. До сих пор раздается немало критических голосов со стороны неправительственных организаций, считающих, что его Итоговый документ оказался неконкретным, «размытым», что, вопреки ожиданиям, саммит не создал новой глобальной экологической организации, не наметил четкой программы перехода к «зеленой» экономике, не отразил ряд важных моментов по защите прав определенных социальных групп и др.

Вероятно, самый беспристрастный вердикт Конференции «Рио+20» вынесет время. Только за прошедший год стало видно влияние решений и идей этой встречи на международную жизнь.

Например, в 2012 г. экологические вопросы обсуждались в числе приоритетных пунктов повестки дня «Группы двадцати» («Г-20»), объединяющей ведущие экономики мира. В декларации, принятой лидерами государств-членов «двадцатки» в Лос-Кабосе (Мексика) 19 июня 2012 г., отдельный раздел посвящен «зеленому» росту. В документе, в частности, отмечено, что эта модель развития является залогом долгосрочного экономического роста и процветания нынешних и будущих поколений людей. Подчеркнута приверженность целям «зеленого» роста в контексте работы Группы и в свете решений, достигнутых на «Рио+20». Создана группа «Г-20» по изучению путей финансирования проектов в климатической сфере, образован Альянс действий в поддержку «зеленого» роста, поддержана идея создания частного-государственного партнерства для инвестирования в проекты этой направленности.

Экологическая тема весомо прозвучала на проходившем во Владивостоке 3–5 сентября 2012 г. саммите форума «Азиатско-тихоокеанское эконо-

ОЧЕРК ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ «ЗЕЛЕНОГО ДВИЖЕНИЯ» В ЛЕНИНГРАДЕ – САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ С КОНЦА 1970-Х гг. ПО НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

Ю.С. Шевчук

Северо-Западная общественная организация «Зеленый крест», Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: grey.60@bk.ru

REFLECTIONS ON THE DEVELOPMENT OF “GREEN MOVEMENT” IN LENINGRAD–SAINT-PETERSBURG SINCE LATE 1970-ies UP TO PRESENT

Yu.S. Shevchuk

Northwest Public Organization “Green Cross”, Saint-Petersburg, Russia

E-mail: grey.60@bk.ru

Вступление

В данном очерке рассказывается о том, чему автор лично был свидетелем. На этом фоне представлено развитие идеи «зеленого движения». Хотелось бы, чтобы читатель вместе с автором поразмышлял над тем, как из замечательного семени выросли такие уродливые и в чем-то опасные «зеленые» мутанты, подумал, почему это произошло, и решил, что лично он может сделать, чтобы развитие движения вошло в конструктивное русло.

«Зеленое движение» в СССР (до перестройки)

Официально экологические инициативы в СССР направляло и курировало ВООП (Всероссийское общество охраны природы), созданное еще в 1920-х гг. Независимое общественное движение началось в 1958 г., с момента образования студенческих природоохранных кружков.

О начале «зеленого движения» в СССР Сергей Мухачев, его зачинатель и активный деятель, пишет так¹:

«В 1958 году возникло два научных кружка студентов, связанных с охраной природы. Если один из них – объединивший студентов Тартуского университета и сельхозакадемии – был целиком направлен на природоохранное самообразование и пропаганду, то второй – в Ленинградской лесотехнической академии – поставил задачу воздействовать на реальную практику ведения лесного хозяйства на основе неистощительного комплексного использования ресурсов леса.

Эти кружки целиком остались в 1960-х годах, хотя Тартуский существовал и далее и существует сейчас, он не занял заметного места в Движении ДОП, да и никогда не стремился к этому, ибо специфика работы по охране природы в Эстонии совершенно иная, чем на остальной (вне Прибалтики) части СССР, где разнузданная дикость была и остается нормой жизни как бюрократии всех мастей, прези-

рающей народ, так и самых широких масс населения, ненавидящих эту бюрократию за то, что она лишает их права на грабеж природных ресурсов, какое узурпировала сама».

В 1960 г. образовалась Дружина охраны природы МГУ, в 1967 г. – «Зеленая дружина» биофака ЛГУ в Ленинграде. Название «дружина» объяснялось тем, что правовые основы деятельности дружинников были теми же, что и для ДНД – массового правоохранительного движения в СССР. Кроме удостоверенных народных дружинников, члены ДОП (дружин охраны природы), как правило, имели удостоверения общественных инспекторов ВООП, а также ряда других общественных инспекций государственных ведомственных природоохранных структур – Охотинспекции, Лесной инспекции, Рыбоохраны, инспекции охраны вод и так далее. Каждая инспекция занималась чем-то своим и ревностно следила за тем, чтобы «коллеги» не лезли в пределы ее юрисдикции. Но так как в лесу нарушения бывали обычно комплексные и те же рыбные браконьеры могли еще и срубить пару деревьев для костра, часто бывало необходимо тащить с собой в рейды целый набор «корочек».

Члены ДОП были, в большинстве своем, студентами, то есть молодыми ребятами и девушками лет 18–20, и занимались, в основном, оперативной работой. Теоретически это было весьма рискованно – выходить без оружия на вооруженного браконьера или втроем «брат» целый вагон электрички, полный браконьеров, везущих елки на продажу. На практике все получалось спокойнее, хотя сопротивление ДОПовцам нередко оказывали, много было избитых, и около десятка инспекторов были убиты в рейдах. Сказывалось то, что курировали студентов молодые ученые, тоже прошедшие школу ДОП и понимающие значение «школы» в любой сфере деятельности. Был создан хороший свод правил проведения оперативной работы, и поэтому члены ДОП работали и результативнее, и осторожнее своих старших товарищей. На начало 80-х гг. прошлого века в Ленинграде

¹ <http://do.gendocs.ru/docs/index-141431.html?page=6#4105272>

и области было 5500 инспекторов ВООП, и они, все вместе взятые, задерживали столько же браконьеров, сколько 50 членов двух ДОП, базирующихся в ЛГУ и Лесотехнической академии.

В ДОП были замечательные люди. Самые смелые мальчишки. Самые красивые девушки. Они, буквально не щадя своей жизни, шли на браконьерские стволы, чтобы защитить прекрасное творение природы. И еще – они были свободны. Пожалуй, максимально свободны, с учетом условий советского общества. Они сами определяли, чем будут заниматься, ехали в рейд не «туда, куда пошлют», а куда сами решили, задерживали браконьеров, невзирая на их должности и звания... Правда, в случае задержания партийных чиновников начинались давления на ДОП, и пару раз в СССР дружина решала самораспуститься, нежели «прогнуться» под начальство... Но все равно – даже самороспуск был благороден, как самоубийство самурая.

Между тем нарушителей природоохранного законодательства становилось с каждым годом все больше и больше. Рейды ДОП приобрели характер демонстрационных акций, не влияющих на положение вещей. Во время «Елочной кампании» на одном вокзале (сил перекрыть все вокзалы у студентов не было) конфисковывалось примерно 500 браконьерских елей – столько же привозил в Ленинград один браконьерский грузовик. Но расширять круг «посвященных» ДОПовцы-биологи не хотели. Дорожили ли своей исключительностью или не верили, что кто-то кроме биологов будет любить природу, – не знаю. Скорее, просто не верили в то, что где-то есть еще такие же. Забегая вперед, скажу, что в чем-то они, искусственно сдерживающие развитие дружинного движения, были правы.

Малая результативность общественной инспекции не устраивала молодого и амбициозного в хорошем смысле этого слова сотрудника Леноблггорсовета ВООП Владимира Гущина. В этом он нашел во мне и моих друзьях единомышленников. Мы начали кампанию по тиражированию опыта «Зеленой дружины» ЛГУ – вначале в рамках Университета. Первой созданной нами дружиной стала ДОП физического факультета ЛГУ. Второй – дружина Политехнического института. А дальше процесс пошел сам, и к 1981 г. у нас уже было полтора десятка дружин охраны природы с двумястами инспекторами. (Всего в Ленинграде было создано около семидесяти Молодежных дружин охраны природы – МДОП.) Теперь на «Елочной кампании» мы могли контролировать все вокзалы и платформы, сопряженные со станциями метро. Весной мы полностью перекрывали мобильными группами город и за два года свели на нет торговлю дикорастущими цветами. И наконец, мы открыли настоящую охоту на пикничников.

Попасть в дом отдыха в СССР было трудно, турбаз было мало и они были ведомственными – то есть чужих туда не пускали. Поэтому около миллиона людей каждые летние выходные выезжали за город, разбивали палатки и разводили костры на берегу рек и озер, рубили лапник под палатку, молодые деревца – на колышки для нее и, уезжая, часто оставляли после себя жестяные банки и пустые бутылки. Эта орда наносила вред природе, вполне сравнимый с хищничеством крупных браконьеров, просто в силу своей многочисленности. Мы первыми решили устраивать рейды по местам массового отдыха – и за день сос-

тавливали около двух десятков протоколов на нарушителей. Нарушения были примерно на каждой третьей стоянке.

Планированием и развитием движения занимались единицы, но нарушителей ловить выезжали в большой компании. Всех сейчас и не вспомнить, но могу сказать – это были в основном честные и бескорыстные люди.

Как видите, мы все дальше уходили от дружинной романтики, ночных костров и борьбы с охотниками – браконьерами. Хотя бы потому, что до браконьеров еще надо было дойти, а нарушители – вот они, рядом. Планируя дальнейшее развитие движения, мне представилось, что вскоре нам предстоит решать проблемы, а не реагировать на их нерешенность – а решенные проблемы зависят от успешного комплексного, разностороннего подхода к ней. Так мы выработали модульную схему, благодаря которой любое частное лицо или общественная организация, если будет в состоянии по своим интеллектуальным, кадровым и финансовым возможностям следовать алгоритму действий в схеме, сможет решить любую общественную проблему – что природоохранную, что иную. Схема пережила советскую власть и не устарела. Я до сих пор использую ее при обучении молодых активистов «зеленого движения». Смысл схемы – в скоординированной работе по всем возможным для общественной организации направлениям деятельности – и оперативной работе, и пропаганде, и научной деятельности, и лоббированию в органах власти, и технической работе по восстановлению нарушенного природного равновесия... Разумеется, это требовало высокой квалификации сотрудников «зеленых» организаций. Так был положен переход к профессионализации движения.

Схема-то была хорошей. Но общая апатия на исходе советской власти, тотальное неверие в то, что от одиночки что-то зависит, мешало ее осуществлять. Чем-то то время похоже на нынешнее...

К тому же общегосударственное «завинчивание гаек», совпавшее с уходом из движения поколения 1960-х, ветеранов борьбы с браконьерством, и проникновение в СССР докладов Римского Клуба, показавшего пределы роста цивилизации, привело к кризису движения. «Зеленые» одними из первых на планете столкнулись с проблемой исчерпанности будущего. Как и для чего жить, если будущего нет? На этот вопрос «зеленое движение», еще отравленное оптимизмом коммунистической идеологии, ответить, конечно же, тогда не могло. Должны были пройти десятилетия... (подробнее – в эпилоге).

«Зеленое движение» в СССР во времена перестройки

Мне всегда было более интересно разрабатывать схемы общественного участия в жизни государства, чем воплощать их в реальность. По мере роста гипертрофированности оперативного направления в «зеленом движении», сопровождающегося дальнейшей деградацией среды обитания, становилось ясно, что если положение не изменить, то вскоре в движении останутся только те, кто в силу малого интеллекта не может осознать это противоречие. В дальнейшем они просто пошлют подалее высоколобых теоретиков и будут бродить по лесам, собирая взятки с нарушителей (подробнее об этом – в книге «Сказки темного

леса»). Требовались иные кадры для движения, иной вид общественного участия.

В самом начале перестройки появились добровольные помощники – в основном для реставраторов исторических памятников, но были и те, что убирали мусор по лесам. Я и сам поучаствовал в трех-четырёх таких коллективных уборках, чтобы понять, есть ли тут перспектива по развитию общественной инициативы. Мне показалось, что это тупиковый путь. Люди, участвующие в субботниках, очень быстро начинают замечать, что мусора не убавляется и на полупьяных пикничниках их пример что-то не слишком действует. И тогда они либо переходят к оперативной работе, либо просто бросают это дело.

В 1986 г. мы участвовали в работе Центра творческих инициатив. Его придумал и практически в одиночку создал Сергей Пилатов, тогда – сотрудник горкома ВЛКСМ. Ему помогали работавшие там же Светлана Агапитова, Алексей Измайлов, Любовь Абрамова и сотрудник обкома ВЛКСМ Владимир Ульянов. В Центр мы смогли привлечь практически все творческие и общественные силы, подходившие тогда под определение «неформалов», в частности – группу «Спасение памятников истории и культуры» под руководством Алексея Ковалева, ныне – видного учёного и депутата Законодательного собрания Санкт-Петербурга многих созывов. Я создал группу «Бюро экологических разработок». Главной нашей разработкой было решение кадрового вопроса «зеленого движения», но об этом, естественно, я никому не говорил. Мы пытались объединить культурные инициативы и борьбу за охрану природы, но эксперимент вышел неудачным. Большого успеха на этом поприще достиг Алексей Лушников, тогда фактически возглавлявший созданное Даниилом Граниным общество «Милосердие», сумевший привлечь к своей работе творческие и богемные круги Ленинграда. Эксперимент с БЭР изжил себя где-то в году 1988-м, но Бюро продолжало по инерции функционировать до 1993 г.

Между тем начались попытки создания Партии «зеленых». В Ленинграде этим занялись комсомольские активисты, в Поволжье – анархисты, в том числе – Сергей Фомичев, живущий сейчас в Киеве и пишущий хорошие фантастические романы. Мне всегда казалась странной политическая деятельность «зеленых». Вначале, наверное, следовало бы определить социальную базу партии и решить, почему любители природы решат за нее голосовать... Как бы то ни было, все попытки политической деятельности «зеленых» оканчивались набором 2% голосов на республиканских выборах. В то же время «зеленое движение» явно имело политический потенциал. Оно вообще было самой отоброшенной частью гражданского общества позднего СССР.

Я решил поставить эксперимент в общероссийском масштабе и этот потенциал раскрыть. Для чего надо было посетить как можно больше городов, встретиться лично с местными «зелеными» лидерами и убедить их развернуться лицом к политической жизни, используя как трамплин любую более-менее близкую по духу политическую силу, не дожидаясь успеха «зеленых политиков». На подготовку эксперимента ушло два года. С самого начала было понятно, что перелеты и пребывания в гостиницах отпадают – я бы хотел ездить с командой, но далеко не везде можно было найти ночлег для всех, не говоря

уже об аудиториях для встреч, и объехать за одно путешествие 40 городов было бы очень тяжело физически. К тому же вначале надо было договориться, чтобы нас ждали, а значит, посылать впереди себя еще одну группу... Выходом стало использование комсомольского агитационного поезда. Вообще-то в СССР их было три. Мы задействовали один, самый лучший, усилив его вагоном из второго поезда. Итого в составе получилось 12 вагонов, не считая передвижной дизельной электростанции (далеко не везде в Советском Союзе железные дороги были электрифицированы). Наша команда разместилась в двух жилых вагонах, каждому было предоставлено одноместное купе. Еще в двух вагонах размещался экипаж поезда. Также в поезде были бытовая вагон с душем, сауной, прачечной и лазаретом, вагон-ресторан, вагон-видеосалон, вагон-лекторий, вагон-салон для переговоров, вагон-спортзал с тренажерами, вагон-библиотека, вагон-клуб, где проводились дискотеки по выходным... Я очень благодарен и экипажу этого поезда, и участникам нашего путешествия – в особенности бардам Александру Черкасову, ныне, к величайшему сожалению, покойному, и Валерию Куранову из творческого объединения «Этап». Мы ездили на этом поезде три раза: две поездки были пробные, в 1990 г.; одна – полномасштабная, от Мурманска до Ташкента, в 1991 г. сквозь разваливающуюся страну, сквозь тяжелую ненависть, уже захлестывающую людей, мимо пустых полок магазинов, мимо сепаратистов, мимо растерянных партаппаратчиков... Встретившись с массой «зеленого» народа и проследив за их последующими действиями, я смог «на выходе» констатировать, что в выборах начала 1990-х наши люди участвовали и многие победили и вошли во власть. Правда, впоследствии они из этой власти были в большинстве своем вытеснены – но это уже другая история.

В 1988–1989 гг. были созданы два общероссийских движения – «Российское зеленое движение» и «Социально-экологический союз». Второе основывалось на проверенных биологических дружинных кадрах. Я был на первом съезде СоЭС. Мне показалось, эта инициатива не интересна – сразу были видны и достоинства, и недостатки вновь создаваемой организации... СоЭС существует и по сей день – даже перешел в разряд международной организации.

Куда как больший потенциал я увидел в Российском «зеленом движении», куда меня пригласил его основатель Олег Максимович Попцов. Тогда он работал главным редактором журнала «Сельская молодежь». Из природоохранных мероприятий за этим журналом числилась всесоюзная экспедиция «Живая вода», действительно очень стоящее дело.

Первый съезд мы готовили в течение года и собрали довольно хорошую команду со всей страны. В руководстве РЗД были ставшие впоследствии известными политиками такие люди, как Е.Т. Гайдар и В.И. Данилов-Данильян. У РЗД было хорошее лобби во властных структурах России. В общем, мы уже тогда понимали неизбежность обрушения Союза и перехода всей полноты власти в руки республиканских органов. Плохо было то, что, как только это произошло, московские кадры РЗД пошли во власть и практически (кроме Данилова-Данильяна, ставшего министром охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ) больше не занимались экологией.

О.М. Попцов стал руководить ВГТРК, и ему также было очень сложно заниматься РЗД. Движение просуществовало до середины 1990-х, было выпущено много теоретической литературы, выходил журнал «Евразия», где я регулярно печатался, под руководством Виктора Ярошенко (сейчас Виктор Афанасьевич выпускает журнал «Вестник Европы») – в общем, у меня остались о работе в РЗД хорошие воспоминания.

В провинции дело обстояло примерно так же. В Екатеринбурге активист движения «зеленых» Николай Калинин стал председателем Екатеринбургского областного совета Всероссийского общества охраны природы и депутатом Екатеринбургского облсовета; в Уфе – активист движения Николай Смотров становился депутатом горсовета и заведующим отделом охраны природы мэрии; в Саратове – председатель клуба «Эколог» Николай Макаревич стал председателем облсовета; в Орске – «зеленый» Виктор Крамарь стал председателем горсовета; в Оренбурге – лидер «Зеленого комитета» Тамара Злотникова стала председателем Областного комитета охраны природы, затем – депутатом Госдумы РФ... Но эти успехи были недолгими.

В конце 1980-х гг. «зеленое движение» вырвалось из рамок студенческих дружин и приобрело опыт успешной работы. По наиболее мощным организациям Движения: в Мурманске, Петербурге, Херсоне, Киеве, Нижнем Новгороде, Казани, Уфе, Саратове, Волгограде, Липецке, Екатеринбурге, Оренбурге, Красноярске, Березниках, Алма-Ате, Пятигорске, Киришах, Новомосковске – мы имели значительное количество выигранных дел, заключающихся в прекращении (или предотвращении) локальных или региональных кризисных явлений в окружающей среде.

Движение получило идейных и практических союзников в лице Лиги зеленых партий, Ассоциации движений анархистов и московской организации Российской партии зеленых. Движение имело в своем распоряжении кадры, руководящие региональными отделениями, производственными и коммерческими структурами, информационной сетью, агентами влияния и так далее. Но в то же время мы видели вокруг быстрый рост темпов ухудшения состояния окружающей среды, объективную невозможность в обозримом будущем изменить это положение, отсутствие материально-технических возможностей для предотвращения дигрессии окружающей среды на территории страны. Видя, что обещания «зеленых», данные ими в ходе, например, предвыборной борьбы, не выполняются, общественное мнение начало отказываться «зеленым» в поддержке.

Пока шли заседания общероссийского масштаба, а я размышлял над дальнейшей судьбой «зеленого движения», в стране, в полном согласии с ленинским тезисом о «революционном политическом творчестве масс», шло кипение и бурление. Кроме местных инициатив, вызванных серьезными причинами, таких как остановка по требованию экологов производств в Киришах, Приозерске, Выборге, поднялось очень много пены. Любое собрание экологов осаждали ходящие почему-то босиком бородастые мужички, дамочки в развевающихся хламидах, увешанные фенечками подростки, сумасшедшие велосипедисты и иные поклонники здорового образа жизни... Вся эта пена исчезла в 1992 г., когда с либерализацией цен и началом инфляции даже городские сумасшед-

шие сразу поумнели. Но инфляция ударила и по нашим еще не устоявшимся структурам. Фактически все местные организации, с которыми я общался во время своих поездок по России, за 1992–1993 гг. прекратили свое существование.

Зеленое движение в России до 2000 г.

С открытием границ и свободной конвертацией рубля «зеленое движение» разделилось на два направления. Кто-то продолжал работу в России; а кто-то поставил своей целью как можно меньше времени находиться на исторической родине и пользовался любыми приглашениями с Запада, лишь бы только поехать туда «за счет принимающей стороны». К тому же много зарубежных фондов давали гранты на «обмен опытом», на участие в конференциях, семинарах и так далее.

Образовался целый слой людей, живущих с грантов. При этом они брались за любое дело – лишь бы под него можно было бы получить средства. Они были готовы смешно одеваться – в «западном» стиле, ездить в нашей северной стране на велосипедах и не носить меха... Обезьянничание доходило до смешного. Лидер финских «зеленых» никогда не скрывал своей нетрадиционной сексуальной ориентации – и в Питере образовалась группа «зеленых», бравировавших своим гомосексуализмом (о чем писала даже газета «Смена» в статье «Охрана природы в зелено-голубых тонах»). Видимо, это помогало им получать финские гранты. Этот эпизод «зеленого движения» хорошо отражен в книге «Сказки темного леса»².

Я неоднократно говорил об опасности подсесть на иглу грантов; о том, что это вызовет отторжение «зеленых» от местных сообществ, в чьих интересах и на чьи деньги и должны работать «зеленые» организации... Впрочем, лучше послушаем доктора наук, социолога Олега Яницкого, много лет изучавшего «зеленых». Вот что он пишет по поводу проникновения в Россию западных экологических организаций и фондов³:

«Скажем сразу: вестернизация, в том виде, в котором она происходила в те годы, была на 9/10 вынужденной. Два мощных процесса шли в эти годы рука об руку. Первый – это ухудшение национального контекста. Во всех трех странах многие достижения по снижению экологического риска, достигнутые в результате массовых протестных кампаний 1987–1991 гг., были сведены к минимуму. Те немногие экополитики, которым на волне демократического подъема удалось войти в высшие властные структуры (общесоюзный парламент и др.), были вытеснены оттуда или вынуждены сменить политическую окраску. В государственной поддержке зеленым было отказано. Для большого бизнеса они были только помехой. В конечном счете, зеленые были социально и политически маргинализированы. Все это буквально выталкивало защитников среды из процесса реформ.

