

БИОСФЕРА

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

Том 3
№ 4

Санкт-Петербург
2011



BIOSPHERE

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

Vol. 3
No. 4
Saint-Petersburg
2011

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)
Г. И. Марчук	(Москва)
Б. С. Соколов	(Москва)

Члены редакционной коллегии

Т. Г. Авдеева (Москва)	И. А. Захаров-Гезехус (Москва)	В. Реген (Санкт-Петербург)
А. В. Адрианов (Владивосток)	Э. В. Ивантер (Петрозаводск)	Г. С. Розенберг (Тольятти)
С. М. Алексеев (Москва)	Ю. А. Израэль (Москва)	Р. Б. Рыбаков (Москва)
В. Р. Болов (Москва)	Л. А. Ильин (Москва)	А. В. Селиховкин (Санкт-Петербург)
В. Н. Большаков (Екатеринбург)	А. С. Исаев (Москва)	Г. А. Софронов (Санкт-Петербург)
Ю. С. Васильев (Санкт-Петербург)	Л. Н. Карлин (Санкт-Петербург)	С. А. Степанов (Москва)
Э. М. Галимов (Москва)	В. М. Котляков (Москва)	М. А. Федонкин (Москва)
В. К. Глухих (Москва)	А. И. Кривченко (Санкт-Петербург)	М. П. Федоров (Санкт-Петербург)
В. И. Данилов-Данильян (Москва)	А. П. Кудрявцев (Москва)	М. В. Флинт (Москва)
Ю. Ю. Дгебуадзе (Москва)	Н. П. Лаверов (Москва)	А. И. Фокин (Москва)
В. П. Девятков (Москва)	К. В. Новожилов (Санкт-Петербург)	А. Ф. Цыб (Обнинск)
В. А. Драгавцев (Санкт-Петербург)	Г. Г. Онищенко (Москва)	Х. Д. Чеченов (Москва)
А. А. Жученко (Москва)	В. И. Осипов (Москва)	Н. П. Чуркин (Москва)
М. Ч. Залиханов (Москва)	Г. В. Осипов (Москва)	В. Т. Ярмишко (Санкт-Петербург)
	Ю. А. Рахманин (Москва)	

ОТВЕТСТВЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРИАТ

Л. Я. Боркин (Санкт-Петербург); **Г. В. Жижин** (Санкт-Петербург); **Г. А. Исаченко** (Санкт-Петербург);
Л. А. Кудерский (Санкт-Петербург); **В. Н. Максимов** (Москва);
Ю. К. Новожилов (Санкт-Петербург); **К. М. Петров** (Санкт-Петербург); **В. Б. Сапунов** (Санкт-Петербург);
М. Д. Уфимцева (Санкт-Петербург); **Е. П. Щеголева** (Москва)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

И. Алитало (Финляндия); **Д. Беккулова** (Кыргызстан); **О. Брейдбах** (Германия); **Р. Таглоев** (Южная Осетия);
Ф. Гаджи-заде (Азербайджан); **Т. Девдариани** (Грузия); **Ю. Канн** (Эстония); **А. Карабанов** (Беларусь);
М. Клявиньш (Латвия); **В. Контримавичус** (Литва); **А. Мелдебеков** (Казахстан); **З. Миквабия** (Абхазия);
Я. Олексин (Польша); **А. Рафиков** (Узбекистан); **А. Сагателян** (Армения); **С. Сатторов** (Таджикистан);
Ф. Фурдуй (Молдова); **В. Чехун** (Украина); **П. Эсенов** (Туркменистан)

Дизайн и верстка: **Ю. С. Волжина,**
А. А. Яковлев, Е. В. Попова
Корректор: **В. Б. Куликова**

Администратор сайта: **Е. В. Попова**
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)**

EDITORIAL BOARD

President of XXI Century Research Foundation
Editor-in-Chief
Deputy Editor-in-Chief