Второй – это вторжение армады богатых экологических и иных миссионеров с Запада. Это были мощные государственные и общественные организации, десятки частных и общественных фондов, представительства международных экологических организаций, сетевые структуры и огромное число

² <http://lib.rus.ec/b/114695>

³ <http://www.index.org.ru/journal/12/yanitsk.html>

отдельных инициатив. Даже посольства некоторых европейских стран имели свои программы малых грантов для поддержки экоНПО. Чтобы выжить, эти НПО вынуждены были искать ресурсы и защиту на богатом и стабильном Западе. Опасность внезапного открытия границы, государственной и ментальной, была осознана много позже, когда ситуация стала практически необратимой. Это – о ситуации в целом. Теперь о плане социальном, где, как представляется, выигрыш зеленых был наибольшим. За прошедшее десятилетие *тысячи активистов прошли западную школу*. Они научились работать по западным стандартам, интегрировались в сети западных (национальных и международных) экологических организаций, овладели искусством выбивать средства ("фандрайзинг"). И этим спасли себя и свое ближайшее окружение от нищеты и безысходности, их разрушительного воздействия на личность и психику человека. Если говорить об экоНПО, то они, помимо финансовой помощи и доступа к информационным источникам, получили дополнительный социальный капитал в виде престижа и имиджа как уважаемых и ответственных. Основой их благополучия тогда был постоянный приток западных ресурсов в виде денег, оборудования и социальных технологий.

Что потеряли? Прежде всего, *независимость*, которой они обладали, будучи членами неформальных инициативных групп и общественных организаций. Мои опросы 1987–1991 гг. неизменно свидетельствовали, что главными мотивами социального действия эоактивистов советской эпохи были *самоорганизация и самореализация*. Дружинное движение строилось и мотивировалось снизу и изнутри, несмотря на куда более узкий, по современным меркам, коридор его социально-политических возможностей. Дружинное движение тем и отличалось от официозных общественных организаций, что в нем практически не было комплекса „старшего“ и „младшего“ брата. В 1990-х гг. зависящие от западных доноров экологические ячейки во всех трех странах страдали комплексом „младшего брата“.

Хуже, с моей точки зрения, было другое. Зеленые *теряли перспективу*, а иногда и цель своей деятельности. Формат очередного „проекта“, жестко ограниченный временными и ресурсными рамками, приучил активистов действовать теперь лишь короткими перебежками (от заявки до отчета), не позволяя большинству из них мыслить стратегически, ставить перспективные проблемы. Такое „выживание“ очень скоро обернулось для лидеров многих экологических ячеек отказом от самостоятельной постановки проблем, ограничением рутинной работы „от сих до сих“. Собственно говоря, в замкнутых на выполнение грантов малых группах произошло то же, что и в большом обществе: постоянная нужда в деньгах, необходимость следования обязательствам и правилам игры, устанавливаемым международными финансовыми организациями, постепенно вытесняла творческое общение, а вместе с ним и потребность в духовной (идеологической) активности, которая всегда была присуща интеллигенции, этому авангарду экологического движения, на всем пространстве страны.

Справедливости ради надо сказать, что Яницкий говорит про явное меньшинство «зеленых» организаций, хотя они и являются наиболее заметными в медийном плане. Были организации, принципиально

отказавшиеся получать западные гранты, – как наша, например, и многие другие. Большинство «зеленых» организаций России (наверное, 90%) живут на местных ресурсах, работают в интересах местных сообществ и ни разу не подавали заявку на получение западных грантов.

Но системный кризис в «зеленом движении» проявился не только появлением «грантоедов». Рассмотрим, как происходил процесс осознания причин экологического кризиса в «зеленом движении».

Первый напрашивающийся ответ на вопрос о причинах экологического кризиса и методах борьбы с ними звучит так: надо наказать разрушающих природу по всей строгости закона. А для этого их следует задержать и доставить в органы правопорядка. На этой идее было основано движение дружин охраны природы.

Правда, в ходе борьбы с браконьерством выясняется, что браконьеров меньше не становится. Обходя кордоны, нарушая законы, местные жители или городские начальники все равно убивают зверье и глушат рыбу.

Значит, людей надо воспитывать? Да, и лучше – на конкретных примерах, прямо на производстве. Привлекать к охране природы в быту, призывать экономить «ресурсы», приглашать «озеленять» двор, устроить «зеленый офис», заставить экономить воду в унитазе и портить глаза энергосберегающими лампочками. Ведь «кто сам убирает – тот не мусорит». И развернувшаяся мощная природоохранная пропаганда начинает давать плоды: очищаются канализационные стоки, ужесточаются требования к чистоте промышленных выбросов, мусор отправляется на переработку...

А чище не становится. Потому что даже при искреннем желании сохранить природу в чистоте мусор, оставаемый цивилизацией, убрать невозможно (об этом говорит наука термодинамика). Более того – в процессе уборки образуется новый, ранее не учитываемый, мусор. И максимум, что мы можем сделать, – это переложить мусор в те места, где он до поры до времени будет незаметен.

Тогда, возможно, надо принять законы, по которым загрязнять природу станет экономически невыгодно? Пробовали. Заставляли делать водозаборы ниже по течению, чем канализационные выпуски, облагали драконовскими штрафами сверхнормативные выбросы... Выпускники биофаков шли в природоохранные инспекции и во власть – чтобы «у природы везде были свои люди» и «законы заработали». В итоге получился целый пласт различных полунаучных-полуконсалтинговых контор, которые совместными усилиями пролоббировали набор природоохранных законов, совершенно невыполнимых на реальном российском производстве, но позволяющих им лично неплохо существовать на бюджетные или грантовые деньги. А природу продолжали загрязнять «в виде исключения». Потому что любое человеческое действие в своей основе имеет разрушение природных объектов.

А что, если обратиться к опыту зарубежных коллег, спасших Великие озера и очистивших Рейн? Увы, их опыт основан на недостижимых у нас технологической и бытовой дисциплинах, а также на перенесении большей части технологической нагрузки на другие страны.

Тогда – будем сокращать потребление! «Мир должен быть переделан – начнем с себя». Станем вегетарианцами, сядем на велосипеды, будем находить идеал в простых здоровых удовольствиях, поселимся в коммунах и начнем массово применять макробиотику... Молодой человек, попавший в такое «экопоселение», очень скоро выясняет, что подобный образ жизни мало кому нравится. А нравится он почему-то в основном тем, кто не умеет работать (в том числе и на земле). А кто умеет работать, должен иметь стимул – а этот стимул, к сожалению, почти всегда антиэкологичен, так как представляет собой предмет роскоши, то, без чего вполне можно обойтись.

И вот активист «зеленого движения», желающий узнать, как решить экологические проблемы человечества, рано или поздно понимает: сократить потребление – невозможно; переориентировать системы ценностей сколь-нибудь значительной части людей – невозможно даже под угрозой вымирания; сократить выбросы вредных веществ – возможно лишь до определенного предела; изменить мир кардинально – человечество не в силах, и это основной урок «процесса Рио». А что же возможно? Где-то отнять, где-то прибавить... Так давайте усредним на планете и производство, и потребление, равномерно распределив нагрузку на биосферу!

Но встает вопрос: какой уровень жизни взять за базовый? Если всей планетой потреблять по меркам Запада в течение 10–15 лет, вся экономика сколлапсирует от нехватки достижимых нынешней техникой ресурсов. Если поприжать тех, кто побогаче, – коллапс все равно наступит в течение 30–40 лет. Народы третьего мира, получая излишки продуктов и техники с Запада, уже начали усиленно размножаться. Конечно, через 2–3 поколения рост населения у них замедлится – но у планеты нет этого времени.

Значит, необходимо ограничить количество населения!

А как? Пропагандой? Или административными мерами? Не получается, население протестует против ограничения естественного права на потомство. Уничтожение? Геноцид? Численность населения быстро восстанавливается.

Что же, выхода из экологического кризиса нет?

А что, если попробовать не решать за других, а дать всем людям на Земле жить так, как они хотят (и могут)? Разграничить водонепроницаемыми переборками наш тонущий ковчег, и пусть часть будет затоплена – корабль все равно останется на плаву. Тогда выживут те, кому это будет, образно говоря, «по карману». Можно на это возразить – такой подход не гуманен. Человечество надо воспитывать в духе любви и дружбы, взаимопомощи и сотрудничества... Но человечество так воспитывают тысячелетиями, и попытки подобного воспитания всегда давали лишь частный эффект, пригодный лишь для частной жизни. Воспитать в таком духе население Земли в короткий срок – значило бы совершить всемирное насилие в виде глобальной «промывки мозгов». Свобода человека есть ценность, которая выше выживания человечества.

Иногда высказывается такое возражение: гибель 4/5 населения Земного шара, которая неминуемо произойдет, если эту часть населения цивилизованный мир бросит на произвол судьбы, обернется катастрофой для оставшихся. Но это не так. Эти 80%

населения не участвуют в товарном производстве и культурном процессе. Их исчезновение попросту не заметят. Проиллюстрируем этот тезис примером. За годы Второй мировой войны (с 1937 по 1945) в мире погибло более 50 млн человек. Европа подверглась ужасному разрушению. Это была трагедия цивилизации, оставившая глубокий след в культурном контексте всего мира. За другие девять лет (с 1992 по 2000) в мире произошло более 200 вооруженных конфликтов, которые охватили площадь, сопоставимую с театром военных действий Второй мировой. В них погибло более 40 млн человек. От сопутствующих бедствий – болезней, голода – скончалось еще столько же. Мы регулярно получали через телеэкран информацию об их гибели, но иного воздействия на нашу жизнь эти потери не оказали.

Возражение третье. Углубление имущественного неравенства приведет к войне между Севером и Югом. К счастью, здесь наблюдается обратная закономерность. Голодные не воюют. Войны возникают на определенном уровне сытости. Напротив, прекращение западной помощи приведет к прекращению войн, так как воюют европейским оружием на европейские деньги.

Но какая же судьба ждет Россию? Если с почти 100%-ной уверенностью мы можем прогнозировать установление на ближайшие 20–30 лет «однополюсного мира ТНК» и образование глубокой пропасти, куда медленно сползет 4/5 человечества, то куда денемся мы? Примкнет ли Россия к «золотому миллиарду»? Или нет? Или из ее состава вычлениятся прогрессивные регионы, которые войдут в цивилизованный мир?

В общем, вот вопросы, над которыми я размышлял в 1990-х, написав и опубликовав ряд статей и маленькую книжку⁴.

В начале 90-х гг. знакомые по линии руководства компартии уже несуществующего Союза пригласили меня поддержать инициативу Михаила Сергеевича Горбачева и принять участие в создании Международной организации «Зеленый крест». Мы создали региональную организацию и стали учредителями Российского Зеленого креста, а тот, в свою очередь, стал учредителем Международного сообщества. Не буду здесь рассказывать о том, что такое «Зеленый крест» и каковы были его успехи. Главное – то, что в России появилась сеть организаций, работающих в интересах местных сообществ, и благодаря их деятельности кризис в «зеленом движении» был временно преодолен.

Но вначале – еще о причинах кризиса от Олега Яницкого...⁵

«Что же касается экологического движения, то прошедшие 20 лет – это непрерывные усилия его европеизации западными миссионерами. Их настойчивость вполне объяснима, потому что наличие „ядер“ европейски ориентированных гражданских организаций (на их языке, „семян демократии“) было необходимым инструментом для продвижения на Востоке целей и ценностей западного мира – без опоры на

⁴ http://www.u-shevchuk.ru/index.php?id_c=3; Барановский С.И., Богачев В.Ф., Шевчук Ю.С. Управление Будущим. Очерки растущей идеологии. – СПб.: ИД «Корвус», 1997.

⁵ Яницкий О. Досье инвайронменталиста. Очерк интеллектуальной биографии. <http://www.isras.ru/files/File/publ/Yanitsky.pdf>

сеть местных сообществ этого достичь просто невозможно. Но русским-то было над чем задуматься!

Стремительная вестернизация создала у вовлеченных в нее эоактивистов ощущение раздвоенности и психологическую напряженность. С одной стороны, „они“ – более других продвинуты на Запад, укоренены в международных сетях, владеют интернациональными ноу-хау, оснащены новейшей техникой, названия их организаций включены в справочники и директории по всему миру. Но с другой – что же будет с ними завтра, если привычный финансовый источник вдруг иссякнет? Кому они здесь нужны?

Вольно или невольно, приоритетными становились не насущные проблемы страны, а те виды деятельности, которые поддерживали организацию на плаву.

За возможность доступа в качестве наблюдателей (реже, участников) к процессам европейской и глобальной экологической политики российские зеленые фактически заплатили политической маргинализацией на родине.

Политическая маргинализация российских зеленых позволила Западу уже с конца 1980-х гг., но особенно после развала СССР, вести в отношении экологических организаций на всем постсоветском пространстве целенаправленную политику вестернизации, понимаемую здесь как комплекс мер по перестройке этих организаций и их деятельности по западным стандартам.

Теперь – о финансировании. Прежде всего, западные доноры руками своих организаций в центре России и на местах строго задавали систему приоритетов. Это означало, что тематика проектов зачастую была весьма далекой от интересов или возможностей местных активистов.

Система грантов была по существу дискриминационной, поскольку заявки зачастую оценивались не по существенным критериям, а по качеству английского языка, соответствия текста заявки заданному формату и др.

Главным результатом политики вестернизации рассматриваемого периода была трансформация экологического движения во множество относительно автономных образований (инициатив, НПО), внутри которых могли существовать еще более дробные ячейки – проекты. Да, Запад построил и получил если не контролируемую, то всегда доступную сеть организаций. Сеть обширную, но с низким мобилизационным потенциалом.

Сеть и социальная база движения (constituency) далеко не одно и то же.

Запад, помогая России создать зеленую сеть, способствовал выживанию зеленого сообщества, но фактически лишил его возможности быть серьезной политической силой на общественной арене.

По сути, российские зеленые уже давно политические маргиналы. Мобилизация сил зеленых на поиск финансовых ресурсов привела их в тот период к социальной демобилизации.

„Снижение“ проблемы давало активистам шанс на получение следующего гранта и уменьшало вероятность конфликтов с властными структурами. Здесь западная помощь сыграла на руку местным бюрократам, которые могли больше не опасаться нестандартных мыслей и неожиданных акций зеленого сообщества.

Зеленые быстро ушли с политической арены, благо открылся источник независимого, как им тогда казалось, и безбедного существования.

Таким образом, цена, которую заплатили российские зеленые за выживание, оказалась очень высокой. Это был неэквивалентный обмен. Компьютерное „железо“ плюс массовый стандартный программный продукт обменивался на уникальный интеллектуальный продукт. Причем – двух видов: информация в режиме онлайн об экологической ситуации в России, о динамике экологического движения, его союзниках и противниках, и – информация прогностическая, „фьючерсная“. О последней надо сказать особо. Дело в том, что, только анализируя заявки на гранты, поступающие к западным грантодателям со всех концов страны, то есть бесплатно, западные правительственные и частные фонды получали целые пакеты инноваций, касающихся новых форм и способов борьбы с нарушителями закона, специфики всего этого в тысячах региональных этнополитических ситуаций и т. д. и т. п. Просто бесплатная „раздача слонов“! Эколидеры из столиц и глубинки не осознавали ценности отдаваемого. Таков был их советский менталитет, на котором наживались западные либералы от экологии».

Зеленое движение после 2000 г. (эпилог)

Современный период развития движения интересен тем, что все задачи, которые движение могло выполнить в России, оно выполнило. Да, осталось множество частных случаев, куда можно приложить силу, – но, в общем-то, стало понятно, как надо и как НЕ надо действовать. Стали понятны ограничения движения, его цели и задачи. Наконец, стал ясно виден неизбежный и близкий конец движения, связанный с замещением европейцев в планетарном масштабе на иные расы и этносы, которые имеют совершенно иные представления о природе, месте в ней человека и общественных движениях.

Разумеется, рефлексируют о судьбе движения единицы из числа природоохранных активистов. Давно уже не собираются конференции с теоретической повесткой дня. Лидеры движения часто просто боятся рассказать правду о перспективах своим младшим единомышленникам.

Тематика текста не соответствует рассказу о достижениях – однако же мне хочется отметить, что за прошедшее десятилетие нашей организацией в содружестве с конструктивно настроенными «зелеными» удалось сделать очень многое и в Петербурге, и в Ленинградской области. Интересующихся я отсылаю к нашим официальным отчетам⁶. Главное – в регионе сейчас действует хорошо отлаженный механизм взаимодействия общества и власти. Критика со стороны маргинальных «зеленых», отрабатывающих западные гранты, в данном случае не в счет. К тому же в скором времени подача грантов прекратится – либо устанут от обмана реципиентов «западные» доноры, либо российское законодательство начнет, наконец, реально бороться с зарубежными «агентами влияния» (впрочем, этому уже положено начало, вышел новый Закон об НПО), и эти три-четыре живущие на гранты организации лопнут, как мыльные пузыри.

⁶ <http://www.green-cross.net/content.php?content.7>

Но все же главным достижением последнего десятилетия для меня остается появление понимания, что же есть такое общественная экологическая деятельность.

На мой взгляд, экологическая деятельность в независимом общественном движении – это в первую очередь обучение применению норм экологического мировоззрения в повседневной жизни. Экологическое мировоззрение по сути является мировоззрением эсхатологическим и основано на осознании того, что человечество – часть глобальной «пищевой пирамиды». Следовательно, человечество в целом и каждый человек в отдельности не может существовать, не разрушая природу и не убивая живые организмы. В ходе развития цивилизации человечество выработало ряд моральных систем, в подавляющем большинстве которых «все, что приносит смерть, – зло, все, что служит к продолжению жизни, – благо» (А. Швейцер). Следовательно, люди в большинстве своем признают, что убийство живых существ противоречит нормам морали, что существование человечества, равно как и жизни на Земле в целом, основано на убийстве и разрушении, которые считаются «необходимыми», так как они служат продолжению жизни. Но принесение смерти одним ради жизни других все равно является злом. Иначе таким постулатом можно оправдать любое преступление, в том числе и геноцид целых народов. Следовательно, практика существования человечества является аморальной.

В большинстве моральных и религиозных систем человечества признается двойственная сущность людей и наличие неразрешимых противоречий между их духовной сущностью и материальным (физическим) телом. Следовательно, понимание аморальности существования физического тела человека наличествует практически столько, сколько существует современная цивилизация.

Смерть неизбежна, следовательно, процесс жизни, основанный на смерти других живых существ, неминуемо оканчивается смертью его носителей.

Энтропия на Земле всегда возрастает, любое человеческое действие, даже имеющее целью защиту природы и жизни, производит отрицательный эффект, выражающийся в непрямом разрушении природы и гибели живых существ, причем совокупные последствия от данного отрицательного эффекта значительнее, чем прогнозируемые положительные последствия. Частный случай данного следствия: утилизация вторичного сырья не уменьшает количество отходов, но увеличивает их, только в иной форме. Побочный вывод из сказанного: единственный действенный путь охраны окружающей среды состоит в бездеятельности (например, в отказе от продолжения рода и т. д.), то есть априори невозможен для цивилизации.

Если энтропия на Земле всегда возрастает, следовательно, антиэнтропийные (негэнтропийные) явления усложнения материи, нервной системы, мозговой ткани, сигнальных систем человеческой психики и так далее, приведшие к появлению современного человеческого разума, лишь кажутся антиэнтропийными, так как имеют локальный антиэнтропийный эффект, но на большом отрезке времени лишь увели-

чивают энтропию, что мы наблюдаем, изучая историю человечества. Возможный вывод: человечество является инструментом для многократного ускорения энтропийных процессов.

Процессы, необходимые для существования человечества и ведущие к разрушению природы и убийству живых существ, аморальны, следовательно, гибель человечества и (или) цивилизации не является абсолютным злом, так как разрушение аморальной системы не может быть злом.

Гипотетически разум может существовать на базе носителя, не включенного в пищевую пирамиду и, следовательно, существующего без противоречия морали по Канту–Швейцеру (допустим, например, что разум может существовать в виде энергетических полей). Следовательно, хотя бы теоретически разум может быть свободен от осознания своего существования как противоречащего «категорическому императиву» Канта.

Возрастание энтропии во Вселенной не противоречит развитию разума вне белковых носителей. Возникает же разум лишь в процессе усложнения структуры любого возможного его носителя, в процессе увеличения разнообразия элементов этой структуры. Однако: «В пределе разнообразие – это и есть хаос»: Н. Моисеев⁷.

Гибель человечества неизбежна, но не является трагедией, так как человечество вполне осознает аморальность практики своего существования и признает (в лице своих духовных лидеров – пророков и философов) неизбежность и закономерность своего исчезновения, о чем свидетельствует эсхатология практически всех религий мира. Экстраполируя происходящие события в природе и учитывая, что данные энтропийные процессы имеют однонаправленный вектор, можно прогнозировать, что гибель современной цивилизации произойдет в исторически близкий нам период.

Попробуем сделать выводы из вышеизложенного.

Во многих религиях мира духовная сущность людей бессмертна; следовательно, земная жизнь – лишь школа для развития творческих способностей тех, кого ждет в дальнейшем слияние с Творцом, Вселенским разумом и так далее. Но даже если душа не обладает бессмертием, экологическое мировоззрение, равно как и религиозное эсхатологическое мировоззрение, помогает понять, как надо жить и действовать, твердо зная, что будущего не будет.

Надо просто делать то, что считаешь нужным, делать вне зависимости от того, имеет ли это смысл в отсутствии многолетней перспективы. (Пример: сажать деревья правильно не потому, что они будут полезны для ваших внуков; возможно, внуков и не будет, а потому, что сажать деревья – нравственно.) Считаю, общественная деятельность в экологическом движении сейчас – всего лишь набор правильных норм поведения человека перед лицом обстоятельств непреодолимой силы. Правда, из этого не следует, что она должна быть абсурдной, – все же приложить свои силы хочется с достижением хотя бы временного положительного результата, пусть даже заранее зная о невозможности изменить гибельную ситуацию.

⁷ Моисеев Н. Н. Восхождение к Разуму: Лекции по универсальному эволюционизму и его приложениям. – М.: ИздАТ, 1993. – 174 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭТИКА БУДДИЗМА

О.В. Доржигушаева

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
г. Улан-Удэ, Россия
Эл. почта: *oyuna79@mail.ru*

THE ECOLOGICAL ETHICS OF BUDDHISM

O.V. Dorzhigushaeva

East Siberian State University of Technologies and Management, Ulan-Ude, Russia
E-mail: *oyuna79@mail.ru*

Бог, которого я знаю, – не спаситель. Скорее он вопиет о спасении, ибо он – мои собратья в совокупности и нечеловеческие формы жизни. Это Бог, которому я служу, который моим служением будет наделен силой спасать.

К. Хемфрейс

Вступление

В современной экологической литературе проявляется большой интерес к обретению новых философских и нравственных парадигм, с помощью которых могут быть установлены гармоничные отношения между человеком и природой. Глобальный экологический кризис, включающий загрязнение окружающей среды, чрезмерную антропогенную нагрузку на биосферу, истощение ресурсов, эстетическую деградацию природы, вымирание видов растений и животных, вынуждает общество коренным образом перестраивать этику и питающую ее философию. Глобальность кризиса, поразившего нашу планету, требует объединения усилий Востока и Запада в формировании экологической этики. Это тем более важно для России в силу специфического географического положения, многонациональности и чрезвычайной остроты экологической ситуации.

В настоящей статье рассмотрено значение нравственного потенциала буддийской культуры и для формирования экологического стереотипа поведения современного человека. Рассмотрены ритуалы, обряды и обычаи, имеющие природоохранное значение, и основные философские принципы буддийской экологической этики, оказавшие влияние на отношение к «живой природе» в Байкальском регионе. Представлены основные положения экологической этики буддизма, в особенности такие понятия, как *карма* – выражение экологической ответственности человека, *ахимса* – принцип ненасилия, *бодхичитта* – доброта и сострадание ко всем живым существам. Их ценность заключается в том, что они уже оказали свое благотворное влияние на менталитет и этическую культуру народов многих стран, смягчая нравы и прививая бережное отношение к окружающему миру. Автор не делает акцент на различиях буддийских направлений и школ, поскольку эти различия не затрагивают отношения к природе и экологической этике.

Буддизм и шаманизм в Байкальском регионе

По мере распространения на север буддийское учение вбирало традиционное отношение к природе народов, населяющих Центральную Азию. Все значимые природные объекты: горы, реки, леса, озера – приобретали статус буддийских сакральных мест. Буддизм ассимилировал шаманские верования и обратил «хозяев» местности в буддийскую веру, придав им статус защитников веры. В буддийской космологии представлены все основные архетипические символы древних народов – Мировая гора, Мировое дерево и др., и поэтому буддийская картина мира хорошо ложилась на традиционные представления народов Центральной Азии. Культурная ассимиляция шаманских представлений буддийскими была подготовлена тем фактом, что буддизм пришел в Байкальский регион из Тибета – страны, имеющей схожие традиции и прошедшей подобные этапы духовного развития.

Почтительное отношение к Матери-Земле восходит к самому Будде Шакьямуни. В танкописи правая рука Будды Шакьямуни обычно изображается в жесте *бхумиспарша* – прикосновение к земле. Обретя Просветление под деревом *бодхи*, Будда Шакьямуни призвал землю в свидетели, и она содрогнулась в шести направлениях, подтверждая его истинность.

Народы Байкальского региона почитали землю как прародительницу всего сущего. Бережное отношение к земле формировалось через систему запретов. Запрещалось без нужды ранить землю острыми предметами, чертить по ней, вскрывать ее поверхность. Эти запреты внушались детям с самого раннего возраста и учитывались при изготовлении орудий труда, домашней утвари, национального костюма. При необходимости закладки фундамента, рытья колодцев, пахоты нужно было провести ритуал с целью испросить разрешение на эти действия и обряд *сэржэм* – подношение даров.

Запреты существовали также относительно сдвигания с места больших вросших в почву камней и рубки деревьев. Запрет на сдвигание камней объяснялся тем, что не все объекты являются нам такими, какие они есть на самом деле. Неприметный камень на склоне горы мог быть входом во дворец «хозяина местности». Сдвинув его, вы разрушите дворец и вызовете гнев его владельца. Нельзя рубить без разбору деревья, потому что несведущий человек мог по незнанию срубить священное дерево, дерево, которое является лестницей в небо, в другой высший мир. Не случайно дерево *бодхи* считается у буддистов символом Просветления. В крупных буддийских монастырях сооружаются оранжереи, в которых выращивают привезенные из Индии, из Бодхгаи, отростки дерева *бодхи*. Благодаря этому запрету в Байкальском регионе были сохранены обширные леса, которые сейчас безжалостно вырубаются и продаются в Китай. Старики качают головами, глядя на череду лесовозов и скороспелых богачей: кто знает, что с ними станет в будущем, какие кармические плоды они пожнут?

В Бурятии и Монголии часто можно видеть деревья и кусты с развевающимися разноцветными лоскутками ткани. По ним определяют места поклонений *сабдакам* («хозяевам» местности). Места пребывания наиболее могущественных из них называются *обоо*. Люди должны вступать в гармоничные отношения с «хозяевами» местности. Для установления таких гармоничных отношений обряд *сэржэм* совершают буддийские монахи.

Кто же такие «хозяева» местности? Один лама рассказал нам любопытную версию их происхождения. Иногда сознание живых существ после смерти избирает не какое-либо тело, а местность, часто в виде горы или сопки. Точно так же как люди считают тело своим и называют его «Я», так же и хозяева местности считают эту гору или сопку своим телом. Когда они видят, как некий человек вредит его телу, они могут рассердиться и нанести ему вред, например, наслать болезнь. Во время ритуала умилоствления духов монахи обращаются с просьбой к «хозяевам» местности не наносить вреда людям и простить их за непредумышленно причиненный вред местам их обитания.

Поклонение духам местности и культ *обоо* восходят к родовому строю, когда каждый род имел свою гору-покровительницу. Старейшина села Кижинга, Пунцык Балдандоржийн, рассказывал нам, что культ Белого старца, хозяина горы Челсана, появился около 300 лет назад. Сыновья одной семьи, согласно данной клятве, переродились в облике *сабдаков* и стали хозяевами девяти горных вершин в Бурятии. Места *обоо* обычно обозначаются кучей камней, сложенных в виде пирамиды. В лесах, где нет камней, *обоо* возводятся из длинных жердей, приставленных к большому дереву. Местные жители в качестве подношения привязывают яркие лоскутки ткани, оставляют сладости и монетки. Эти подношения имеют символический характер, считается, что духи вкушают идеальную субстанцию подношений.

Подношение *сабдакам* широко практикуется в Тибете, Монголии и Бурятии. Раз в год, обычно летом, проводится обряд *обоо тахилга* (подношение духам местности). Предварительно лама выбирает благоприятный день, готовит специальный текст, посвященный именно данному «хозяину» местности. Целью обряда является испрашивание обильных

зблаговременных дождей, счастья и процветания. На него съезжаются все местные жители, приносят с собой угощения из трех молочных и сладких блюд. До прихода буддизма в этих странах широко практиковались кровавые жертвоприношения. Считается, что буддийские йогины, проявив *сиддхи*, обратили *сабдаков* в буддийскую веру и взяли с них клятву не причинять вреда живым существам. Также они убедили людей, совершающих подношения, что нельзя, совершая добродетель, осквернять ее убийством живых существ. При поднесении даров принято читать *мантру* «ОМ-А-ХУМ». «ХУМ» очищает подношения, «А» превращает дары в нектар, «ОМ» делает подношения неисчерпаемыми. Досточтимый Еше-Лодой Римпоче обращает внимание людей на необходимость содержания *обоо* в чистоте и порядке. «Часто люди имеют привычку оставлять после себя конфетные обертки, пустые бутылки, консервные банки, окурки и т. д. В таких случаях лучше разобрать кучу из камней, убрать оттуда весь мусор: осколки разбитых бутылок и т. д., затем обратно собрать камни, на них поставить чашки с молоком, едой и только тогда начинать ритуал. Надо помнить, что *обоо* – это место подношений, а не мусорная свалка. Кто бы ни посещал *обоо*, обязан соблюдать чистоту»¹. После молебна и поднесения даров обычно устраивают традиционные соревнования по борьбе, стрельбе из лука и конному спорту. По окончании обряда люди стараются увидеть знаки благосклонности *сабдаков*. Обычно таковыми считаются мелкий моросящий дождик, радуга, благоприятные сны. Существует много историй, в которых на место проведения обряда приходит сам «хозяин» местности, обернувшись птицей или зверем.

У шаманистов и буддистов отношение к *сабдакам* существенно различается. Шаманисты поклоняются им как божествам, буддисты относятся с состраданием как к особому классу существ. Буддийские ламы, говоря о *сабдаках*, отмечают их недюжинную силу, способность быстро перемещаться в пространстве и «детский» характер. *Сабдаки* неуравновешенны, гневливы, привязчивы, быстро радуются и огорчаются, испытывают потребность в почитании. Но у них есть черта характера, которую неплохо бы перенять многим людям: они никогда не нарушают клятву. Живут *сабдаки* по сравнению с людьми долго, сотни лет, но, когда люди нарушают их покой и разрушают места пребывания, они покидают их, так же как сознание людей покидает обветшавшее тело. Тогда гора или сопка становятся просто материальным объектом.

Одним из наиболее значимых объектов духовной географии Байкальского региона является гора Алхана. В добуддийское время она считалась одной из трех вершин, имевших важное сакральное значение для всего монгольского мира. С приходом буддизма на ней проводили медитативные сессии буддийские йогины, которые пришли к выводу, что она является *мандалой* (местопребыванием) Будды Чакрасамвары. В Агинском дацане хранится манускрипт, написанный старомонгольским письмом «Легенда о горе Алхана, приумножающей добродетель, – обители Шри Чакрасамвары». Буддолог С.Д. Сыртыпова пишет, что в этом тексте «Алхана представлена как живописный оазис в степи, богатый диким зверем, птицей, разно-

¹ http://www.petropavlovka.info/publ/oboо_takhilgaoboo_takhilga/1-1-0-47

го рода лекарственными растениями. Действительно, горный комплекс Алханы включает наивысшую географическую точку региона – вершину Алхана высотой 1664 м над уровнем моря. Алхана с ее крутыми, отвесными скалами, многочисленными ущельями и оврагами – одно из самых красивых мест в Агинской степи. Воды ледяных горных потоков, многочисленные родники, а также озеро в вулканическом кратере на вершине горы (Алханын орой) считаются целебными, а пребывание в этих местах наделяет человека физическим здоровьем и духовной силой»².

Буряты считают, что Алхана входит в число тридцати трех святых буддийских мест. Непосвященный человек увидит в Алхане небольшую лесистую гору со скалами-останцами. Совершенно иная картина предстает перед взором буддиста-паломника. Совершая *гороо* – почтительный обход посолонь вокруг сакральных мест, – он проживает новую жизнь, от пещеры «Эхын умай» (Чрево Матери) до лаза в скале Загурди – промежуточного мира (*бардо*). Скалы на его пути предстают перед ним как величественные храмы тантрических божеств. Различаются два вида *гороо* – однодневный вокруг вершины горы Алхана и четырехдневный с восхождением на вершину.

Идя по тропе паломников, обращаешь внимание на небольшую гряду камней вдоль нее. Наш проводник сказал нам, что хорошо, когда человек поднимает камешки и переносит их чуть повыше. Эти камни скатились сюда с вершины и жалеют о своем утраченном положении. Они бывают весьма довольны, когда их перекладывают наверх. Эта трогательная забота о камнях имеет одну природу с почтением к реке Догэна-дзэндзи, являясь проявлением *бодхичитты*. У буддийской сострадательности есть важное качество – чувство меры. За сотни лет тысячи паломников насыпали эту небольшую гряду камней, и среди них не нашлось ни одного фанатика, который бы решил разом оскотливить все камни и перетащить их на вершину. Буддийские учителя не поощряют фанатизм, недаром путь, который предлагает буддизм, называется срединным. Они говорят: «Совершайте добрые деяния, а если не можете, то хотя бы не причиняйте вред». Именно такое отношение к миру является условием его устойчивого развития.

Закон кармы как фундамент экологической этики буддизма

Экологическая проблема глобальна не только потому, что несет в себе опасность для всего человечества, но и потому, что ее решение требует значительных всеобщих усилий. Она является вызовом и человечеству, и каждому отдельному человеку. Изначально присущее человеку чувство единства с природой приобретает глубокий нравственный смысл. Сегодня очень важно пробудить в людях чувство ответственности за жизнь других живых существ, чувство сопричастности всему, что происходит на Земле.

Многие экологические проблемы возникают не потому, что есть некие злодеи, стремящиеся погубить планету. Дело обстоит гораздо сложнее. Разделение труда и связанное с ним отчуждение человека привело к разрыву между действиями людей и последствиями действий. Этот разрыв произошел на мотивационном уровне. Современная техника предельно

расширяет возможности нашей деятельности во времени и пространстве, и даже высокоспециализированная наука не способна просчитать все последствия многих видов деятельности. В Дхаммападе говорится: «Пока зло не созреет, глупец считает его подобным меду. Когда же зло созреет, тогда глупец предается горю»³.

Преодолеть этот разрыв между действиями и их последствиями поможет осознание закона *кармы*. Закон *кармы* утверждает, что все наши дела, слова и мысли формируют условия нашего существования в будущем и что каждый из нас испытывает последствия того, что он думал, говорил и делал в прошлом. Таким образом, закон *кармы* побуждает человека взять ответственность за свое нынешнее положение, а также за все свои жизни, простирающиеся в будущее.

Закон накопления *кармы* показывает, как из маленьких повседневных дел складывается судьба человека, история страны, путь развития человечества, глобальная экологическая ситуация. «Вы думаете, конец света будет „в дыме и пламени“? Полноте, конец света будет просто в чистописании»⁴. Эти слова В. Розанова напоминают о том, как буднично и просто в данную минуту вершится «конец света». Ежедневное ведро мусора становится частью огромной мусорной кучи, выделяющей метан и другие продукты распада. Выбросы автомобилей отравляют атмосферу и приближают всеобщую экологическую катастрофу. Ежедневно на Земле исчезает один вид растений или животных. Для них «конец света» уже наступил, но те, кто не испытал этого на себе, продолжают жить так, будто ничего не происходит.

Каков же механизм действия закона *кармы*? В народном понимании каждый поступок имеет этическую ценность, и действия, совершенные индивидом в отношении других существ, возвращаются к нему обратно в следующей жизни. Карма является чем-то роковым в том смысле, что никто не может избежать последствий своих же поступков, но в то же время допускается, что каждый может сознательно создать лучшие условия для своей будущей жизни. В этом смысле индивид сам формирует свою *карму*. Здесь можно видеть потенциальную возможность выхода из критической ситуации, в том числе и экологической. Далай-лама XIV говорит в своей проповеди: «Я, как буддийский монах, считаю, что вера в законы *кармы* очень полезна в повседневной жизни. Если вы верите в то, что существует связь между действием и результатом, вы станете более внимательно относиться к последствиям, которые ваши действия производят в вашей собственной жизни и жизни других людей»⁵.

В системе «*Абхидхармакоши*» *карма* – порядок расположения дхарм в данный момент, который, согласно закону обусловленности (*пратитья-самутпада*), влияет на расположение дхарм в последующие моменты. *Карма* делится на мысленную (*четана*), телесную и словесную. Поскольку действия и слова зарождаются сначала в сознании, сознание считается основным формообразующим фактором. Мысль – это творец личной судьбы и судьбы всего мира, и именно поэтому моральная деградация общества влечет за собой физическую деградацию мира. «Мир начинается в каждом из нас»⁶.

³ Дхаммапада. – Рига, 1991. – С. 15.

⁴ Розанов В.В. Мимолетное // Опыты. – М., 1991. – С. 299.

⁵ Далай-лама XIV. Жизнь на Земле. – М., 1996. – С. 22.

⁶ Далай-лама XIV. Буддизм Тибета. – Рига, 1991. – С. 94.

² Сыртылова С.Д. К истории буддизма в Алханае // Мир буддийской культуры. – Чита, 2001. – С. 188.

Геше Джампа Тинлей выделяет четыре характеристики *кармы*.

1. Результат проявления *кармы* очевиден и соответствует этической ценности действия, бывшего причиной этого проявления. «Некоторые хотят иметь много яблок, но вместо этого посадили семена ядовитых цветов и поливают их, удобряют почву, пытаются вырастить из этих ядовитых растений яблони. Но это невозможно. ... Согласно буддийской философии, все имеет причины. ... Всякий опыт вашего переживания в каждый миг жизни – это результат вашего бытия и того, что вы создали себе в качестве причин будущих состояний»⁷.

2. Не могут возникнуть такие явления, у которых не было бы причин, идущих от определенного момента. «Если вы не создали себе отрицательную *карму*, то не следует бояться и отрицательных ее проявлений»⁸.

3. «Какую бы *карму* вы не создали, она никогда не будет потеряна. Рано или поздно вы испытаете ее результат»⁹.

4. Умножение. Любой поступок имеет очень много последствий подобно тому, как расходятся круги по воде от брошенного камня. Посадив одно семя, можно получить много яблок и деревьев в будущем. Так же и плохой поступок может дать много плохих результатов.

Чрезвычайно интересна роль элемента *авиджняпты* в действии закона *кармы*. Этот элемент придает поступкам, жестам, словам нравственный смысл. Одно и то же действие разные люди могут совершать с различными целями и по разным мотивам. Элемент *авиджняпты* учитывает этическую ценность каждого акта и корректирует его кармические последствия. Например, нейтрализует последствия добрых дел, сделанных в расчете на вознаграждение, и т. д.

Закон *кармы* отличается от учения о возмездии в других религиях тем, что перекладывает тяжесть ответственности за свою судьбу и судьбу мира на плечи людей, каждого человека в отдельности. Закон *кармы* безличен, нет никого, кто вершил бы суд, давал бы наказание. Его можно сравнить с естественнонаучным законом, никто не может по своему произволу отменить, например, закон тяготения.

Данзан-Хайбзун Самаев сказал однажды, что если попытаться изобразить *карму* графически, то ее можно представить в виде кокона из светящихся нитей. Причем внутренняя сторона кокона – это действия, совершаемые индивидом в этой жизни, а внешняя – действия других людей по отношению к нему. После смерти этот кокон выворачивается наизнанку, и в следующей жизни человек испытывает последствия своих поступков в предыдущей жизни. Поэтому в буддизме забота о будущих жизнях считается очень мудрым и дальновидным поведением. По сути, такое поведение является заботой о будущих поколениях, а ведь забота о будущих поколениях является основным мотивом экологического поведения и основным требованием устойчивого развития общества. «Окружающая среда очень важна не только для нынешнего поколения, но и для будущих поколений. Если мы будем эксплуатировать ее экстремальным образом, то, даже получив какие-то деньги или другие выгоды сейчас, мы сами и будущие поколения пострадают от этого в дальнейшем»¹⁰.

⁷ Геше Джампа Тинлей. К ясному свету. – Улан-Удэ, 1995. – С. 56.

⁸ Там же. – С. 157.

⁹ Там же.

¹⁰ His Holiness the XIV Dalai Lama. On the Environment. – Dharamsala,

В буддийской эсхатологии деградация мира происходит из-за моральной деградации людей, из-за их легкомысленного отношения к своим обязательствам перед миром. В *кариках* 99–102 текста «Абхидхармакоши»¹¹ описывается разрушение мира и гибель живых существ. Последние времена характеризуются резким сокращением человеческой жизни и катастрофическим падением морального состояния людей. Они зловны, одержимы безнравственными влечениями, стяжательством и привержены ложным учениям. Причинами гибели людей будут являться войны, голод и болезни. Васубандху отмечает, что на различных континентах эти бедствия будут проявляться неодинаково. Перечисляя виды разрушений мира – огнем, водой и ветром, Васубандху, полемизируя с брахманистской системой *вайшешика*, отстаивает взгляд о возможности разрушения атомов. Учитывая, что Васубандху написал «Абхидхармакоша» в V в. н. э., мы находим эту гипотезу очень смелой для своего времени. В отличие от европейской установки на прогрессивное развитие, буддийский философ моделирует социогенез нисходящего типа как одну из возможностей развития общества. В качестве источников космогенеза Васубандху указывает совокупность кармических следов деятельности живых существ. В XIX–XX вв. концепцию совокупной общественной *кармы* разрабатывали бурятские буддийские философы¹².

Закон *кармы* является мощным инструментом нравственной саморегуляции человека. Он побуждает его к размышлению о последствиях своих поступков, о мере ответственности за совершенные деяния. В сущности, закон *кармы* является другой формой выражения золотого правила нравственности: «Поступай по отношению к другому так, как ты хотел бы, чтобы он поступал по отношению к тебе». И, поскольку буддисты не отделяют человека от других живых существ, то область применения правила не ограничивается лишь социальными, то есть внутривидовыми отношениями. В этом огромное экологическое значение закона *кармы*.

Равное отношение ко всем существам и принцип *ахимсы*

Нравственное поведение – результат длительной биологической и социальной эволюции человека. По этическим воззрениям человека можно судить об уровне его сознания – способности анализа своих поступков. Если проследить динамику развития этических взглядов человечества, то прослеживается тенденция к расширению круга лиц, перед которыми у человека есть чувство морального долга. До сих пор были различные группы людей, которые дискриминировались по тем или иным признакам (половым, возрастным, классовым, имущественным, национальным, расовым и т. д.). Только недавно Женевская конвенция по правам человека провозгласила всех людей равными. Хотя равенство людей, в значительной мере, еще только декларируется, все же правовое признание – большой шаг к его осуществлению.

В XX в. стало набирать силу движение за этическое отношение к животным. Теоретическое обоснование этики отношения к животным дал великий гуманист

1995. – П. 12.

¹¹ Васубандху. Абхидхармакоша. – Улан-Удэ, 1980. – С. 21.

¹² См.: Дандарон Б.Д. Черная тетрадь. – СПб., 1995.

нашей эпохи доктор Альберт Швейцер. Швейцер создал универсальную этику, согласно которой этическое отношение человека к животным должно относиться к человеку перед окружающим миром. «Пока мы не включим животных в общий с нами круг благополучия, в мире не будет мира». По его мнению, «этика есть ответственность за все, что живет».

Сегодня мы стоим перед необходимостью осознания нашего морального долга перед природой. Загрязнение окружающей среды прежде всего отражается на жизни животных. Стала привычной массовая гибель животных из-за нефтяных пятен, радиации, пестицидов и пр. Экологическая реальность диктует необходимость строгих правовых и нравственных санкций на сохранение диких видов животных. Помочь в этом случае может осознание родства человека и животных как полноправных представителей биоты.

Каким образом решает эту проблему буддийская этика? Буддисты не отказывают животным в способности к мышлению и эмоциональному переживанию. Они считают, что в силу ряда обстоятельств у животных просто нет условий для развития этих качеств. Первую проповедь Будды, Дхармачакраправартану, вместе с пятью монахами слушали две газели. Их образ настолько вошел в ум и сердце буддистов, что эти газели стали символом первого поворота колеса учения. К числу особо почитаемых буддистами животных относятся слон, бык, лев, черепаха, лебедь, павлин, а также все звери, олицетворяющие двенадцатилетний цикл.

Отношение буддистов к животным отличается, мы бы даже отметили, некоторой экзальтацией. Корейский мастер дзен Я-Юн говорил своим монахам: «Начиная со времени пахоты и сева, до тех пор, пока пища не дотронется до вашего рта и не насытит ваше тело, – это не только дело рук человека. Производя все это, страдают воли великой болью, и не счесть насекомых, умирающих при этом. Недостойно извлекать пользу из страданий других. Как ты можешь вынести мысль о том, что другие умирают для того, чтобы ты жил. Как можешь ты, имеющий легкую жизнь, жаловаться на голод и холод, когда крестьянин также мерзнет и голодает. Очень большой долг есть у каждого, кто носит хорошую одежду и ест хорошую пищу»¹³.