A. I. Novikov (Saint-Petersburg)
E. I. Slepyan (Saint-Petersburg)
A. G. Golubev (Saint-Petersburg)

HONORARY EDITORIAL BOARD

G. V. Dobrovolskiy (Moscow)
G. I. Marchuk (Moscow)
B. S. Sokolov (Moscow)

GENERAL EDITORIAL BOARD

T. G. Avdeyeva (Moscow)	I. A. Zakharov-Gezehus (Moscow)	V. Regen (Saint-Petersburg)
A. V. Adrianov (Vladivostok)	E. V. Ivanter (Petrozavodsk)	G. S. Rosenberg (Togliatti)
S. M. Alexeyev (Moscow)	Yu. A. Izrael (Moscow)	R. B. Rybakov (Moscow)
V. R. Bolov (Moscow)	L. A. Ylyin (Moscow)	A. V. Selikhovkin (Saint-Petersburg)
V. N. Bolshakov (Yekaterinburg)	A. S. Isayev (Moscow)	G. A. Sofronov (Saint-Petersburg)
Yu. S. Vasiliyev (Saint-Petersburg)	L. N. Karlin (Saint-Petersburg)	S. A. Stepanov (Moscow)
E. M. Galimov (Moscow)	V. M. Kotliakov (Moscow)	M. A. Fedonkin (Moscow)
V. K. Glukhikh (Moscow)	A. I. Krivchenko (Saint-Petersburg)	M. P. Fedorov (Saint-Petersburg)
V. I. Danilov-Daniliyan (Moscow)	A. P. Kudriavtsev (Moscow)	M. V. Flint (Moscow)
Yu. Yu. Dgebuadze (Moscow)	N. P. Laverov (Moscow)	A. I. Fokin (Moscow)
V. P. Deviatov (Moscow)	K. V. Novozhilov (Saint-Petersburg)	A. F. Tsyb (Obninsk)
V. A. Dragavtsev (Saint-Petersburg)	G. G. Onischenko (Moscow)	Kh. L. Chechenov (Moscow)
A. A. Zhuchenko (Moscow)	V. I. Osipov (Moscow)	N. P. Churkin (Moscow)
M. Ch. Zalikhanov (Moscow)	G. V. Osipov (Moscow)	V. T. Yarmishko (Saint-Petersburg)
	Yu. A. Rakhmanin (Moscow)	

ACADEMIC SECRETARIAT

L. Ya. Borkin (Saint-Petersburg); **G. V. Zhizhin** (Saint-Petersburg); **G. A. Isachenko** (Saint-Petersburg);
L. A. Kuderskiy (Saint-Petersburg); **V. N. Maksimov** (Moscow);
Yu. K. Novozhilov (Saint-Petersburg); **K. M. Petrov** (Saint-Petersburg); **V. B. Sapunov** (Saint-Petersburg);
M. D. Ufimtseva (Saint-Petersburg); **Ye. P. Schegoleva** (Moscow)

INTERNATIONAL EDITORIAL COUNCIL

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. Mikvabiya** (Abkhazia); **J. Oleksyn** (Poland);
A. Rafikov (Uzbekistan); **A. Sagatelian** (Armenia); **S. Sattorov** (Tadjikistan); **F. Furdud** (Moldova);
V. Chekhun (Ukraine); **P. Esenov** (Turkmenistan)

Design and layout: **Y.S. Volzhina,**
A.A. Yakovlev, E. V. Popova
Proofreading: **V. B. Kulikova**

WWW site administrator: **E. V. Popova**
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