В школе *Гелук* рекомендуют относиться ко всем существам так, словно они ваши мать или отец. В череде бесчисленных перерождений любое живое существо могло быть в прошлых перерождениях нашей матерью или отцом. Все живые существа во Вселенной находятся в родственных отношениях. В ежедневной молитве говорится: «Подобно мне, все мои добросердечные матери тонут в океане *сансары*. Даруй мне благословение на духовный труд по воспитанию *бодхичитты*, чтобы скорее я мог их спасти»¹⁴. Также в вечерней молитве: «Видимые и невидимые существа, и те, кто близ меня, и те, кто далеко, да будут все счастливы, да будет радостно сущее. Не вредите один другому, нигде никого не презирайте. И один другому не пожелайте зла. Как мать, жертвуя своей жизнью, охраняет свое дитя, так и ты безгранично возлюби все сущее»¹⁵. Во всех буддийских

текстах мы чаще встречаем оборот «все живые существа», нежели «человек», «люди». Даже в государственных эдиктах царя Ашоки подчеркивается необходимость заботиться о всех живых существах. В частности, он приказал у дорог вырыть колодцы и посадить деревья «на радость животным и людям»¹⁶.

Буддисты не отделяют человека от других животных. Человеческое воплощение лишь одно из многих в цепи перерождений. В «Гирлянде *джатак*» – повествованиях о легендарных событиях из прошлых рождений Будды, мы видим, что Будда много раз перерождался прежде в облике животного, например, слона, буйвола, дятла и пр. В *джатаках* подчеркивается равноценность жизни животных и людей. В одной из *джатак* Будда спасает голубя от тигра, и тогда тигр требует, чтобы он отдал ему равное этому голубю. Будда отрезает кусок своего тела и кладет на одну чашу весов, а на другую – голубя. Голубь перевешивает. Только сам, встав на весы, он смог уравновесить чаши. Каждая жизнь равна другой жизни. «В основе *джатак* лежит... представление о бесконечной цепи связанных между собой причинно-следственной связью существований, через которые проходят все живые существа. Рождение в том или ином состоянии определяется совокупностью поступков, совершенных в прошлых рождениях. Каждое существо создает себя, определяет свое будущее поведением»¹⁷. *Джатаки* оказали огромное влияние на распространение буддийской нравственности в народе. Написанные в виде увлекательных историй, они незаметно вызывали у простых людей тягу к самосовершенствованию, формировали такие буддийские ценности, как щедрость к просящим, кротость, терпимость, правдивость, воздержание от причинения вреда живым существам, воровства, грубой речи и др.

«Наивеличайшим убийцей на Земле» называл Иоганн Гердер человека (вершину пищевой пирамиды), который убивает и пожирает чужую жизнь, чтобы поддерживать свою собственную. Выражением этого глубинного метафизического стыда стал принцип *ахимсы*. Смерть человека в любом ее виде всегда трагедия. «Но попробуйте взглянуть на эту ситуацию взглядом другого существа, для примера – курицы, которую самый прекрасный, незаслуженно страдающий и гибнущий человек, не задумываясь, убивал – и сколько раз, и не ее одну – отвергивал голову, ощипывал перья, перебивал ноги, варил в воде и съедал. Или глазами коровы, которой тот же прекрасный человек устраивает ежедневный Освенцим...»¹⁸

Принцип *ахимсы* содержит требование ненанесения вреда другим существам, а в аллегоричной форме – запрет пролития на землю чьей-либо крови. *Ахимса* вырелась в недрах индийской культуры и характеризует почти все направления индийской мысли. Буддизм воспринял эту высокую нравственную ценность и распространил ее в другие страны и культуры. Возможно, кочевникам было трудно воспринять этот принцип во всей его полноте в силу жизненного уклада, но нельзя не отметить благотворное влияние *ахимсы*, сказавшееся на общем смягчении нравов, например отказе от кровавых жертвоприношений и пр.

¹³ Buddhism and Ecology / Ed. By Batchelor M. – L., 1992. – P. 8.

¹⁴ Молитвы для ежедневных упражнений в медитации. – Элиста, 1994. – С. 6.

¹⁵ Ольденбург С.Ф. Первая буддийская выставка в Петербурге. – СПб., 1919. – С. 3.

¹⁶ Sircar D. C. Inscriptions of Asoka. – Delhi, 1957. – P. 40.

¹⁷ Джатаки. – СПб., 1993. – С. 3–4.

¹⁸ Семенова С. О бессмертии // Литературно-философский сборник «Опыты». – М., 1990. – С. 94.

«Человек, отказавшийся убивать, не бездействует. Он тоже действует, но иначе. В нем действует не „карма“, не род, не общественная группа, а внутренняя готовность, решимость личности. ...Есть действия, убивающие душу. ...До поры до времени солдат и даже полководец могут рассуждать так, что он дал присягу и должен быть послушным орудием родины, или истории, или чего-то еще. Но приходит момент, и дальше так рассуждать невозможно»¹⁹. Индийский царь Ашока увидел поле боя после сражения и приказал по всем границам империи поставить колонны о том, что он навсегда отказывается от войны.

Подобно Ашоке, Далай-лама XIV предлагает в наши дни превратить Тибетское нагорье в Зону *ахимсы*. И если мировое сообщество найдет в себе силы поддержать его в этом начинании, мы станем свидетелями новых взаимоотношений между странами. «Создание такой зоны мира отвечало бы исторической роли Тибета как миролюбивой и нейтральной буддийской нации и буферного государства между великими державами континента»²⁰.

В 1959 г. Далай-лама вынужден был просить политического убежища в Индии. Вместе с ним в эмиграцию по горным тропам в Гималаях ушло 87 тысяч тибетцев. Будучи главой Тибетского правительства в изгнании, Далай-лама последовательно проводит план мирного освобождения Тибета ненасильственным путем.

Многие военные конфликты нашего времени имеют причины в прошлом: в давно минувших войнах и желании сатисфакции за когда-то погранные национальные чувства. Таким образом, одна война порождает другую, и так до бесконечности. Пример тибетцев показывает возможность новых отношений между народами. «Ибо никогда в этом мире ненависть не прекращается ненавистью, но отсутствием ненависти прекращается она. Вот извечная *дхарма*»²¹.

Будда в «Дхаммападе» дает очень тонкий экологичный образ ненасильственного поведения. «Как пчела, набрав сока, улетает, не повредив цветка, так же пусть мудрец поступает в деревне»²².

Многие буддийские термины имеют знак отрицания «а». Это говорит о том, что буддизм не принимает аксиологические основания морали современного ему общества. В мире *химсы* – насилия он говорит о ненасилии. В мире «постоянства» он говорит о становлении и изменчивости (*анитьята*). В мире «неизменных сущностей» – говорит о всеобщей взаимообусловленности. В мире «сословных интересов» – говорит о личной ответственности за свою судьбу и судьбу всего мира.

Среди современных экологических подходов наиболее близка к буддийской позиции так называемая «глубокая» или «глубинная» экология норвежского философа Арне Нэсса (Arne Dekke Eide Næss). Эта система взглядов отрицает исключительность и особую ценность человека по сравнению с другими биологическими видами. Доминирующая самооценочность прилагается нашей планете, а лишь затем человеку, социальные возможности которого ограничены. Возникшее на этой основе биоцентристское в своей основе общественное движение преодолевает неко-

торую ограниченность социальной экологии. Ведь она ориентируется прежде всего на благо и цели человека и возникла лишь в силу того, что экологический кризис стал угрожать человеку, его здоровью и жизни. В своей основе именно «глубокая экология» в конечном счете оказывается более человеколюбивой. Без сохранения биоты Земли люди не смогут существовать как вид.

В четвертом из «железных законов» охраны природы Поля Эрлиха²³ говорится: «Не только для всех других организмов, но и для человечества смертельно опасно представление о том, что при выработке решений об использовании Земли надо принимать во внимание одни лишь ближайшие цели и немедленное благо *Homo sapiens*»²⁴. Люди должны относиться к животным как к добрым соседям и, может быть, единственным своим спутникам в Космосе.

Бодхисатва как идеал экологического отношения к миру

Идеалом разумно-этического и гуманного отношения к миру является образ *бодхисатвы* – один из наиболее экологичных образов, рожденных в лоне буддизма. *Бодхисатвой* называют существо, которое, постигнув целостность бытия, достигло *нирваны*, но, осознавая бесчисленные связи, соединяющие его с миром, из сострадания к живым существам остается в этом мире. *Бодхисатва* обладает совершенными качествами, которые называются *парамитами*. Этимология этого слова восходит к понятиям «сила», «энергия», обладание которыми помогает достичь *нирваны*. Существуют такие *парамиты*, как *парамита* даяния (*дана*), дисциплины (*шила*), терпимости (*кшанти*), усердия (*вирья*), медитации (*дхьяна*) и мудрости (*праджня*). Необычные свойства *парамит* проистекают из того обстоятельства, что *бодхисатвы* обладают единым универсальным сознанием.

Акт даяния совершают многие люди, но даяние *бодхисатвы* отличается бескорыстием и не имеет отношения к эгоизму. Обладая недуральным сознанием, он совершает даяние таким образом, будто перекладывает из одной руки в другую. Осознавая целостность мира, он не мучается желаниями получить что-либо взамен, зафиксировать акт даяния у принимающего, не требует оценки своих действий и пр. Проникнувшись идеей изменчивости, он относится к вещам, статусу, популярности, власти как к временным, преходящим явлениям, как к покрывалу *Майи*, предназначенному для испытания человека на человечность.

Парамита даяния – это великодушие и открытость. *Бодхисатва* открыт для других существ, открыт для мира. Внешний мир не вызывает у него раздражения, он не стремится закрыться от него, не создает вокруг себя искусственный мирок. Чогьям Трунгпа Римпоче называет *парамиту* даяния «трансцендентным великодушием»²⁵. Благодаря мудрости равенства, которая дает понимание равенства и общей природы всех существ, *бодхисатва* не относится к другим

¹⁹ Миркина З., Померанц Г. Великие религии мира. – М., 1995. – С. 225.

²⁰ Далай-лама XIV. План мира. – М., 1995. – С. 26.

²¹ Дхаммапада. – Рига, 1991. – С. 5.

²² Там же. – С. 12.

²³ Paul Ralph Ehrlich – американский энтомолог, распространивший свои интересы на экологию и демографию. Широко известен своей опубликованной в 1968 г. книгой «Популяционная бомба» (Population Bomb), в которой главная угроза для выживания человечества усматривается в росте народонаселения. – Прим. ред.

²⁴ Цит. по: Биология охраны природы / Ред. М. Сулей, Б. Уилкоккс, – М.: Мир, 1983. – С. 378–379.

²⁵ Чогьям Трунгпа. Преодоление духовного материализма. – К., 1993. – С. 155.

существам как к низшим, он не смотрит на них сверху вниз, и поэтому было бы чрезвычайно узко представлять *парамиту* даяния лишь как доброту по отношению к нуждающимся. *Бодхисатва* всецело открыт для общения, он не дозирует свои отношения, не разделяет тех, с кем общается. Даже Будду буддисты считают «цыпленком, вылупившимся раньше других». И это удивительно точный образ. Цыпленок, вылупившийся из тесной скорлупы «эго», открыто переживающий мир. «Вся сущность идеи трансцендентного великодушия заключается в том, что мы видим сквозь наши ограниченные понятия, сквозь ограниченные концепции, сквозь психологию войны „этого“ против „того“; и вообще, когда мы смотрим на какой-то объект, мы не позволяем себе видеть его должным образом. Автоматически мы видим свою версию этого предмета вместо того, чтобы действительно видеть его таким, каков он есть. Тогда мы полностью удовлетворены, потому что внутри уже сфабриковали собственное представление о вещи... здесь совсем нет процесса подлинного общения»²⁶.

«Существуют три вида даяния: вещей, собственного тела и корней добродетели. Труднее всего поделиться вашими собственными корнями добродетели»²⁷. Это очень тонкое психологическое наблюдение Далай-ламы. Люди могут отдать вещи, им принадлежащие, могут в порыве самоотречения жертвовать жизнью, но человеку чрезвычайно трудно делиться своими заслугами, отдать признание за свои добродетели другим. Если человек станет выше этих чувств, «эго» исчезает. Он полностью раскрылся и не делает различия между «этим» и «тем».

Воспитание бескорыстного даяния, даже просто зарождение установки на его возможность, очень важно в нашем обществе, ориентированном на модус обладания. Эрих Фромм справедливо обращал внимание на имеющую место тенденцию «замены принципа бытия принципом обладания»²⁸. Стремление к обладанию в виде социальной установки возрождалось, в основном, с начала индустриальной эпохи. Оно является эпизодом развития общества и, следовательно, не является сущностной потребностью человека. Казалось бы, что плохого в стремлении человека «иметь»? – но именно это стремление в сочетании с бездушным отношением к природе породило переживаемый нами и имеющий тенденцию к усугублению экологический кризис.

Предпосылкой бескорыстного даяния является чувство любви. В любви человек полностью раскрывается для другого человека, отдает ему себя. «Это означает, что все бытие-в-мире, принадлежащее любимому, должно быть любящим бытием»²⁹. (Экзистенциалистское видение проблемы взаимоотношения между людьми настолько близко к буддийскому, что поздние увлечения Э. Фромма и М. Хайдеггера буддийской философией представляются в какой-то мере даже закономерными.) Чувство любви дано человеку для того, чтобы он осознал возможность других взаимоотношений между людьми, кроме обладания, принуждения, корпоративной выгоды взаимной договоренности между людьми.

²⁶ Там же. – С. 156.

²⁷ Далай-лама XIV. Доброта, чистота помыслов и проникновение в сущность. – М., 1993. – С. 37.

²⁸ Фромм Э. Иметь или быть? – М., 1990. – С. 74.

²⁹ Сартр Ж.-П. Первичное отношение к другому: любовь, язык, мазохизм // Проблема человека в западной философии. – М., 1988. – С. 217.

Модус обладания имеет большую власть над человеком, и было бы прекраснотушим утверждать, что он может быть абсолютно преодолен культивированием в сознании человека *парамиты* даяния. Но все же *бодхисатвы* своим примером открытого альтруистического образа жизни могут изменить парадигму мышления людей, уравновесить и привести к гармоническому соответствию модус обладания и модус бытия.

Великий гуманист XX века Рабиндранат Тагор писал: «Первоначально наше „Я“ обособляется от Бога и в своей обособленности стремится к большему обладанию материальными вещами. Здесь наша воля кажется независимой, но это отрицательная форма свободы. Это своеволие имеет границы. Познав границы своего эгоизма, преодолев их, индивид достигает слияния с волями других людей в любви. И это – истинная свобода. Второе рождение – нравственная жизнь. В этом мире нравственности мы переходим от мира природы к миру человечности»³⁰.

Далее рассмотрим *шила-парамиту*, *парамиту* нравственной дисциплины. По-другому ее называют *парамитой* нравственности. Следовать *шила-парамите* не означает подчинять свои действия какому-то строгим законам, делать то, что предписано. *Бодхисатва* поступает совершенно свободно, но его поступки становятся образцом поведения, или же его действия спонтанно совпадают с образцами поведения. Читая описание срединного восьмеричного пути, мы невольно обращаем внимание на рефрен «правильный»: «правильное понимание, правильная мысль, правильная речь, правильное действие, правильный образ жизни, правильное намерение, правильное усилие, правильная концентрация: это, о *биккху*, является срединным путем, который постигает Татхагата»³¹.

Говорится «правильный», но не говорится, какой именно. Никакие законы и правила не будут препятствием для дурного человека, он найдет способ их обойти, и в то же время добродетельный человек не делает зла не потому, что оно запрещено кем-то другим, а потому, что его внутренний моральный императив задает ему другую, миролюбивую направленность. Таким образом, мораль *бодхисатвы* является следствием его внутренней интенции, внутреннего стремления к добру и состраданию. Мирские феномены не увлекают *бодхисатву*, благодаря глубокому пониманию *анитьяты* он находит искушения мало-значимыми, иллюзорными и преходящими.

Почему же *шила-парамита* переводится как *парамита* дисциплины? От чего удерживает себя такое совершенное существо? От тонких проявлений эгоизма и самости. «Он уважает стиль жизни других людей, говорит их языком и дает им возможность развиваться в соответствии со своей природой, а не делает из них отражения самого себя»³². В таком поведении мы видим особую психологическую экологичность буддийского образа жизни.

Определенная дисциплина действительно нужна людям для обуздания потребностей. «Желание беспечному живущего человека растет как малува. Он мечется из существования в существование, как обезья-

³⁰ Тагор Р. Личное. – М., 1958. – С. 81.

³¹ Корнев В.И. Сущность учения буддизма // Философские вопросы буддизма. – Новосибирск, 1984. – С. 11.

³² Тругна Ч. Миф свободы и путь медитации. – К., 1993. – С. 318.

на в лесу, ищущая плод»³³. Ценностная ориентация буддизма нацелена на развитие духовных потребностей и сознательное ограничение материальных потребностей до оптимально необходимых для нормальной жизнедеятельности человека. В «Дхармачакраправартане» – первой проповеди Будды – предлагается решение этой проблемы. «Существуют две крайности, о *биккху*, которых необходимо избегать: потворство чувственным наслаждениям – это вульгарно, приземлено, неблагоприятно и бесполезно; склонность к крайнему аскетизму – это болезненно, неблагоприятно и бесполезно. Отказываясь от этих крайностей, *Татхагата* постигает срединный путь, который способствует видению и знанию, ведет к миру, высшей мудрости, просветлению и нирване»³⁴.

Нравственное поведение предполагает отказ от злодеяния, собирание добродетели, зарождение и развитие *бодхичитты*. Отказ от злодеяния – это отказ от десяти пагубных действий. Каковы же эти пагубные действия? Существуют три вида злодеяний, совершаемых телом: а) лишение жизни живого существа; б) воровство; в) совокупление с принявшим обеты целомудрия, супружеская неверность.

Существуют четыре пагубных действия, совершаемых речью: а) сознательная ложь; б) клевета; в) грубая речь, унижающая достоинство другого человека; г) праздная болтовня.

Есть три пагубных действия, совершаемых в сфере сознания: а) черная зависть; б) гнев, ненависть по отношению к другим живым существам; в) увлечение ложными учениями. Ложными учениями считаются те, которые санкционируют пагубные деяния, оправдывают их и таким образом развращают человека.

Собирание добродетели означает, в частности, уважение ко всему, что окружает бодхисатву. Он внимательно относится ко всему, что он делает. Для него не существует двойной морали. И в одиночестве, и в людской толчее он одинаково относится с уважением ко всему, что его окружает, будь это природа, живые существа, люди или боги. Собирание добродетели не означает учета своих добрых дел или стремление достичь лучших условий жизни добродетельным поведением. Приведем строки из Драгоценных строф Нагарджуны: «Именно приняв мир за бесполезный, ибо подлинная реальность безопорна, не привязанный к существованию ум успокаивается, подобно тому, как огонь успокаивается без топлива. Если *бодхисатве* свойственно такое видение, то он достиг подлинного совершенного просветления. Цепь его перерождений продолжается лишь в силу сострадания к другим живым существам. В *махаяне татхагаты* учат *бодхисатв* накоплению добродетели и знания. ... *Махаяна* это обретение добродетели, радости и единственного удовлетворения от содействия другим при полном безразличии к самому себе»³⁵. *Бодхисатва* своими добродетелями улучшает мир, не требуя ничего взамен. Геше Джампа Тинлей говорит, что «нормальным для человека является состояние Будды».

Основной целью *шила-парамиты* является зарождение и развитие *бодхичитты*. Геше Джампа Тинлей назвал ее «философским увлажненным добротой и состраданием». Европейским синонимом *бодхичитты* можно считать слово «альтруизм». Его

Святейшество Далай-лама XIV считает, что альтруизм изначально присущ природе людей в силу того, что они являются общественными животными и их человеческая сущность может быть проявлена только в человеческом обществе. Альтруизм возвышает человека в духовном плане, только высокоразвитые личности способны на подлинно альтруистические поступки. История буддийской религии содержит много примеров прекрасных добросердечных поступков, внутренней интенцией которых было альтруистическое отношение к миру.

Терпимость как основная категория буддийской этики

Вся история буддизма сопровождается воспитанием в людях такого прекрасного человеческого качества, как терпимость. Еще Будда говорил своим ученикам: «Идя в другие страны, уважайте чужих богов, ибо если они существуют в умах этих людей, то, значит, они существуют». Его последователи также практиковали подобное отношение к другим религиям. Мы не можем найти ни одной страны, где буддизм являлся бы монорелигией. Во всех странах буддизм мирно уживается с другими религиями, в Индии – с индуизмом и мусульманством, в Японии – с синтоизмом, в Китае – с даосизмом и конфуцианством и т. д. Более того, буддийская традиция не требует того, чтобы люди, обращающиеся к буддийским священникам, приходящие в буддийские храмы и даже практикующие буддизм, обязательно были бы буддистами, принявшими буддийское прибежище.

Автор этих строк был свидетелем любопытного события, подтверждающего это утверждение. После лекций в Новосибирском академгородке *геше* Джампы Тинлея к нему стали поступать записки следующего содержания: «Как можно стать буддистом, и требуется ли для этого ритуальное отречение от православия?» *Геше* Джампа Тинлей ответил таким образом: «Не нужно спешить отказываться от своей коренной веры, той, что досталась нам от предков. Преемственность веры – это то, что придает устойчивость этому изменчивому миру. В конце концов, буддизм требует от людей лишь доброты и терпимости, а эти качества можно возвращать в лоне любой религии. Если вы так легко будете менять свою религию, то, как знать, может, через неделю вы захотите стать кем-то еще? Выбор религии – это очень серьезный выбор, и относиться к нему нужно очень ответственно».

Религиозный лидер буддистов Далай-лама XIV уделяет большое внимание веротерпимости и благожелательным отношениям между религиозными конфессиями. Он провел много встреч с религиозными лидерами других конфессий, в том числе с Папой Иоанном Павлом II, Архиепископом Кентерберийским и т. д. Широко известны его слова: «Я всегда полагал, что наличие разных религий и разных философских учений много лучше, нежели одна-единственная религия или философия. Необходимость такого разнообразия вызвана различиями в душевных склонностях разных людей. Каждая религия обладает рядом уникальных идей и методов; их знание может только обогатить вашу собственную веру...»³⁶ Исходя из этих принципов, Далай-лама XIV отрицательно относится к миссионерству как форме духовного насилия. Человек при выборе религии должен руковод-

³³ Дхаммапада. – Рига, 1991. – С. 54.

³⁴ Корнев В.И. Сущность учения буддизма // Философские вопросы буддизма. – Новосибирск, 1984. – С. 11.

³⁵ Андросов В.П. Нагарджуна и его учение. – М., 1990. – С. 64.

³⁶ Далай-лама XIV. План мира. – М., 1995. – С. 10.

ствоваться внутренней расположенностью к той или иной религии, без изощренных психологических методик, к которым прибегают иные миссионеры. «Цель религии – не в строительстве красивых церквей и храмов, но в воспитании хороших человеческих качеств, таких как терпимость, великодушие и любовь»³⁷.

Даже после того, как КНР аннексировала Тибет, Его Святейшество призывает тибетцев и сочувствующих им сохранять благожелательное отношение к китайцам, не испытывать к ним чувство мести. Будучи главой Тибетского правительства в изгнании, Его Святейшество Далай-лама XIV последовательно проводит план мирного освобождения Тибета ненасильственным путем. Многие военные конфликты нашего времени имеют причины в прошлом, в давно минувших войнах и желании сатисфакции за когда-то попранные национальные чувства. Таким образом, одна война порождает другую – и так до бесконечности. Пример тибетцев показывает возможность новых отношений между народами. «Ибо никогда в этом мире ненависть не прекращается ненавистью, но отсутствием ненависти прекращается она. Вот вечная *дхарма*»³⁸.

Понятие терпимости является одной из основных этических категорий буддийской этики. Его Святейшество Далай-лама XIV уделяет очень большое внимание его разъяснению и обоснованию. Например, он утверждает: «Терпимость и терпение не следует толковать как признаки слабости. Это признаки силы»³⁹. Проявляя сознательную терпимость, вы контролируете ситуацию и не позволяете чувствам, таким как гнев или гордыня, взять верх над разумом. К тому же терпимость к другим людям, к жизненной ситуации и другим существам говорит о широте ваших взглядов, об общей эмансипированности. Терпимость является одним из качеств, присущим *бодхисатвам* – буддийским святым. Эти качества называются *парамитами*, а *парамита* терпимости – *кианнти-парамитой*. *Кианнти-парамита* тройственна. Терпимость к другим живым существам, терпимость к жизненным обстоятельствам, терпимость, приходящая с мудростью и проникновением в глубинную суть вещей и явлений.

Взращивание терпимости имеет важное экологическое значение. Отсутствие терпимости к другим существам является признаком современного времени. Люди создают вокруг себя стерильные пространства, освобожденные от животных, от насекомых, от микрофлоры. Их пугают другие существа в силу кажущейся непредсказуемости их поведения. Урбанизированный человек ощущает скрытую опасность, исходящую от природных объектов, он предпочитает регулируемый комфорт большого города, животных на экране телевизора, теперь уже созданных при помощи компьютерной графики. Оказываясь один на один с природой, он испытывает психологический дискомфорт и пытается преодолеть его, оставаясь в рамках привычных представлений. Люди представляют природные объекты в виде врага, которого следует покорить, переносят антропоморфные отношения на отношения с природой. Как пример можно привести голливудские фильмы, где в качестве врагов человечества выступают то птицы, то насекомые и т. д.

³⁷ Далай-лама XIV. Сострадание и всеобщая ответственность. – М., 1993. – С. 25.

³⁸ Дхаммапада. – Рига, 1991. – С. 5.

³⁹ Далай-лама XIV. Гармония миров. – СПб., 1996. – С. 142.

«Странные нити кажущегося сходства порой объединяют старый Китай и Европу, но чаще это все-таки видимость, ибо различны и восприятие окружающего, и отклик на него. Мы идем в горы, чтобы покорить вершину, ступить туда, куда не ступала нога человека, оставить знак своего присутствия – вымпел, флаг. Человек Востока шел, прежде всего, чтобы получить, чтобы приобщиться к чудесному току духовного начала, который был разлит в природе тем больше, чем выше поднимался странник от суетного мира страстей, бурлящего в населенных людьми долинах. Ему никогда не пришла бы мысль покорять из боязни загрязнить и разрушить, он никогда бы не решился метить вершину знаком своего „Я“ – всего лишь ничтожной частицы вечно меняющегося мироздания»⁴⁰.

Человек, практикующий терпимость, относится с состраданием к живым существам, понимает их проблемы, психическое состояние и уровень развития сознания. Он может поставить себя на место другого и понимает истинные причины его поведения. Как пишет Л. Мьяль в своем исследовании «Аштасакхасрика-праджняпарамита-сутры»: «Развитие бодхисатвы до уровня „avinivartaniya bodhisattva-mahasattva“ не означает создания высокоразвитой узкоспециализированной личности, наоборот, бодхисатва превращается во всеобъемлющее существо, которое содержит в себе персоналогические типы любой квалификации»⁴¹.

Буддисты рассуждают примерно таким образом: у вас есть враг, и вы считаете его плохим человеком, но присмотритесь к нему получше. Оказывается, у него есть друзья, как и у вас, и они считают его хорошим человеком. Значит, в тот момент, когда он общался с вами, у него были какие-то проблемы, и поэтому он обошелся с вами таким образом. Также враги помогают человеку практиковать парамиту терпимости. Если нет врагов, человек не знает силу и глубину своей практики терпения, его практика без испытанья не имеет прочности. «Шантидева говорил, что и друг, и враг испытывают к вам любовь и делают добро, вопрос только во времени»⁴². Друзья поддерживают и помогают, враги критикуют и указывают на ошибки, стимулируя дальнейшее самосовершенствование. Буддийский писатель Аюша Тенчой считает, что враги дают людям шанс проявить безотносительную любовь, любовь без привязанности.

Терпимость к жизненным обстоятельствам необходима потому, что страдание перманентно присуще сансарному бытию. Закон давления среды жизни противостоит другому закону – закону максимального давления жизни. Потомство одной пары особей, размножаясь в геометрической прогрессии, стремится заполнить собою весь земной шар. Но давление среды жизни сдерживает эту способность, определяя степень толерантности организма к изменениям внешних воздействий. Живое постоянно стремится к экологической экспансии и в то же время приспосабливается к изменяющимся условиям жизни. Закон давления среды жизни актуален для любого типа жизни. Будь это общество, с его законами, войнами, моралью, будь это колония бактерий в капле воды. Как советует Лама Сопа Римпоче: «Если проблема

⁴⁰ Лисевич И.С. Вступительная статья // Китайская пейзажная лирика. – М., 1984. – С. 7.

⁴¹ Мьяль Л.Э. «Аштасакхасрика Праджняпарамита» как исторический источник: Дис. ... канд. ист. наук – М., 2007.

⁴² Геше Джемпа Тинлей. К ясному свету. – Улан-Удэ, 1995. – С. 56.

может быть разрешена, нет особого смысла расстраиваться из-за нее, надо решать её. А если проблема состоит в том, что не может быть изменено, то также бессмысленно становится несчастным или испытывать неприязнь к этому»⁴³.

Этот же принцип можно применить по отношению к потребностям. Человеческие потребности имеют тенденцию к постоянному росту. Часто рост потребностей не обусловлен реальной необходимостью и спровоцирован понятиями престижа или рекламной компанией производителей товара. Люди называют себя потребителями, не замечая унижительного подтекста этого слова. Рекламные компании смещают ценностное сознание людей, нивелируют их индивидуальность, навязывают товары и услуги, в которых они не нуждаются. Эрих Фромм относится к этой проблеме довольно жестко: «Мы должны запретить использование всех форм гипнотического воздействия, применяемых как в области потребления, так и в области политики. Эти методы представляют собой серьезную угрозу психическому здоровью, особенно ясному и критическому мышлению и эмоциональной независимости»⁴⁴. Они ухудшают качество жизни человека, внушая ему, что без обладания той или иной вещью или услугой он не является полноценным потребителем. Постоянная неудовлетворенность из-за искусственно созданных потребностей позволяет манипулировать сознанием человека. Образ вечно голодных существ «*прет*», является в буддизме аналогией такого сознания, озабоченного модусом обладания.

Терпимость по отношению к жизненным обстоятельствам помогает человеку сохранять позитивное настроение вне зависимости от модуса обладания, вне зависимости от внешних условий. «Царство Божие внутри нас». В этом смысле очень важны духовные проповеди, обращающие внимание человека на богатство внутреннего мира, на его единство с Универсумом.

Все виды терпимости порождаются проникновением в глубинную основу всех вещей и явлений. Буддийскую терпимость можно уподобить пониманию свободы Б. Спинозой. Если что-либо должно произойти, нет смысла противостоять этому. Когда человек знает причины, вызвавшие к жизни тот или иной процесс, он относится к его разворачиванию с пониманием, без лишних эмоций. Видя неотвратимость чего-либо, он не протестует, потому что видит его основу, знает изменчивость всех явлений и то, что «различно завершающиеся периоды времени складываются в одно бытие».

Буддийская терпимость основана на уважении к истинной природе других живых существ, их потенциальной и перманентно актуализирующейся «будности». *Парамита* терпимости постулирует равенство и мирное сосуществование различных существ. Более того, буддисты относятся с уважением и к неживой природе. В Японии в монастыре Эйхедзи есть мост, который называется «мост половины черпака». «Всякий раз, когда Догэн-дзэндзи зачерпывал воду из реки, он использовал только половину черпака; оставшуюся воду он не выплескивал, а снова возвращал в реку»⁴⁵. Таким образом он выражал свое почтение к реке. Это не имеет никакого отношения

к экономии или эффективности, только единое универсальное сознание, постигающее единство мироздания, может быть основой для таких прелестных поступков, остающихся в памяти людей.

Буддийская практика сострадания: экологическая деятельность Далай-ламы XIV

Мы хотим рассказать о человеке, обладающем подлинно планетарным сознанием. Его Святейшество Далай-лама XIV является воплощением *бодхисатвы* милосердия Авалокитешвары. Он несет послание любви, сострадания и прощения и является одной из наиболее известных и любимых личностей современного мира. «Дар провидения Тибету, теперь Он стал даром Тибета всему миру» (д-р Н. Рабгял). В 1989 г. Его Святейшество стал первым Нобелевским лауреатом, отмеченным за заботу о глобальном сохранении окружающей среды. В заявлении Нобелевского комитета говорится: «Далай-лама основывает свою философию мира на глубоком уважении ко всему живому и на идее всеобщей ответственности, охватывающей все человечество и все живое...»⁴⁶

Книги Его Святейшества Далай-ламы XIV содержат методику размышлений, предназначенную для развития идей и принципов, помогающих людям взращивать в себе лучшие качества. Он призывает, используя разум и чувство, обуздывать эгоизм и порождать альтруизм. Его Святейшество Далай-лама XIV постоянно делает упор на важность стремления к благополучию других. В своих книгах он разъясняет основные буддийские доктрины в доступной для современного человека форме, объясняет, как проникать в глубинную природу явлений, как совершенствовать чистоту ума, пригодную для любого общественного занятия.

Современный темп жизни создает большие психологические проблемы. По данным ВОЗ за последние несколько десятилетий заболеваемость неврозами выросла в 24 раза. Психологи говорят о том, что основные психологические нагрузки человек испытывает у себя дома от своих близких. Сейчас, в эпоху глобального экологического кризиса, к психологическим стрессам прибавились стрессы, связанные с недоверием к техническим объектам. Появились такие болезни, как радиофобия (боязнь радиационного облучения), химиофобия и пр. Эти стрессы приводят к изменениям на психосоматическом уровне. В буддизме накоплены ценные методики, которые дают возможность адекватного восприятия мира, выбора позитивного образа жизни.

Духовный лидер буддистов Его Святейшество Далай-лама XIV принимает участие во многих научных конференциях, посвященных когнитивным исследованиям. «Я думаю, – говорит он, – что западная наука будет развиваться в сторону синтеза различных отраслей – психологии, биологии и физики...»⁴⁷ Западные ученые также проявляют большой интерес к буддийской психологии. «Мы имеем перед собой древнюю систему, обладающую исключительно тонченным проникновением в природу ума. Мы надеемся, что сможем из нее что-нибудь вынести», – отмечал Ларри Р. Сквайр, профессор Калифорнийского Университета. В 1993 г. в Дхарамсале состоя-

⁴³ *Лама Сона*. Преобразование проблем в радость. – СПб., 1995. – С. 14.

⁴⁴ *Фромм Э.* Иметь или быть? – М., 1990. – С. 194.

⁴⁵ *Судзуки С.* Сознание дзен, сознание начинающего. – Рига, 1995. – С. 128.

⁴⁶ *Далай-лама XIV.* План мира. – М., 1995. – С. 18.

⁴⁷ *Далай-лама XIV.* Этический подход к окружающей среде // Путь к себе. – 1995. – № 3. – С. 22.

лась первая конференция по изучению проблем «ума и жизни». Группа западных ученых провела напряженную неделю в обществе тибетского лидера, обсуждая проблемы науки, начиная от искусственного разума до молекулярной биогеохимии. Они отметили блестящую логику и проницательность научной интуиции Его Святейшества.

Далай-лама с интересом относится к открытиям в области ядерной физики, астрономии и нейробиологии, однако большее число его работ за последнее время посвящено проблеме охраны окружающей среды. Существует притча, рассказанная Буддой, о воине, который, будучи ранен стрелой, не дает ее вытащить. Он говорит: «Прежде я хочу знать, кто пустил в меня эту стрелу, из какого материала она сделана, кто ее изготовил...» Так же и человечество в эпоху глобального экологического кризиса обеспокоено тысячами разных проблем и не отдает отчета в том, что с гибелью планеты решение всех этих проблем не будет иметь никакого смысла. В своей книге «On the Environment» Его Святейшество пишет: «Нетрудно простить разрушительные действия, совершенные в прошлом, которые происходили по невежеству. Однако сегодня у нас больше информации, и важно с этических позиций пересмотреть то, что мы унаследовали, и мы ответственны за то, что передадим следующим поколениям»⁴⁸.

В разных странах мира во время своих визитов, Далай-лама выступает в университетах, буддийских центрах и на публичных встречах, шаг за шагом совершая миссию доброты и сострадания. Его выступления обращены ко всему человечеству, а не только к буддистам и религиозным людям. В них говорится о значении доброты, любви и сострадания для общественного устройства. Он говорит о том, что человеческое общество начинается с людей, а особенно с признания их права на счастье. Основным источником человеческого счастья являются любовь и сострадание. В Тибете есть поговорка: «Все болезни могут быть излечены бодхичиттой», то есть любовью и состраданием. В том числе и болезни общества. Сочинения Его Святейшества Далай-ламы XIV проникнуты его глубоким личным состраданием ко всем людям. Он много размышляет о причинах кризиса современного общества, пытается уловить ход мысли обычного среднего человека и разговаривать с ним на его языке. Предлагает своеобразную теорию разумного эгоизма, убеждая, что для счастья человеку нужны сочувствие и со-радость других людей, и для этого необходимо испытывать к ним такие же чувства. Его Святейшество Далай-лама XIV шутит: «Если действительно хочешь быть эгоистичным, будь очень альтруистичным! Следует хорошенько заботиться о других, быть заинтересованным в их благосостоянии. Результат? Когда тебе самому потребуется помощь, ты найдешь множество помощников! Если же вы пренебрегаете счастьем других, то в конечном счете проиграете»⁴⁹. «Если уж вы эгоист, то проявляйте в своей эгоистичности мудрость и широту взглядов»⁵⁰.

Его Святейшество Далай-лама XIV полемизирует с теми, кто считает, что в природе человека заложено насилие. Если бы люди были изначально агрессив-

ны, то природа наделила бы их острыми клыками и когтями. Человек не является изначально хищником. «О генетической приспособленности человека к растительной пище свидетельствуют его жевательный аппарат, наличие червеобразного отростка – аппендикса, более низкая, чем у хищников, температура тела»⁵¹. «Я глубоко верю в то, что человек по своей природе является очень добрым существом, и поэтому мне кажется, что мы можем не только сохранять добрые и мирные отношения с окружающими нас людьми, но также распространить это отношение на окружающую среду»⁵².

Осуществляя свою миссию Учителя, Его Святейшество Далай-лама XIV ежегодно дает наставления для тысяч людей по принятию обета бодхичитты. Тысячи людей обещают своему Духовному Учителю не совершать зло сознательно, практиковать доброту и сострадание. Он обращается к людям: «Если вы сейчас не имеете возможности для добрых дел, то хотя бы не вредите другим». У многих вызывает удивление, что Далай-лама дает многотысячной аудитории тайные тантрические наставления. Дело в том, что он острее других видит критическое состояние человечества и пытается своими средствами помочь людям стать мудрее и осознать свою ответственность за жизнь на планете.

Нужно обратить внимание на его нетривиальный подход к разрешению глобальных проблем современности. Он не верит в эффективность движений и идеологий. Почему? «...Мне не нравится практика учреждения организаций для содействия распространению конкретной идеи, что подразумевает, что только одна группа людей отвечает за достижение данной цели, в то время как остальные освобождены от этого. ...Каждый из нас должен взять на себя свою долю всеобщей ответственности»⁵³. Эта позиция требует моральной зрелости каждого члена общества. В современном мире наблюдается обратная тенденция, когда общество снимает с человека ответственность и многие виды бытийных экзистенциальных обязательств, в частности, воспитание детей, уход за больными и стариками, терпимое отношение к людям с аномальной психикой. Люди, не подходящие под общественные стандарты благополучия, оказываются в своеобразных резервациях (интернаты, лечебницы и т. д.), как бы исключенные из жизни общества. Будучи великой духовной личностью, Далай-лама видит негативные черты такого общественного выбора. Люди, не имеющие обязательств перед близкими, не сумеют проникнуться ответственностью и за судьбу планеты. Поэтому Его Святейшество Далай-лама XIV предлагает для начала развивать экологию повседневных личных взаимоотношений, перерастающую в заботливое отношение к другим живым существам и природе.

Его Святейшество Далай-лама XIV, будучи волею судьбы единовластным правителем Тибета, начал свое правление с обнародования демократической конституции, основанной на буддийских принципах и Всеобщей декларации прав человека. Будучи главой буддийской церкви, он не является апологетом буд-

⁴⁸ His Holiness the Dalai Lama. On the Environment. – Dharamsala, 1995. – P. 1.

⁴⁹ Далай-лама XIV. Сострадание и всеобщая ответственность. – М., 1995. – С. 15.

⁵⁰ Далай-лама XIV. Этический подход к окружающей среде // Путь к себе. – 1995. – № 3. – С. 37.

⁵¹ Медкова И.Л., Павлова Т.Н., Брамбург Б.В. Все о вегетарианстве. – М., 1993. – С. 7.

⁵² His Holiness the Dalai Lama. Ecology and the Human Heart // My Tibet. – L., 1990.

⁵³ Далай-лама XIV. Сострадание и всеобщая ответственность. – М., 1995. – С. 23.

дийской религии и отрицательно относится к миссионерству как к форме насилия над личностью. «Я всегда полагал, что наличие разных религий и разных философских учений много лучше, нежели одна-единственная религия или философия. Необходимость такого разнообразия вызвана различиями в душевных склонностях разных людей. Каждая религия обладает рядом уникальных идей и методов; их знание может только обогатить вашу собственную веру...»⁵⁴

Во всех своих книгах и выступлениях Его Святейшество Далай-лама XIV старается привить людям чувство всеобщей ответственности за будущее планеты. «Миру и сохранению жизни на Земле, какой мы ее знаем, угрожают действия со стороны людей, не придерживающихся гуманитарных ценностей. Разрушение природы и природных ресурсов происходит от невежества, алчности и неуважения к живым существам... Многие люди в прошлом также считали природу неисчерпаемой, что, как мы знаем сейчас, может быть верно, только если мы заботимся о ней. Нетрудно простить разрушения, произведенные в прошлом по невежеству. Однако сегодня нам доступно больше информации. Важно пересмотреть с этических позиций то, что мы унаследовали, за что ответственны и передадим будущим поколениям»⁵⁵.

Отмечая роль науки в решении глобального экологического кризиса, он говорит: «...Научное исследование и научный прогресс должны происходить вкупе с медитативным исследованием и прогрессом духовным, поскольку наука и духовное познание обладают сходной сферой интересов»⁵⁶. «Без альтруистической мотивации ученые не могут отличать полезные технологии от просто выгодных»⁵⁷. Чем сложнее наука, тем должен быть выше нравственный облик ученого.

Его Святейшество Далай-лама XIV является почетным доктором семи ведущих университетов мира в знак признания его трудов по буддийской философии и его заслуг в деле служения на благо мира.

Всех, кому посчастливилось встретиться с ним во время его выступлений в разных частях мира, трогает его простота и добросердечие. Основным мотивом его деятельности является забота о мире. Он несет послание любви, сострадания и прощения и является одной из самых выдающихся личностей современного мира.

По мере роста в индустриальном мире свободы личности и индивидуальных потребностей возникает вопрос, сможем ли мы выжить на планете десяти миллиардов эгоистов? Перспективы выживания человека и человечества буддисты связывают с изменением образа жизни и стиля мышления людей, с формированием духовно-этической сферы (это-сферы), экологического сознания. В этом отношении буддизм представляет собой серьезную альтернативную основу экологического мышления и деятельности. «Сегодня быть буддистом – это геополитический акт, дающий нам духовное пространство, в рамках которого мы можем отказаться от ценностей технократической цивилизации»⁵⁸.

⁵⁴ Далай-лама XIV. Сотрудничество между мировыми религиями // Путь к себе. – 1995 – № 3. – С. 17.

⁵⁵ His Holiness the XIV Dalai Lama. On the Environment. – Dharamsala, 1995. – P. 19.

⁵⁶ Далай-лама XIV. Обоснование, наука и духовные ценности // Путь к себе. – 1995 – № 3. – С. 21.

⁵⁷ Далай-лама XIV. Сострадание и всеобщая ответственность. – М., 1995. – С. 23.

⁵⁸ Buddhism and Ecology. – London. 1992. – P. 3.

Буддийская практика покоится на любви и уважении ко всему, что нас окружает. Суть экологической этики буддизма заключена в следующих словах Будды: «Не совершай зла, но практикуй все доброе и держи свое сердце в чистоте».

Буддийская экзистенция: человек и мир

Авидья и принцип осторожности

«Если мы нуждаемся в глобальной перестройке основ человеческого сознания, то необходимо перестроить самые основы интенций ума и чувства. Способность создания образов в общем бытии человека – его способность „видеть“ существование иначе, в радикальной новой системе отнесения (и не только интеллектуальной) и „чувствовать“ существование вновь девственно – эта способность должна обрести новый сознательно-творческий характер. Мы можем многое узнать об этом из философии Древней Индии...»

Д. Радьяр

Одним из важнейших понятий буддийской философии является *авидья* (неведение). Именно *авидья* удерживает живое существо в круговороте бытия (*сансаре*). В буддийских текстах говорится: «Из неведения возникают *сансары* (побуждения); из *санскар* – сознание; из сознания возникают имя и форма; из имени и формы возникают шесть областей (пять органов чувств и ум); из шести областей возникает соприкосновение; из соприкосновения – ощущение; из ощущения – жажда; из жажды возникает привязанность; из привязанности – становление; из становления возникает рождение; из рождения возникают старость и смерть, скорбь и стенания, страдания, уныние и отчаяние»⁵⁹. Эта цепь обусловленности (*пратитья-самутпада*) лежит в основе буддийского понимания *сансары*. Буддизм, как известно, отрицает начало мира. Мир безначален, следовательно, безначална и *авидья*. Ее интенсивность, увеличение или уменьшение зависят от деяний индивида – парциального носителя *авидьи* до достижения им уровня *бодхисатвы*.

Манифестация *авидьи* – обыденное сознание. Оно делит мир на черное и белое, хорошее и плохое, полезное и бесполезное, приятное и неприятное и т. д. Ему кажется, что мир состоит из противоречий, что он неуютен, что кругом много врагов. И это черно-белое сознание старается отдалить от себя то, что ему кажется черным, и приблизить к себе как можно больше того, что ему кажется белым. В борьбе за это индивид погружается в вадворот бытия, обволакивается мраком заблуждений и тем самым укрепляет в себе энергию и волю к сансарической жизни. Это эгоцентрическое сознание и является источником всех проблем, в том числе и экологических. «Как тело человека пронизано чувствительными нервами, так же все понимание вещей пронизано неведением»⁶⁰.

Духовный рост человека начинается с того, что он отходит от черно-белого отношения к миру, видит более глубокие причины земных проблем, осознает причину своих страданий и ищет истинные ценности. В сочинении «Уттаратантра» буддийский мыслитель Асанга пишет: «Индивидуум, осознав, что он тонет в бескрайнем море страданий, должен ис-

⁵⁹ Радхакришнан С. Индийская философия. – Т. 1. – М., 1956. – С. 348.

⁶⁰ Дандарон Б.Д. Буддизм. – СПб., 1996. – С. 10.

кать возможности, как выкарабкаться из этого моря. Размышляя над этим, он должен убедиться в необходимости знания „истины об источнике возникновения сансары“, поэтому эту истину проповедуют после истины страдания. Размышляя дальше, индивид уясняет, что страдание есть результат его пагубных деяний и морального осквернения (клеша), основой которых является существование индивидуального „Я“. А чтобы преодолеть все это, необходимо размышлять о прекращении причины страдания»⁶¹. В этом сочинении Асанга дает анализ первой проповеди Будды (Дхармачакраправартана) в некотором дидактическом ключе. Буддийские учителя бережно относились к психике человека, для каждого уровня развития индивида существует система относительных истин, которые подводят его к Высшей истине. Мы бы назвали этот подход экологически щадящим отношением к сознанию человека.

Все сансарическое существование проникнуто *авидьей* (неведением). Следовательно, в истинах нашего мира также присутствует *авидья*, и поэтому они относительны. Рассмотрим далее некоторые аспекты относительных истин. Будда объяснял их относительность через метафору плота. Представьте, что вам нужно перебраться на другой берег бурной реки. Вы строите плот, переплываете реку, однако разумно ли будет взвалить этот плот себе на плечи и тащить его дальше? Он сослужил вам хорошую службу, но оставьте его и идите дальше. Относительные истины имеют дидактический смысл, но не более. Они являются кончиками пальцев, указывающих на истину, и, конечно, гораздо предпочтительнее пальцев, указывающих в другую сторону.

Восприятие истины также имеет индивидуальный характер. Невозможно передать свое видение другому человеку во всей его полноте. Даже Иисус был распят своими современниками. Даже во времена Будды немногие вняли его проповеди. Чтобы постичь истину, нужно стремиться к ней многие жизни, проделать над собой огромную работу, очистить свой ум от заблуждений и предвзятости. У каждого существа индивидуальная судьба и за плечами множество прожитых жизней, самых разных. Следовательно, и путь к истине у каждого свой. Нет готового рецепта, следуя которому можно попасть в нирвану. Да и само желание *нирваны* считается в праджняпарамитских текстах тонкой эгоистической страстью, омрачающей сознание индивида.

Говоря о духовном росте, ведущем к истине, нужно отметить различие между знанием и пониманием. Еще Гераклит говорил: «Многознание уму не научает». Поверхностное знание, основанное на чужом опыте, не очищает омраченные элементы. Истинное понимание – это понимание, переструктурирующее все элементы потока (*сантаны*) и направляющее их к истинному видению реальности.

Известный востоковед Е.А. Торчинов пишет: «...Описываемое не является реальностью, ибо язык связан с представлениями-понятиями, „ярлыками, надетыми на реальность“, а не с реальностью»⁶². Если вспомнить давний спор номиналистов и реалистов, то буддисты, безусловно, номиналисты. Люди при-

дают слишком большое значение словам, в особенности словам написанным. Наша страна знала времена, когда слова, казалось, вышли из-под контроля людей. Чудовищная война слов, в которой жертвами становились люди. Тогда многие научились молчать, но и молчание считалось подчас крамольным. Привязанность к словам порождает догматизм. Люди, придающие словам слишком большое значение, теряют чувство реальности, слова заменяют им реальность. А ведь в речи реальность уже трижды опосредована, она прошла этапы восприятия, создания образа и вербализации. «Мысль изреченная есть ложь», – предупреждает великий Тютчев. Кому как не ему, поэту, знать цену изреченного слова!

Мы считаем, что привязанность к словам опасна и в деле экологии. Почему? Известный востоковед Т.П. Григорьева пишет: «Осенью 1990 года мне пришлось побывать на Байкале на конференции „Спасем озеро Байкал-Мичиган“... Энтузиасты произносили речи, ратовали за юридические, технологические, экономические меры. Но решения принимаются, а дела не делаются. Это стало трюизмом. Человек с перевернутым сознанием привык делать не то, что говорит, а говорить не то, что думает»⁶³. Действительно, сколько сказано слов об экологии, а «воз и ныне там».

Истинные причины экологического кризиса буддисты видят в усугублении авидьи, в непонимании людьми своих истинных взаимоотношений с миром, в отсутствии ответственности перед будущими поколениями. Осознавая относительность своих знаний о мире, люди должны более осторожно относиться к своей деятельности, последствия которой простираются в будущее на многие века.

Теория отсутствия индивидуального «Я»

Центральным пунктом всего буддийского учения является *канатма*, теория отсутствия индивидуального «Я». Известный бурятский буддолог и буддист Б. Дандарон пишет: «По учению буддистов, понятие индивидуального Я человеческой сущности, или живого существа, лишено постоянной сущности. Индивидуальность – это лишь комплекс связи причин и следствий, это только пространственно-временная конфигурация пяти скандх»⁶⁴.

Для доказательства теории *анатмы* буддисты подробнейшим образом анализируют все составляющие элементы индивидуума. Этот сложный анализ преследует цель искоренения человеческого эгоизма и гордыни, коренящихся в представлениях о душе как неизменной сущности, являющейся основой живого существа. Основные выводы и положения этого анализа даны в сочинении «Абхидхармакоша», которое написал Васубандху в V в. н. э. В нем дается анализ мира и человека с точки зрения теории дхарм. «Под дхармами разумеются „носители“... или субстраты тех элементов, на которые разлагается поток сознательной жизни, то есть субъект и переживаемый им мир – как внешний, так и внутренний»⁶⁵. Сознание и психика не могут быть отделены от физиологических процессов, а они, в свою очередь – от внешних факторов. Поэтому буддисты рассматривают мир и человека как динамическую психофизическую целостность.

⁶¹ Дандарон Б.Д. Элементы зависимого происхождения по тибетским источникам // Гаруда. – 1995. – № 1. – С. 1.

⁶² Торчинов Е.А. О психологических аспектах учения праджняпарамиты (на примере «Ваджрачхедика-праджняпарамита-сутры») // Психологические аспекты буддизма. – Новосибирск, 1991.

⁶³ Григорьева Т.П. Красотой Японии рожденный. – М., 1993. – С. 9.

⁶⁴ Дандарон Б.Д. Буддизм. – СПб., 1996. – С. 10.

⁶⁵ Розенберг О.О. Проблемы буддийской философии. – Петроград, 1918. – С. 60.

Его Святейшество Далай-лама XIV, объясняя это положение буддийской философии, приводит пример из достижений современного естествознания: «Одним из наиболее многообещающих направлений развития современной науки являются квантовая теория и теория вероятностей. Представляется, что они, по крайней мере, в некоторой степени поддерживают идею взаимного происхождения явлений. Хотя я не могу утверждать, что очень ясно понимаю эти теории, но то, что на субатомном уровне становится трудно провести четкое различие между наблюдателем и объектом наблюдения, по-видимому, демонстрирует движение в сторону такого понимания реальности»⁶⁶.

Каким образом отражается в видении буддистов структурное разнообразие мира? Поток *дхарм* можно разделить на группы элементов – *скандхи*, *аятана* и *дхату*. Это деление признается условным и выбирается произвольно в зависимости от удобства использования. Рассмотрим поток как совокупность пяти *скандх*. *Рупа-скандха* (группа чувственного), *ведана-скандха* (группа ощущений), *санджня-скандха* (группа представлений), *санскара-скандха* (группа формирующих сил, представляющих характер индивидуума), *виджняна-скандха* (группа сознания).

Группа чувственного состоит из 11 элементов: видимое, слышимое, обоняемое, вкушаемое, осязаемое, выходящее, слышащее, обоняющее, вкушающее, осязающее и *авиджняпти* (непроявленное, необнаружимое). Обращает на себя внимание то обстоятельство, что воспринимаемое (объекты) находится в одной группе с органами восприятия. Нам приходят на ум кантовские мотивы. Живое существо воспринимает мир лишь настолько, насколько ему позволяют его органы чувств. Люди претендуют на объективность своих суждений, научных выводов и т. д., но по природе своей не могут быть «объективными». Мы не можем сказать, каким является мир летучей мыши, ведь она ориентируется по ультразвуковым колебаниям. Человек должен помнить об ущербности и неполноте своего познания и учитывать невозможность «объективного знания» в пределах чувственного сознания. *Ведана-скандха* включает, в основном, переживания приятного, неприятного и индифферентного.

Санджня-скандху составляют элементы дискурсивного распознавания. «Сущность различения – схватывание общего признака или отдельных чувственных признаков: это длинное, короткое, синее, желтое, мужчина, женщина, друг, недруг, счастье, страдание»⁶⁷. Это способность человека к анализу, которая является основой сознательной жизни.

Санскара-скандха состоит из сил, формирующих поток (*сантану*). В ней несколько десятков элементов, очень важных и требующих детального рассмотрения, но мы рассмотрим лишь несколько, так как основное внимание хотели бы уделить *скандхе* сознания. Самыми важными элементами являются *прапти* (связывающее) и *апрапти* (несвязывающее). Несмотря на то, что постоянно происходит обмен и кругооборот веществ, есть и такой фактор, что разделяет явления, обуславливает их единичность и дает возможность дискурсивного распознавания. *Прапти* связывает элементы в один континуум *дхарм*, а *апрапти* отделяет один континуум от другого. В этой же категории находится элемент *дживита* – карми-

ческий прогноз длительности существования данного континуума, говоря проще, «срок жизни». Элементом, определяющим то, что в данный момент появляются именно эти *дхармы*, является сила рождения (*джати*). Сюда же входят причины (*хету*), их шесть; четыре условия (*прагья*) и пять «плодов» (*пхала*), то есть результатов. Таким образом, *санскара-скандха* определяет характер индивидуума и кармическую обусловленность его жизни.

Виджняна-скандха разлагается на шесть частей: сознание видимого, слышимого, обоняемого, вкусового, осязаемого и сознание нечувственного. Эти части – стороны одного шестиединого сознания. Также в *виджняна-скандху* входит *манас* – сознание предыдущего момента. Благодаря манасу сознание становится непрерывным и последовательным.

Большое внимание в *абхидхарме* уделяется *алая-виджняне*. *Алая-виджняна* переводится как «сознание-сокровищница» и является основным системообразующим понятием школы *виджнянавадинов*. За бесчисленные жизни, прожитые индивидом, в *алае* накоплено множество воспоминаний-следов, и, когда наше сознание с утра до вечера преобразуется в разнообразные формы, подходящие для внешнего мира, эти воспоминания помогают адаптироваться ко всем обстоятельствам. Они создают эффект дежавю, смягчая новизну и непредсказуемость происходящего. *Алаю* можно назвать и историческим опытом. Человек – не случайное явление в этом мире и в это время. Он гораздо более укоренен в мире, чем это может показаться. В прошлых жизнях он творил эту историю, в которой он теперь живет в настоящий момент. В *алая-виджняне* находит свою опору человеческое «Я». Это происходит примерно так. Поток (*сантана*) течет очень давно, вернее, безначально, *дхармы* обуславливают друг друга, их комбинации откладываются в *алая-виджняне* в виде воспоминаний-следов, и объединенный общими воспоминаниями поток начинает воспринимать себя как нечто целое, нечто вечное, то есть появляется заблуждение о наличии некой неизменной субстанции внутри потока в виде души. Тогда человек начинает противопоставлять себя миру, возвращает в себе такие качества, как эгоизм, гордость, зависть, мщение и т. д. Будда в свое время сказал: «Подобно тому, как воды океана имеют один вкус – вкус соли, мое учение имеет один вкус – вкус спасения». Буддисты отрицают идею «Я», души, потому что она, в конце концов, губительна не только для человека, но и для всего мира. Поскольку «Я» имеет опору в *алая-виджняне*, именно этот элемент должен подвергнуться полной трансформации. Тогда можно достичь искоренения таких качеств, как эгоизм, гордость и т. д., даже в их потенциальности. Шестой патриарх чань Хуэйнан назвал мир истинным «Я», а личность – ложным «Я». Примерно такую же позицию мы можем видеть у Карла Юнга. У него становление истинного «Я» происходит через встречу неистинной «персоны» (поверхностного «псевдо-Я») с архетипом самости, который является единством сознания и бессознательного.

Анатма (принцип несубстанциональности) тесно связана с *анитьятой* (принципом изменчивости). Если все непрерывно изменяется, где находится это «Я»? «Будда заменил идею неизменной, вечной души-монады, не способной на рост и развитие, концепцией духовного сознания, жаждущего свобо-

⁶⁶ Далай-лама XIV. Этика для нового тысячелетия. – СПб., 2001. – С. 53.

⁶⁷ Васубандху. Абхидхармакоша. – Улан-Удэ, 1980. – С. 21.

ды и просветления и способного достичь этой высшей цели в ходе непрерывного процесса становления и растворения»⁶⁸.

Основой буддийской философии является идея о нерасчлененности субъекта и объекта, человека и природы, материи и духа. Даже наше физическое тело можно назвать локально существующим только условно. Каждый миг от тела отделяются частички, будь то воздух при выдохе или что-либо еще, и становятся частями других вещей. Углекислый газ становится частью растения. Если его съест корова, а ее какой-нибудь мясоед, то вещество, составлявшее мое тело, будет телом другого человека. Вот как эти процессы описаны У. Шекспиром в «Гамлете»:

КОРОЛЬ: Гамлет, где Полоний?

ГАМЛЕТ: На ужине.

КОРОЛЬ: На ужине? На каком?

ГАМЛЕТ: На таком, где ужинает не он, а едят его самого. Сейчас на него уселся синклит червей со всей земли. Червь, что ни говори, единственный столп всякого истинного порядка. Мы откармливаем всякую живность себе в пищу и откармливаем себя в пищу червям. Возьмем ли толстяка-короля или художу-горемыку – это только два блюда к столу, два кушанья, а суть одна.

КОРОЛЬ: Увы! Увы!

ГАМЛЕТ: Можно вытащить рыбу на червяка, пообедавшего королем, и пообедать рыбой, которая проглотила этого червяка.

КОРОЛЬ: Что ты этим хочешь сказать?

ГАМЛЕТ: Ничего, кроме того, что король может совершить круговые объезды по кишкам нищего.

Мы не являемся монопольными обладателями своего тела. Если мы будем претендовать на это, мы умрем. Осознание необходимости получать что-то извне для поддержания жизни воспитывает в человеке смирение. С другой стороны, отдавание полученного должно сделать нас неэгоистичными. Существует очень простая медитационная практика *анапанасати*, в которой человек просто дышит и осознает свое дыхание. Он не пытается изменить его, дышать чаще, реже, глубже и т. д. Но через дыхание он осознает свою связь со Вселенной, думает таким образом: «Универсум дышит во мне, протекает через меня». В жизни мы абстрагируемся от нашей постоянной связи со всей Вселенной. Однако ритм нашей жизни и физиологические процессы, происходящие в организме человека, зависят от космических величин, от движения и вращения вокруг своей оси планет, звезд, а особенно от «звезды по имени Солнце» (В. Цой). Есть очень интересное медитативное стихотворение ламы Анагарики Говинды, которое называется «Ритм жизни»:

Троичен жизни ритм
принятие,
отдача,
забвение себя,

Вдыхая, я вбираю мир в себя,
А выдыхая, отдаю ему себя,

Опустошенный, я живу в самом себе,
живу
без эго
в высшей пустоте.

Вдыхая, я вбираю мир в себя,

А выдыхая, отдаю ему себя.

Опустошаясь, испытываю изобилие,
Бесформенный, я форму наполняю.

Простые стихи буддийского монаха открывают нам тайны бытия человека во Вселенной. Наши связи с миром очень сложны, автономное существование невозможно, любое явление имеет своей причиной совокупность многих других явлений, о которых мы и не подозреваем. Непосредственно из принципа *анатмы* вытекает понимание пустотности (*шуньяты*). Буддизм отрицает наличие у вещей и явлений их внутренней сущности. Если убрать причины и условия существования чего-либо, то и оно само исчезнет, поскольку не имеет своей внутренней основы. Вещь существует только через взаимодействие с другими. Пустотность вещи «есть ее обусловленность и несубстанциональность, но не есть не-существование. Она существует, но не абсолютно»⁶⁹. Изменяя природу, человек лишает многие биологические виды условий существования, и они вымирают. Возродить вымершие виды совершенно невозможно. На этом примере можно видеть, что нет такого закона, по которому какой-либо вид мог бы существовать вечно. Разнообразии болезней, которыми болеет человек, показывает, сколь от многих причин зависит его жизнь. Нехватка или избыток микродозы какого-нибудь микроэлемента кардинально меняют жизнь человека и направляют ее к «обретению пустотности». Эти принципы наталкивают на мысль о том, что Вселенная – это единство живой и неживой материи, и, когда исчезают виды животных и растений, она сокращается подобно шагреновой коже.

Целостность и взаимообусловленность всего сущего

Фундаментальной идеей буддийской философии является нерасчлененность субъекта и объекта, человека и природы, материи и духа. Буддисты рассматривают мир и человека как динамическую психофизическую целостность. Характер и направленность этой динамической психофизической целостности, которую называют «поток» (*сантана*), задает принцип абсолютной изменчивости (*анитьята*).

Существует мельчайший момент времени – *кишана*, который по подсчетам А.М. Пятигорского равняется 1/75 доле секунды. Комплекс *дхарм* возникает и длится одну *кишану*, затем уходит, и на смену ему приходит следующий. Воистину, и однажды нельзя войти в эту реку. Подобно времени «поток» необратим, и ни одна *дхарма* не переходит из *кишаны* в *кишану*. *Анитьята* буддистов сродни диалектике Гераклита, и они также используют метафору горения. В смене времен *дхармы* связаны друг с другом законом *кармы*, но закон *кармы* нельзя назвать жесткой детерминацией. *Анитьята* (принцип абсолютной изменчивости) имеет глубокое экологическое значение. Она поднимает проблему невечности сфер психокосма, подверженности этих сфер разрушению. «Отсутствует вечный *атман* как творящее начало мироздания, отсутствует вечная целостность как субстрат новых рождений»⁷⁰. Только постоянные усилия живущих делают этот мир лучше, без этой установки на культивирование

⁶⁹ Тэндар Ж. Концепция внеязыковой реальности // Ступени. – 1994. – № 1. – С. 155.

⁷⁰ Розенберг О.О. Проблемы буддийской философии. – Петроград, 1918. – С. 60.

⁶⁸ Лама Анагарики Говинда. Творческая медитация и многомерное сознание. – М., 1993. – С. 11.

добра мир деградирует, и страдание, перманентно присущее сансаре, принимает грубые формы. *Ани-тьята* означает не только изменчивость мира, но и необратимость его прежних состояний. Это положение в экологической литературе носит название «закона Долло». Он постулирует векторный характер развития. Нельзя прожить жизнь наоборот, нельзя повернуть историю государства вспять, невозможно повернуть обратно эволюцию планеты. Дайсэцу Судзуки говорит об этом так: «Если мир воспринимается как статичный, он не имеет за собой реальности, он является *Майей*; мир должен быть схвачен в движении, в становлении, в переходе от одного состояния бытия к другому. Как только это движение пресекается, он превращается в труп»⁷¹. Мир и человек в ходе буддийского философствования предстают как развернутая во времени текучая реальность, и такое видение очень высоко оценивается в буддийской среде.

В XX веке эту истину пытались донести до людей экзистенциалисты. Так же как и буддисты, они смело заглянули в глаза времени, но испытали шок от необратимости происходящего, от неуклонной поступи Хроноса. Они увидели, как наши шаги, становясь прошлым, остаются там навсегда, увидели быстротечность и ирреальность человеческого бытия. Они, подобно Сиддхартхе Гаутаме, удивились тому, что «... люди живут так, будто они бессмертны. Они обманывают себя, и смерть застаёт их врасплох» (М. Хайдеггер). Они ощутили глубинную связь с бытием, разворачивающимся здесь и сейчас, и почувствовали ответственность за все происходящее. Вспомним Ж. Сартра: «Если ты идешь на войну, это твоя война». В мире свободы ты ответствен за каждый свой шаг. Духовные дети экзистенциалистов послевоенной Европы – движение Greenpeace. Активисты «зеленого движения» здесь и сейчас борются с породой «бесмертных», пытаясь оставить планету другим, тем, кто придет после нас.

Из *ани-тьяты* вытекает принцип взаимообусловленности всего сущего. Наши связи с миром очень сложны, и автономное существование невозможно, любое явление имеет своей причиной совокупность многих других явлений; лишь благодаря многим причинам каждая вещь поддерживает свое существование. Взаимообусловленность мира можно усмотреть даже в обычной человеческой любознательности. Почему мы с утра включаем радио и телевизор и слушаем новости со всего мира? Нам важно знать, как живут другие, мы ощущаем бытийную связь со всеми остальными. Почему наши женщины плачут над судьбой какой-нибудь мексиканской Марии: у них одна природа. Все взаимосвязано в этом мире. Такое мироощущение ярко выражено в творчестве Миларепы⁷²:

Отец-монах пребывает в горах,
А я, Райчун, скитаюсь по Каму.
Обособлены наши рожденные тела,
Но тождественно у нас тело дхармы –
И мы встретимся с ним в Акиниште.

Здесь прослеживаются важные онтологические моменты буддийской философии, которые имеют прямое отношение к экологической этике. Мир целостен.

⁷¹ Судзуки Д.Т. Дзен-буддизм. – Бишкек, 1993. – С. 458.

⁷² Философские вопросы буддизма. – Новосибирск, 1984. – С. 35.

Любая его частица связана со всеми другими множественностью связей. И, совершая любое действие, мы должны знать, что от этого зависит судьба Вселенной. Всех нас связывают воедино такие две реальности, как пространство и время. Целостность мира буддисты поэтически отождествляют с «драгоценным ожерельем Индры». Каждый драгоценный камень в нем отражается во всех, и все отражаются в одном.

Принцип целостности Вселенной в наиболее завершенном виде описан в одном из самых почитаемых в буддизме текстов – «Аватамсака-сутре»⁷³. Название этой сутры переводится «цветочная гирлянда», и считается, что она была записана со слов Будды после его просветления. В ней дано описание опыта мистического соединения с Высшей Реальностью и основные принципы построения Универсума.

1. Взаимная связь – все вещи существуют во времени и пространстве.
2. Совершенная свобода – всякое бытие сочетается с другим без помех.
3. Взаимное проникновение вещей – многое в одном и одно во многом.
4. Взаимное отождествление – все в одном и одно во всем.
5. Дополнительность – скрытое и явленное составляют, взаимодополняясь, одно целое.
6. Созидание – путем взаимного проникновения легких и тяжелых вещей.
7. Взаимное отражение – как сеть Индры, состоящая из драгоценных камней, каждый из которых отражает все остальные и сам отражается во всех.
8. Разъяснение истины фактическими примерами.
9. Различно завершающиеся периоды времени складываются в одно бытие.
10. Полнота, в которой главное и второстепенное гармонически сочетаются.

Анализируя экологические закономерности, открытые современными учеными, во многом мы видим созвучия с положениями «Аватамсака-сутры». Например:

Первое положение сутры о взаимной связи вещей и явлений в пространственно-временном континууме перекликается с принципом экологического мутуализма. Это глобальное свойство, обусловленное влиянием целого на части, обратного воздействия частей на развитие целого, в сумме ведущего к сохранению стабильности всей системы биосферы. Этот принцип может быть дополнен законом об упорядоченности заполнения пространства и пространственно-временной определенности. «Заполнение пространства внутри природной системы упорядочено таким образом, что позволяет реализоваться гомеостатическим свойствам системы с минимальными противоречиями между частями внутри нее»⁷⁴.

Все эти законы экологии также соответствуют второму положению сутры о взаимосочетании явлений. Об отсутствии явных антагонизмов в Универсуме говорят и правило внутренней непротиворечивости, и правило взаимоприспособляемости (из правила Мебиуса-Морозова следует, что в естественных биоценозах, в природе не существует полезных и вредных

⁷³ Штейнер Е.С. Иккю Содзюн. – М.: Наука, 1987. – С. 235.

⁷⁴ Реймерс Н.Ф. Системные основы природопользования // Философские проблемы глобальной экологии. – М., 1983. – С. 121–161.

птиц, полезных и вредных насекомых, там все служит друг другу и взаимно приспособлено).

Третье положение сутры о взаимном проникновении иллюстрируется принципом экологической комплементарности и принципом экологической конгруэнтности. Никакая функциональная часть экосистемы не может существовать без других функционально дополняющих частей. Функционально дополняя друг друга, живые составляющие экосистемы вырабатывают для этого соответствующие приспособления, скоординированные с условиями абиотической среды, в значительной мере преобразуемой теми же организмами.

Тождественность вещей характеризуется, по крайней мере в рамках нашей планеты, общебиосферным законом физико-химического единства живого вещества, сформулированным В.И. Вернадским: все живое вещество Земли физико-химически едино. Сюда же можно отнести закон взаимозаменяемости факторов: отсутствие или недостаток некоторых экологических факторов может быть компенсировано другим близким фактором. Также правило замещения экологических условий: любое условие внешней среды в некоторой степени может замещаться другим.

Пятое положение «Аватамсака-сутры» соответствует принципу дополнительности Нильса Бора: две взаимосвязанные, но различные материальные системы дополняют друг друга в своем единстве и противоположности.

Созидание через взаимодействие шестого положения сутры демонстрирует сформулированный Н.Ф. Реймерсом закон внутреннего динамического равновесия: вещество, энергия, информация и динамические качества отдельных природных систем и их иерархии взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих показателей вызывает сопутствующие функционально-структурные количественные и качественные перемены, сохраняющие общую сумму вещественно-энергетических, информационных и динамических качеств систем, где эти изменения происходят, или в их иерархии⁷⁵.

Седьмое положение о взаимном отражении сформулировано в экологическом правиле, сформулированном С.С. Шварцем: каждое изменение условий существования прямо или косвенно вызывает соответствующие перемены в способах реализации энергетического баланса организма. И в какой-то мере его отражает принцип экологического соответствия: форма существования организма всегда соответствует условиям его жизни⁷⁶.

Восьмое положение подтверждается всей опытно-экспериментальной информационной базой современного экологического знания.

Девятому положению о едином бытии разных периодов времени соответствует принцип гетерогенезиса живого вещества. «Единство живого вещества биосферы и гомологичность строения ее подсистем приводят к тому, что эволюционно возникшие на ней живые элементы различного геологического возраста и первоначального географического происхождения сложно переплетены»⁷⁷. Из приведенной цитаты мы видим, что имеет место

взаимозависимость вещей и явлений, не только сосуществующих в одном временно-пространственном промежутке, но и существовавших миллионы лет назад, поскольку ранее существовавшие формы жизни сформировали то геологическое строение планеты, которое мы имеем на сегодня и которое является средовой основой существования форм жизни. Своеобразную диалектику девятого положения отражает правило прерывистого равновесия С. Гулда и Н. Эддреджа⁷⁸.

В объяснении последнего, десятого положения мы возвращаемся к мутуализму, с которого начали наш сравнительный анализ. «Подсистемы одной природной системы в своем развитии обеспечивают предпосылку для успешного развития и саморегуляции других подсистем, входящих в ту же систему»⁷⁹. Если человечество будет следовать закону самоконтроля и саморегуляции живого, то целостность биосферы может быть сохранена.

В «Аватамсака-сутре» обращает на себя внимание внутренняя непротиворечивость ее положений, отсутствие непримиримых противоположностей, гармоничная целостность возникающей картины мира. Основой взаимоотношений между существами, явлениями, вещами является сотрудничество. Отсутствие самостоятельного бытия явлений не приводит к отрицанию явленного мира, но привязывает их к Универсуму. Явление – это онтологическая склонность Универсума к проявлению себя таким образом. Устранение дуальной картины мира дает осознание неразделенной целостности, которая неизвестна обыденному сознанию и открывается лишь на уровне универсального сознания.

Сравнительный анализ «Аватамсака-сутры», построенный на методе аналогии, сулит многообещающие перспективы изучения буддийских первоисточников с позиций современной науки. Современные буддийские философы: Далай-лама XIV, Чограм Тругпа, Геше Джампа Тинлей – предлагают приведение буддийской философии в соответствие с данными современной науки. Будда говорит в сутре: «Монахи и ученые мужи должны тщательно обдумать мои слова, как золото, которое следует проверять – посредством расплавления, разрезания и шлифовки; лишь затем принять их»⁸⁰.

Заключение:

концепция универсального сознания

Теперь логично перейти к вопросу о практике переструктурирования сознания с помощью пяти *дхьяни-Будд* – Будд сознания. Их число связано с числом *скандх*, описанных ранее. В личности просветленного человека каждая *скандха*, имевшая своей сутью удержание существа в *сансаре*, трансформируется в аспект просветленного сознания. Ниже дается описание трансформации *скандх* по мотивам работы Б.Д. Дандарона «Содержание мантры „Ом-ма-ни-пад-мэ-хунг“».

Руна-скандха трансформируется в зеркалоподобную мудрость. Ее олицетворяет *дхьяни-Будда* Акшобхья. Это интроспективный вид сознания, осознающий тело как микрокосм, в котором, как в зеркале, отражаются все изменения макрокосма.

⁷⁵ Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994. – 366 с.

⁷⁶ Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. – М.: Наука, 1980.

⁷⁷ Реймерс Н.Ф. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994. – С. 130.

⁷⁸ Gould S.J., Eldredge N. Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered. Paleobiology. – 1977. – Vol. 3: 115–151.

⁷⁹ Реймерс Н.Ф. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994. – С. 130.

⁸⁰ Далай-лама XIV. Этический подход к окружающей среде // Путь к себе. – 1995. – № 3. – С. 19.

Ведана-скандха трансформируется в равностную мудрость. Ее олицетворяет *дхьяни*-Будда Ратнасамбхава. Это коммуникативный вид сознания, осознающий равенство всех существ в Универсуме, их общую природу и поэтому являющийся основой для бодхичитты.

Санджня-скандха трансформируется в различающую (аналитическую) мудрость. Ее олицетворяет *дхьяни*-Будда Амиитабха. Это интроспективный вид сознания, осознающий на фоне всеобщего единства различия каждого момента, ситуации, индивидуальных особенностей живых существ.

Санскара-скандха трансформируется во всеисполняющую мудрость. Ее олицетворяет *дхьяни*-Будда *Амогхасиддха*. Это коммуникативный вид сознания, благодаря которому просветленное существо действует, не причиняя вреда, распознает последствия действий, в силу чего его деятельность свободна от кармы.

Виджняна-скандха трансформируется в мудрость универсального закона (*дхарма-дхату*). Ее олицетворяет *дхьяни*-Будда Вайрочана. Это интегрирующий вид сознания, в котором координирующая способность ума трансформируется в знание универсального закона бытия и в своей основе имеет пустоту (*шунью*). У существ потенциально есть такое сознание, которое идентично Универсуму и потому способно улавливать глубинные законы бытия. Это положение напоминает удивительное по красоте высказывание Блеза Паскаля: «Постараемся же мыслить достойно, ибо мыслью мы охватываем Вселенную»⁸¹.

Концепция трансформации *скандх* в различные виды просветленного сознания занимает видное место в буддийской канонической литературе. Она составляет основу единого универсального сознания, и жизнь самого Будды является примером того, как от ограниченного человеческого существования можно прийти к состоянию бодхисатвы.

Нельзя сказать, что единое универсальное сознание являлось прерогативой буддийской мысли. основоположник неоплатонизма Плотин писал: «Знание имеет три степени – мнение, наука, озарение. Средством или орудием первого является рассудок, второго – диалектика, третьего – интуиция. Последнему я подчиняю разум. Это абсолютное знание, основанное на тождестве познающего ума с познаваемым объектом». Николай Кузанский, один из самых ярких представителей эпохи Возрождения, считал, что «мудрость... выше всякого знания, непознаваема, и невыразима никакими словами, и неуразумеваема никаким разумом, неизмерима никакой мерой, ...неопределима никаким определением, ...неотрицаема в любом отрицании, не допускает мнения... И поскольку она остается невыразимой для любого красноречия, ...ибо то, – писал он, – в чем и из чего существуют все вещи, остается немислимым для любого мышления». И, наконец, величайший мистический поэт нашего времени Райнер Мария Рильке говорит следующее: «Мне все больше кажется, будто наше обычное внутри нас и расширено до такой степени, что чем дальше мы способны спуститься в него, тем больше в него включены те данные земного и универсального существования, которые не зависят от времени и пространства».

Само слово «сознание» («со-знание») говорит о том, что оно принадлежит не одному человеку, а всему человечеству. Бернард Шоу в свое время говорил:

⁸¹ Суждения и афоризмы. – М.: Политиздат, 1990. – С. 237.

«Если мы обменяемся яблоками, то у нас будет по яблоку, а если мы обменяемся идеями, то у каждого из нас будет по две идеи». Общее ментальное поле создает возможность для нашего общения и возможность для понимания. Тем, кто осознает его присутствие всюду, нет нужды в словах. Будда бросает взор на цветок, а Кашьяпа улыбается ему в ответ. Это диалог людей, находящихся в одном сознании. Такой универсальный тип сознания называется сознанием *праджняпарамиты*. С *праджняпарамитой* ассоциируется ряд буддийских сутр, составляющих основу учения. Известные буддологи Е.А. Торчинов, А.А. Терентьев, С.Ю. Лепехов, Л. Мьялль изучили и перевели на русский язык следующие сутры:

- 1) Ваджраччхедика-праджняпарамита-сутра;
- 2) Праджняпарамита-хридая-сутра;
- 3) Каушика-праджняпарамита-сутра;
- 4) Праджняпарамита-экашара;
- 5) Аштасахасрика-праджняпарамита-сутра.

Эти сутры считаются максимально, насколько позволяют языковые средства, отражающими истинную реальность. Они очень трудны для восприятия, их отличает особая *праджняпарамитская* логика. А.М. Пятигорский называет ее метафизической многозначной логикой. Они созданы просветленными существами, *бодхисатвами*, и те, кто способен воспринять их адекватно, также становятся просветленными. В «Аштасахасрика-праджняпарамита-сутре» типология живых существ построена на способности восприятия и порождения *праджняпарамитских* текстов. Российский философ Г. Померанц сравнивает *бодхисатв* и знание, которое они представляют, с отверстиями в Абсолютную реальность.

Это знание рождает у людей чувство сопричастности ко всему, что происходит в Универсуме. Его называют всеведением, но оно не значит знания каждой детали, а означает распознавание истинной природы любого явления, умение видеть в единичном единое. Будду называют «*Татхагатай*», отмечая в нем способность видеть реальность без опосредования (*татхату*), то есть «таковость» мира.

Чтобы достичь этого уровня знания, практик должен культивировать в себе *бодхичитту*. Геше Джампа Тинлей назвал ее «философски увлажненными» добротой и состраданием. Без *бодхичитты* любое знание считается пустым и бесполезным. И действительно, логика без нравственности превращается в логику безнравственности; психология без нравственности – в психологию безнравственности; свобода без нравственности – в свободу безнравственности; наука без нравственности – в науку истребления. Доброта и сострадание должны быть побуждающими мотивами познания мира.

Какие же принципы буддийской философии нам кажутся наиболее важными для формирования экологической парадигмы мышления?

Во-первых, видение мира в динамике, становлении.

Во-вторых, система относительных истин, применяемая как противоядие от догматизма.

В-третьих, нравственная основа научного знания.

В-четвертых, ненасильственное мышление и отсутствие репрессивных научных методов.

В-пятых, поступательное движение разума к

универсальному сознанию, постулирующему единство микрокосма и макрокосма.

Между микрокосмом человека и макрокосмом Вселенной существует согласованность ритмов эволюций. Буддийская философия обосновывает творческое соучастие человека в едином мировом синергетическом процессе. Согласно буддизму, творческую эволюцию Вселенной определяет ноо-космогенез, энергия сознания. «Все существующее (*дхаммы*) обусловлено мыслью», – говорил Будда. Если мир ведом разумом, то именно человек должен

взять на себя ответственность за дальнейшую коэволюцию человека и природы. Но как восстановить разорванное единство человека и природы, как достичь гармонии с миром?

Измените свое осознание – и вы будете жить в другом мире, испытывать другую реальность! Для преодоления экологического кризиса необходима смена ценностной ориентации общества, стиля мышления людей. Осмысление экологического наследия буддизма может способствовать формированию духовных основ новой цивилизации, основанной на гуманитарной экологии.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

АВДЕЕВА ТАТЬЯНА ГЕОРГИЕВНА,

окончила факультет международных экономических отношений Московского государственного института международных отношений. Работала в МИД СССР/России, в том числе в Найроби сотрудником постоянного представительства России в Программе ООН по окружающей среде и в Нью-Йорке сотрудником постоянного представительства России при ООН, участвовала в работе российских делегаций на международных конференциях по экологии и экономике. С 2005 по 2011 г. – старший научный сотрудник Института актуальных международных проблем Дипломатической академии МИД России. С 2012 г. – сотрудница Посольства России в Мексике. Сферы профессиональных интересов: глобализация, международное экологическое сотрудничество, переговорный процесс по проблеме изменений климата, экологическая и экономическая безопасность России. Имеет более 40 научных публикаций по проблемам окружающей среды и устойчивого развития, автор монографии «Лабиринты климатической дипломатии» (2012 г.).



ший инженер, аспирант, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией Института торфа АН БССР, с 1976 г. – заведующий лабораторией Института природопользования Национальной академии наук Беларуси. Разработал теорию разложения и гумификации органического вещества в болотной среде разного генезиса. Установил общие закономерности минерализации и трансформации органического вещества почв, выявил взаимосвязь между экологическими условиями почвообразования, химическим составом, молекулярной структурой органических соединений и темпами их минерализации. Выделил эколого-генетические группы торфяных почв и разработал дифференцированные методы их использования и охраны, обеспечивающие сохранение органического вещества и предотвращение загрязнений воздушного бассейна, поверхностных и подземных вод продуктами разрушения почв. Установил особенности биогеохимических циклов углерода и азота в почвах и болотах и доказал, что болота выполняют функцию переходного звена между биогенным и геологическим круговоротами этих элементов. Разработал научные основы новой отрасли науки и хозяйства – болотоводства. Разрабатывает пути и методы биосферно-совместимого использования природных ресурсов болот и почв с учетом их общепланетарных функций. Автор более 350 научных работ, в том числе 5 монографий, 25 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

АЙСУЕВА ТАТЬЯНА САНЖАЕВНА,

выпускница физического факультета Иркутского государственного университета, кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории Рентгеновских методов анализа Института геохимии Сибирского отделения РАН (г. Иркутск). Область научных интересов – рентгенофлуоресцентный анализ природных сред, экология, экогеохимические исследования территорий. Автор или соавтор 60 публикаций.



ВОЛКОВ ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ,

профессор, доктор химических наук, кандидат технических наук, главный научный сотрудник Института неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения РАН, лауреат Ленинской премии. Выпускник Уральского политехнического института (Свердловск). Работал на Сибирском химкомбинате Томск-7, а с 1964 г. – в Институте неорганической химии СО РАН (руководитель группы химии гидридов). Специалист по химии гидридов бора, их кластерных и полимерных систем, тетрагидроборатов металлов, механохимических реакциях синтеза и термолитиза, применениях результатов в машиностроении и электронике. Руководитель и консультант четырех кандидатских и трех докторских диссертаций. Автор и соавтор 250 статей и 37 изобретений, имеет зарубежные патенты. Награжден тремя медалями.



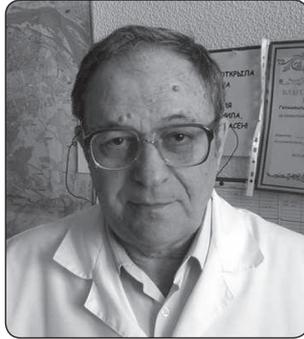
БАМБАЛОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Национальной академии наук Беларуси. Родился в 1938 г. в г. Шаталово Смоленской обл., окончил Белорусскую сельскохозяйственную академию в 1961 г. В 1962–1976 гг. – младший научный сотрудник, стар-



ГЕЛАШВИЛИ ДАВИД БЕЖАНОВИЧ,

доктор биологических наук, профессор. Родился в 1946 г. в г. Старый Самбор, окончил Горьковский государственный университет им. Н.И. Лобачевского в 1970 г. В настоящее время заведует кафедрой экологии биологического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. Область научных интересов: экология сообществ, фракталы. Участник и руководитель грантов РФФИ, член редколлегии «Поволжского экологического журнала», автор более чем 200 научных публикаций, в том числе 7 монографий, лауреат премии Правительства РФ в области науки.

**ГРЕБЕНЩИКОВА ВАЛЕНТИНА ИВАНОВНА,**

доктор геолого-минералогических наук, окончила Иркутский государственный университет, с 1971 г. работает в Иркутске в Институте геохимии СО РАН, где в настоящее время заведует лабораторией. Профессор кафедры геохимии ИГУ, где читает курс лекций «Геоэкология Байкальского региона». Специалист по геохимии компонентов окружающей среды (снег, почва, вода, донные осадки и др.). Автор более 200 научных работ, в том числе 5 монографий.

**ДОРЖИГУШАЕВА ОЮНА ВЛАДИМИРОВНА,**

кандидат философских наук, родилась в 1965 г. в с. Кижинга Бурятской АССР, в 1990 г. окончила философский факультет Уральского государственного университета им. А.М. Горького. Доцент кафедры философии Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. В 1996 г. защитила диссертацию на тему «Философские основания экологической этики (на примере буддийской традиции)». Область научных интересов: экологическая этика, буддизм, толерантность, глобальное и локальное в буддийских сообществах, экологические традиции и обычаи народов Байкальского региона. Принимает активное участие в работе республиканской общественной организации помощи детям, находящимся в трудной жизненной ситуации, «Дети Байкала». Занимается просветительской природоохранной деятельностью.

**ИВАНОВ ВИКТОР ПЕТРОВИЧ,**

доктор юридических наук, действительный государственный советник Российской Федерации 1 класса, родился в 1950 г. в Новгороде. После окончания Ленинградского электротехнического института связи имени М.А. Бонч-Бруевича служил в Советской Армии, затем работал инженером научно-производственного объединения «Вектор» в Ленинграде. С 1977 г. – в органах государственной безопасности, где прошел путь от оперуполномоченного районного отдела Управления КГБ СССР по Ленинградской области до заместителя директора ФСБ России. В 1987–1988 гг. находился в служебной командировке в Демократической Республике Афганистан. С 2000 по 2004 г. работал заместителем руководителя Администрации Президента Российской Федерации. С 2004 по май 2008 г. – помощник Президента Российской Федерации. В 2008 г. Указами Президента Российской Федерации назначен Директором Федеральной службы Российской Федерации по контролю за оборотом наркотиков и утвержден членом Совета Безопасности Российской Федерации. Удостоен государственных наград, в том числе орденов Почета, За заслуги перед Отечеством II и IV степени, За военные заслуги.

**ИВЛЕВ ЛЕВ СЕМЕНОВИЧ,**

профессор, почетный работник высшего образования РФ, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета. Родился в 1936 г. в Ленинграде. В 1959 г. окончил физический факультет Ленинградского государственного университета. В 1960–1963 гг. руководил группой космических лучей обсерватории «Дружная» на о. Хейса (Земля Франца Иосифа). С 1962 г. по настоящее время – сотрудник института физики им. В.А. Фока (СПбГУ), где под его руководством была организована лаборатория физики аэрозолей и проведены пионерские исследования по микроструктуре и элементному составу стратосферных и вулканических аэрозолей и моделированию их оптических характеристик. Читает лекции по физическим основам экологии, геохимии и геофизике биосферы, геофизическим информационным системам. Руководил подготовкой успешно защищенных 10 кандидатских и 2 докторских диссертаций. В последние годы активно занимается проблемами экологии, проводит экспедиционные исследования по загрязненности окружающей среды в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Автор более 300 научных работ, в том числе 10 монографий. Член редколлегии журналов «Оптика атмосферы и океана», «Экологическая химия», член бюро Российского аэрозольного общества.



ИУДИН ДМИТРИЙ ИГОРЕВИЧ,

доктор физико-математических наук, доктор биологических наук, профессор, родился в 1964 г. в г. Горький, окончил Горьковский государственный университет им. Н.И. Лобачевского в 1986 г. Ведущий научный сотрудник Института прикладной физики РАН. Область научных интересов: нелинейная и фрактальная динамика, перколяционные фазовые переходы. Участник и руководитель грантов РФФИ (Российский фонд фундаментальных исследований), ISTC (International Scientific and Technology Community), JSPS (Japanese Science Promotion Society), автор или соавтор более чем 100 научных публикаций, в том числе 2 монографий.



КУЗНЕЦОВ ПЕТР ВИКТОРОВИЧ,

кандидат биологических наук, окончил Российский государственный аграрный университет – Московскую сельскохозяйственную академию имени К.А. Тимирязева, работает научным сотрудником в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. Научные интересы – лесное почвоведение, геохимия ландшафтов. Занимается изучением миграции элементов, в том числе тяжелых металлов, в почвах различных ландшафтов, а также вопросами, связанными с аэротехногенным загрязнением окружающей среды. Автор более чем 20 публикаций.



КОВАЛЕВ ДМИТРИЙ НИКОЛАЕВИЧ,

родился в 1963 г. в Ленинграде. В 1986 г. окончил биолого-почвенный факультет Ленинградского государственного университета по специальности биолог-зоолог. В 1987–1997 гг. работал в Государственном заповеднике «Остров Врангеля», с 1993 г. – в должности директора заповедника. В 1998–2003 гг. – руководитель группы по особо охраняемым природным территориям (ООПТ) в Биологическом НИИ Санкт-Петербургского государственного университета, в 2003–2006 гг. – директор ЛОГУ «Раковые озера». С 2006 г. по настоящее время – ведущий научный сотрудник биолого-почвенного факультета СПбГУ. Являлся руководителем 26 проектов организации ООПТ регионального значения Ленинградской области и Санкт-Петербурга; руководитель 22 корректировок проектов существующих ООПТ Ленинградской области. Руководитель более 30 проектов оценки воздействия на окружающую среду строительства крупных хозяйственных объектов, в том числе Северо-Европейского газопровода в России, Финляндии, Швеции и Дании. Ответственный исполнитель Российско-Финляндского соглашения по охране биологического разнообразия и развитию сети ООПТ в Ленинградской области и Санкт-Петербурге в 1998–2004 и 2007–2011 гг. Автор 25 статей. Редактор изданий «Красная книга природы Ленинградской области», «Красная книга природы Санкт-Петербурга», «Природный парк Вепский лес».



НОСКОВ ГЕОРГИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ,

доктор биологических наук, профессор. Родился в 1937 г. в Ленинграде, окончил Ленинградский государственный университет в 1960 г. Заведующий лабораторией экологии и охраны птиц с группой Особо охраняемых природных территорий (Санкт-Петербургский государственный университет), директор Ладужской орнитологической станции, председатель Санкт-Петербургского орнитологического общества. Область научных интересов: орнитология (годовой цикл сезонных явлений у птиц) и фундаментальная экология (оценка состояния природных комплексов, задачи их охраны, организация особо охраняемых природных территорий). В 1970-х гг. – руководитель орнитологической комиссии проекта «Вид и его продуктивность в ареале» программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера». В 1980–1990-х гг. по заданию Правительства Ленинградской области руководил программой работ по инвентаризации природных комплексов на территориях, предлагаемых к охране. В 1990–2000-х гг. соруководитель российско-финляндских проектов по сохранению биоразнообразия и выявлению недостатков в охране природных комплексов на северо-западе России. Разработал концепцию, собрал авторский коллектив, выступил в роли ответственного редактора и соавтора трехтомного издания «Красная книга природы Ленинградской области» (т. 1. Особо охраняемые природные территории. – 1999; т. 2. Растения и грибы. – 2000; т. 3. Животные. – 2002) и «Красной книги природы Санкт-Петербурга» (2004). Автор более 170 научных публикаций, в том числе 9 монографий. Лауреат премии Правительства Санкт-Петербурга.



НОСКОВА МАРИЯ ГЕОРГИЕВНА

родилась в 1971 г. в Ленинграде. В 1994 г. окончила кафедру геоботаники биолого-почвенного факультета Санкт-Петербургского государственного университета. С 1994 по 2001 г. работала младшим научным сотрудником в Ботаническом институте РАН им. Комарова. В настоящее время – научный сотрудник СПбГУ. Область научных интересов: болотоведение, флора и экология сфагновых мхов. В 2007–2011 гг. принимала участие в выполнении российско-финляндского проекта «ГЭП-анализ на Северо-Западе России».

**ПОПОВ ИГОРЬ ЮРЬЕВИЧ,**

кандидат биологических наук. Родился в 1971 г. в Ленинграде. В 1993 г. окончил Санкт-Петербургский государственный университет. Ведущий научный сотрудник биолого-почвенного факультета СПбГУ. Автор около 100 публикаций в области зоологии, экологии, истории науки, эволюционной биологии, геронтологии.

**РОЗЕНБЕРГ ГЕННАДИЙ САМУИЛОВИЧ,**

доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, родился 30 мая 1949 г. в Уфе, окончил Башкирский Государственный университет (1971 г.). Директор Института экологии Волжского бассейна РАН и заведующий лабораторией моделирования и управления экосистемами в институте, член Бюро Отделения биологических наук РАН, Научного совета по проблемам гидробиологии и ихтиологии РАН, президиума Самарского научного центра РАН, заведующий кафедрой экологии и природопользования Волжского университета им. В.Н. Татищева, член рабочей группы по проекту ЮНЕСКО «Устойчивое развитие бассейна Волги и Каспийского моря», член Совета по науке при губернаторе Самарской области, специалист по проблемам общей экологии и фитоценологии, экологической безопасности и биологического разнообразия, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, член редакционных коллегий журналов «Известия Самарского научного центра РАН», «Поволжский экологический журнал», «Экологический вестник Югории», «Общая и прикладная ценология», бюллетеня «Самарская Лука», автор более 650 научных работ, в том числе 52 монографий.

**РЫМКЕВИЧ ТАТЬЯНА АДОЛЬФОВНА,**

кандидат биологических наук. Родилась в 1949 г. в Ленинграде. В 1972 г. окончила Ленинградский государственный университет. Ведущий научный сотрудник биолого-почвенного факультета СПбГУ. Область научных интересов: орнитология (популяционная экология и сезонные явления годового цикла птиц), фундаментальная экология (оценка состояния природных комплексов и методы их охраны, обоснование организации особо охраняемых природных территорий). Участник проектирования Нижнесвирского государственного природного заповедника, ряда ООПТ Ленинградской области и Санкт-Петербурга, автор исследований современного состояния миграционных путей и стоянок птиц на Северо-Западе России. Член редколлегии трехтомного издания «Красная книга природы Ленинградской области». Автор более 70 научных публикаций.

**СОЛНЦЕВ ЛЕОНИД АРКАДЬЕВИЧ,**

кандидат биологических наук. Родился в 1984 г. в г. Арзамас-16, окончил Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского в 2006 г. Ассистент кафедры экологии биологического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. Область научных интересов: структура биологических сообществ, фрактальная организация, геоинформационные системы. Автор более чем 20 научных публикаций.

**ШЕВЧУК ЮРИЙ СЕРГЕЕВИЧ,**

руководитель Северо-Западной общественной организации «Зеленый Крест», член Совета регионов «Зеленого Креста», Общественного экологического совета при Губернаторе Ленинградской области, Общественной палаты Ленинградской области, Совета по санитарно-эпидемиологическому благополучию и экологической защите населения при постоянной комиссии Законодательного собрания Санкт-Петербурга по охране окружающей среды, Экологического совета при Правительстве Санкт-Петербурга, Общественной организации «Медиа-Союз». Начал заниматься общественной природоохранной деятельностью в 1978 г. в рядах Общественной инспекции охраны природы Всероссийского общества охраны природы. В 1986 г. создал общественную организацию «Бюро экологических разработок» при Ленинградском центре творческих инициатив. С 1993 г. работает на



различных должностях в «Зеленом Кресте». Под его руководством «Зеленый Крест», принципиально отказавшись от получения иностранного финансирования, стал ведущей природоохранной организацией региона, основанной на высоком профессионализме и независимой от властных структур. Ведет большую просветительскую природоохранную работу, публикуя ежегодно около 600 сообщений в СМИ; регулярно информирует общественность об экологических проблемах и способах их решений. Автор «Путеводителя по Ленинградской области», а также ряда книг и брошюр и радио- и телепередач краеведческой и природоохранной тематики. Подготовил и обучил десятки активистов экологического движения. Разработал систему общественного экологического контроля и ряд аспектов теории экологического образования и развития некоммерческих организаций. В качестве журналиста имеет более 2000 публикаций по экологическим проблемам.

ЯКИМОВ ВАСИЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ,

кандидат биологических наук, родился в 1982 г. в г. Горький, окончил Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского в 2004 г. Старший преподаватель кафедры экологии биологического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. Область научных интересов: структура биологических сообществ, самоподобие и фракталы, моделирование. Автор более чем 20 научных публикаций.



ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ И ПРОВЕДЕНИЯ СТАТЬИ ДО ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «БИОСФЕРА»

Авторам, которые получили от редакции журнала «Биосфера» предложение о публикации статьи или направляют статью в журнал по собственной инициативе, необходимо ознакомиться с настоящими правилами, а также настоятельно рекомендуется обратить внимание на «Концепцию журнала» и «Памятку рецензенту», которые доступны на сайте www.biosphere21century.ru или могут быть получены по запросу из редакции biosphaera@21mm.ru.

Авторам следует иметь в виду, что журнал «Биосфера» ориентирован на широкий круг специалистов в разных аспектах проблематики, имеющей отношение к глобальной экологии (см. «Концепция журнала»), с целью предоставить им среду для обмена мнениями, улучшения взаимопонимания и формирования единых подходов к этим проблемам. Поэтому авторы должны учитывать необходимость быть понятными для читателей, которые, даже будучи специалистами по отдельным аспектам междисциплинарной публикации, не обязательно владеют информацией по всем ее аспектам. Статьи должны быть предельно ясными для их принципиального понимания, и в них лучше уделять больше внимания основаниям и определениям, чем техническим подробностям, более уместным в специализированных журналах.

Текст статьи принимается по электронной почте в виде вложения в формате MS Word версий от 6 до 2003 (форматы Word 2007, 2010 и далее следует переводить в один из более ранних или в rtf). Адрес электронной почты редакции: biosphaera@21mm.ru.

В обращении к редакции, размещенном в поле текста письма, следует указать мотивы, по которым авторы направляют рукопись в журнал.

Первая страница **файла с текстом статьи** должна содержать в левом верхнем углу индекс УДК статьи, ниже следует заглавие статьи, перечень авторов, перечень учреждений, представляемых авторами, с указанием города и страны (если их несколько, соответствия между авторами и учреждениями обозначаются надстрочными индексами); при наличии более чем двух авторов звездочками должны быть указаны один или два, с которыми будет вестись переписка, и в отдельной строке ниже указания учреждений даются адреса их электронной почты. Далее следует реферат статьи (200–300 слов) и отдельной строкой – ключевые слова (не более 5). Перевод реферата на английский язык редакция предпочитает оставлять за собой, но авторы при желании могут предоставить заготовку ниже на той же странице.

Реферат является важнейшим компонентом научной публикации. Качественные авторские резюме – необходимость в современных условиях информационно перенасыщенной среды, когда мало кто читает научные журналы от корки до корки. Подборки статей, представляющих потенциальный интерес для работы или написания статьи, в большинстве случаев извлекаются из многочисленных разрозненных изданий поиском в базах библиографических данных, где содержатся именно рефераты, позволяющие предварительно ознакомиться с содержанием статьи и определить ее потенциальную адекватность заданной цели. Переводы рефератов на английский язык позволяют повысить вероятность ознакомления со статьей и ее цитирования зарубежными коллегами. Из резюме читателю должно быть ясно, какие цели ставились перед исследованием, каким образом эти цели достигнуты, какие основные результаты получены и какие из этого следуют выводы. В случае обзора из резюме должно быть понятно, что нового он привносит в сравнении с уже опубликованными обзорами на такую же тему. Вместить эту информацию в ограниченный объем может быть нелегко, но это мобилизует авторов на то, чтобы отделить в их работе главное от второстепенного и избавиться от словесных излишеств в самой статье.

После реферата и ключевых слов идут, каждый раз с новой страницы: (1) текст статьи, (2) список литературы, (3) подписи к рисункам и (4) таблицы. Места размещения таблиц и рисунков следует указывать в тексте рамками. На последней странице приводятся (5) сведения об авторах с указанием адресов, контактных телефонов, факса и электронной почты и указывается автор, ответственный за переписку с редакцией, включая работу с корректурой. Биографические сведения об авторах и их фотографии запрашиваются редакцией только после принятия решения о публикации статьи.

Междисциплинарная специфика журнала предусматривает возможность публикации материалов общим объемом до 150000 знаков (около 30 журнальных страниц, не считая рисунков). В таких случаях **необходима** разбивка статьи на разделы и подразделы, не превышающие 15000 знаков (3 полосы) по объему.

Текст статьи должен быть набран шрифтом Times New Roman, кегль 12, межстрочный интервал 1,5, в одну колонку *без выравнивания по правому краю, без переноса слов*, с полями 3 см с левой стороны. *Абзацные отступы 1,25 см выставляются на линейке, а не табуляцией и не пробелами.* Для оформления

текста можно использовать курсив, полужирные начертания, подчеркивание, подстрочные и надстрочные индексы, греческие и математические символы. Для математических формул, даже простейших, следует использовать средство Microsoft Equation. Параметры формул, фигурирующие в тексте, набираются курсивом.

Не допускается использование запрограммированных заголовков, вставок, ссылок на литературные источники (гиперссылок), увеличение межстрочных и межбуквенных интервалов, а также использование шаблонов (в окне «стиль» должно быть «обычный»). Особенно это относится к «Списку литературы», так как запрограммированные порядковые номера при переносе в программу верстки просто исчезают.

Следует избегать сокращений слов, имен, названий (кроме общепринятых сокращений, мер, физических, химических и математических величин и терминов). Меры даются по системе СИ. При явной целесообразности введения нестандартных сокращений они расшифровываются при первом употреблении, а если их много, они даются отдельным списком, который в верстке будет помещен в виде подстрочного примечания на первой странице статьи.

Рисунки приводятся каждый отдельным файлом. При подготовке рисунков может быть использован любой редактор, но конечным результатом должен быть файл в одном из следующих форматов:

– для схем и графиков, в том числе структурных химических формул, содержащих тонкие линии (векторная графика), – **wmf** или **eps** (химические формулы можно набирать в свободно доступных программах **IsisDraw** или **ChemWindow**);

– для полутоновых рисунков и фотографий (растровая графика) – **tif** (возможно LWZ-сжатие файла) или **bmp** с реальным разрешением 300 DPI при ширине, соответствующей журнальной полосе (18 см).

Формат **jpg** не рекомендуется. Допускается представление графических материалов обоих типов в формате **pdf**. Любые графические форматы можно представлять в архивированном виде.

Необходимо иметь в виду, что в полноцветном исполнении графические материалы публикуются только в электронной версии журнала. В бумажной версии и на распечатках они будут в оттенках серого, и на ответственности авторов лежит задача сделать так, чтобы на таких рисунках можно было различить все, что авторы считают нужным.

Если рисунки (равно как любые другие материалы) публиковались прежде, необходимо давать ссылки на первоисточники и, при необходимости, разрешения от правообладателей.

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.0.5-2008 следующим образом:

а) источники располагаются в алфавитном порядке авторов (сначала кириллица, затем латиница). Работы отечественных авторов, опубликованные на иностранных языках, помещаются в списки на латинице, а работы иностранных авторов, опубликованные на русском языке, в кириллическом списке;

б) если цитируется несколько работ одного автора, их нужно располагать в хронологическом порядке;

в) в статьях, написанных более чем 4 авторами, указываются фамилии первых трех из них, а далее ставится «и др.». При 4 авторах указываются все;

г) для периодических и продолжающихся изданий необходимо указать: авторов, полное название статьи, две косые линейки (//), источник в стандартном сокращении, место издания, год, том, номер (выпуск), страницы (обозначаются буквой С.) от и до; все элементы выходных данных отделены друг от друга знаками «. –» (точка, тире);

д) в ссылке на монографию или сборники необходимо указать название публикации, номер издания (если он есть), место и год издания;

е) в монографиях иностранных авторов, изданных на русском языке, после названия книги через знак «:» (двоеточие) указывается, с какого языка сделан перевод;

ж) если заглавие источника состоит из нескольких предложений, то все они разделяются знаком «:» (двоеточие);

з) в монографиях и сборниках при наличии двух мест издания приводятся оба, и отделяют их друг от друга точкой с запятой (М.; Л.).

В список литературы не следует без особой необходимости включать тезисы конференций, публикации в ведомственных изданиях и в малотиражных тематических сборниках, издаваемых вузами или НИИ.

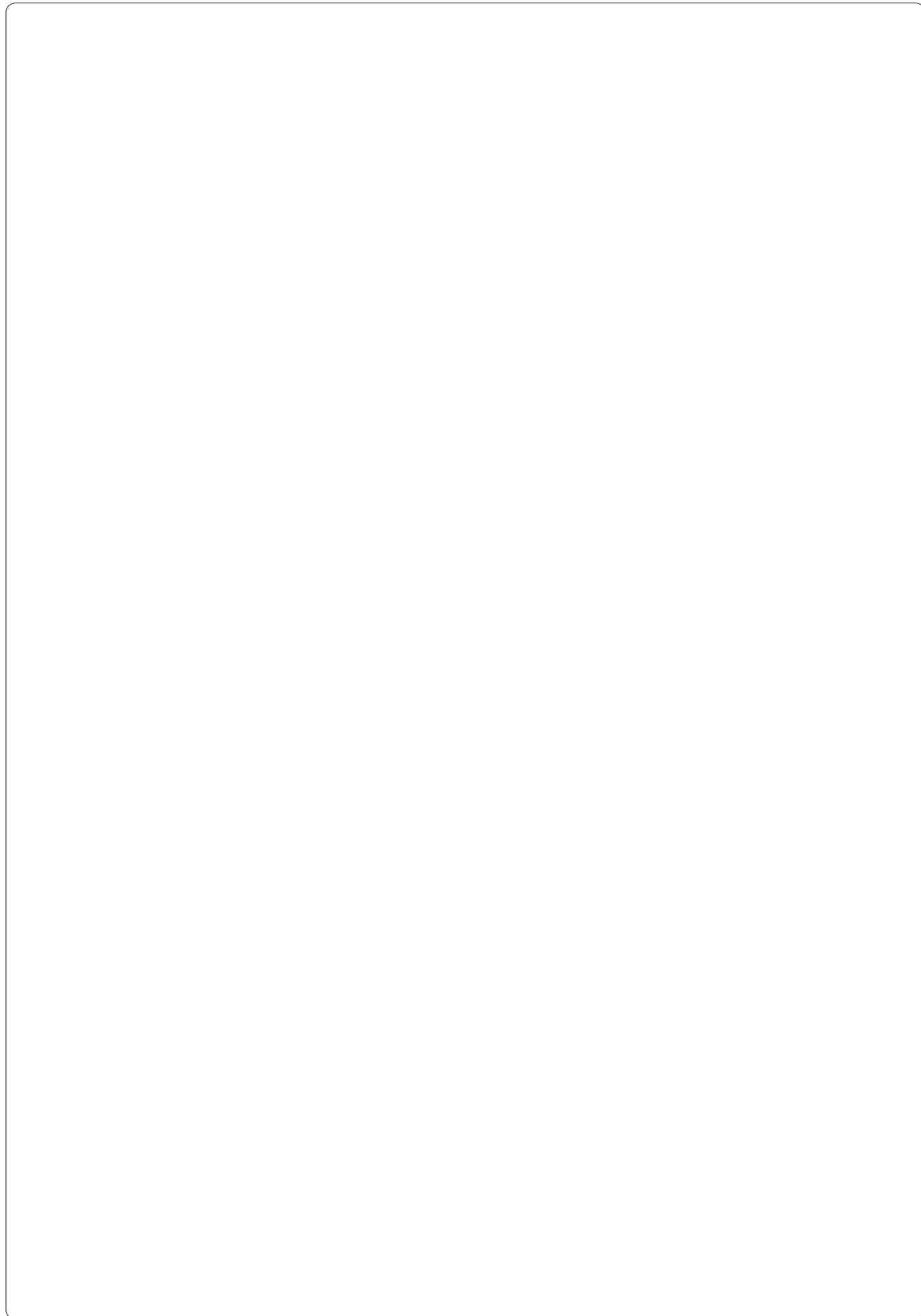
Список литературы НЕ должен содержать нормативные документы, законодательные акты, отчеты по НИР и ссылки сайты, не представляющие собой рецензируемые электронные научные издания. При необходимости все это указывается по тексту в скобках или в подстрочных примечаниях.

В тексте статьи ссылки даются номерами в квадратных скобках. Если необходимо указать фамилии, для отечественных авторов они пишутся обязательно с инициалами, а для иностранных авторов даются в оригинальной транскрипции. Авторам необходимо тщательно проверять взаимное соответствие между пунктами послетекстового списка и ссылками в тексте. В списке литературы не должны содержаться не цитированные в тексте источники, а ссылки в тексте должны выводить на соответствующие источники в списке литературы.

**НЕСООТВЕТСТВИЕ РУКОПИСИ
УКАЗАННЫМ ПРАВИЛАМ
ЯВЛЯЕТСЯ ДОСТАТОЧНОЙ ПРИЧИНОЙ
ДЛЯ ОТКАЗА РАССМАТРИВАТЬ ЕЕ.**

Любые рукописи, принятые к рассмотрению, направляются на отзыв членам редколлегии, являющимся специалистами в данной(ых) области(ях) исследований, или иным рецензентам по их рекомендации. Исключение может быть сделано для материалов, размещаемых в рубриках «Наследие», «Рецензии и дискуссии» и «События». Число рецензентов зависит от широты тематики публикации. Даже если в редакции есть полный консенсус относительно того, принять рукопись или отклонить ее, эта позиция должна быть подтверждена мнением хотя бы одного независимого рецензента.

A large, empty rectangular box with rounded corners, occupying most of the page. It is intended for taking notes, as indicated by the header 'ДЛЯ ЗАМЕТОК' (FOR NOTES).



A large, empty rectangular box with rounded corners, occupying most of the page. It is intended for taking notes, as indicated by the header 'ДЛЯ ЗАМЕТОК' (FOR NOTES).



Подписано в печать 20.06.2013
Отпечатано в типографии «Цветпринт»
197374, Санкт-Петербург, ул. Роменская, д. 10, лит. К
тел.: (812) 336-92-12, заказ № 18512.
Тираж 700 экз.