ТЕОРИЯ		THEORY
ЭКОЛОГИЯ И КИБЕРНЕТИКА: ПО СЛЕДАМ МАРГАЛЕФА Г.С. Розенберг	.....445.....	ECOLOGY AND CYBERNETICS: SPOORING MARGALEF G.S. Rozenberg
СТРУКТУРНО-СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ФОРМАЛИЗАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИЙ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ И.А. Рябинин	.....455.....	STRUCTURALLY COMPLEX SYSTEMS AND THEIR FORMALISATION USING LOGICAL ALGEBRA FUNCTIONS I.A. Ryabinin
ПРАКТИКА		PRACTICE
ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ Ю.И. Санаев	.....462.....	AIR PROTECTION WITH ELECTRIC FILTERS Yu.I. Sanaev
ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ		NATURAL SCIENCES
ОСКОЛКИ АНОКСИЧНОЙ БИОСФЕРЫ ПРОТЕРОЗОЯ В.Е. Заика	.....473.....	REMNANTS OF THE PROTEROZOIC ANOXIC BIOSPHERE V.E. Zaika
МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ГРИБЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ: БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СУЩНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ Д.Ю. Власов	.....479.....	MICROSCOPIC FUNGI IN EXTREME HABITATS: BIODIVERSITY AND INTERACTIONS D.Yu. Vlasov
АНАЛИЗ БИОРАЗНООБРАЗИЯ БОРЕАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГИС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ (на примере государственного природного комплексного заказника «Кургальский») С.Г. Крицук, Т.Е. Теплякова, Н.М. Калибернова	.....493.....	USING SATELLITE DATA-BASED GEOINFORMATION SYSTEMS FOR ANALYSIS OF BOREAL ECOSYSTEMS BIODIVERSITY IN THE KURGALSKIY WILDLIFE PRESERVE S.G. Kritsuk, T.Ye. Tepliakova, N.M. Kalibernova
ВОПРОСЫ ЭВОЛЮЦИИ ЦИКЛА БОДРСТВОВАНИЕ - СОН. ЧАСТЬ 1: НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ Г.А. Оганесян, Е.А. Аристакесян, И.В. Романова, С.И. Ватаев, В.В. Кузик, Д.К. Камбарова	.....514.....	EVOLUTIONARY ASPECTS OF THE SLEEP - WAKEFULNESS CYCLE. PART 1: NEUROPHYSIOLOGICAL MATTERS G.A. Oganesyanyan, Ye.A. Aristakesyan, I.V. Romanova, S.I. Vataeyev, V.V. Kuzik, D.K. Kambarova
НАСЛЕДИЕ		HERITAGE
ПАТОЛОГИЯ ПОЧВ И ОХРАНА БИОСФЕРЫ ПЛАНЕТЫ В.А. Ковда	.....532.....	SOIL PATHOLOGY AND PLANETARY BIOSPHERE PROTECTION V.A. Kovda
РЕЦЕНЗИИ И ДИСКУССИИ		REVIEWS AND DISCUSSIONS
ОТЗЫВ НА СТАТЬЮ «Перспективы сокращения экологического ущерба от автотранспорта в городах Российской Федерации на примере Санкт-Петербурга» (В.Н. Ложкин и О.В. Ложкина: Биосфера, 2011, т. 3, № 3)	.....548....	RESPONSE TO THE ARTICLE "Prospects for motor vehicle-caused environmental harm reduction in the urban areas of the Russian Federation as exemplified with Saint-Petersburg" (V.N. Lozhkin and O.V. Lozhkina, BIOSFERA, 2011, Vol. 3, No. 3)
ОТЗЫВЫ НА ПУБЛИКАЦИИ О НАУЧНОМ НАСЛЕДИИ В.А. ДОГЕЛЯ (Э.И. Слепян: Биосфера, 2011, т. 3, № 2)	.....550....	RESPONSES TO PUBLICATIONS ABOUT V.A. DOGEL'S SCIENTIFIC HERITAGE (E.I. Slepyan, Biosfera, 2011, Vol. 3, No. 2)
СОБЫТИЯ		EVENTS
8-й Научный конгресс по Балтийскому морю (Санкт-Петербург, август 2011 г.) М.Б. Шилин	.....554....	The 8th Baltic Sea Science Congress (Saint-Petersburg, August 2011) M.B. Shilin
ПРИЛОЖЕНИЯ		APPENDICES
Авторы	.....ii.....	Author references
Рецензенты	.....vi.....	List of reviewers
Портфель	.....ix.....	Manuscripts submitted
Сводное оглавление тома 3	.....x.....	Combined content of Vol. 3
Инструкция для авторов	.....xiii.....	Guide for authors

ЭКОЛОГИЯ И КИБЕРНЕТИКА: ПО СЛЕДАМ МАРГАЛЕФА

Г.С. Розенберг

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия

Эл. почта: genarozenberg@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 29.08.2011, принята к печати 08.11.2011

В статье обсуждаются дискуссионные проблемы построения теоретической экологии и возможности описания пространственно-временных параметров экосистем с помощью «кибернетической парадигмы». Обсуждаются экологические интерпретации (по Р. Маргалефу) кибернетических методов. Рассмотрена «экологическая кибернетика» как новое научное направление.

Ключевые слова: экосистема, экологическая теория, кибернетический подход, обратные связи, Маргалеф.

ECOLOGY AND CYBERNETICS: SPOORING MARGALEF

G.S. Rozenberg

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

E-mail: genarozenberg@yandex.ru

The present essay addresses the problem of construction of theoretical ecology and the opportunities for description of the spatiotemporal parameters of ecosystems based on the "cybernetic paradigm". Margalef's environmentalist interpretation of cybernetic approaches and the "ecological cybernetics" as a new scientific trend are discussed.

Keywords: ecosystem, ecological theory, the cybernetic approach, feedbacks, Margalef.

Введение

В первой статье [45] из серии публикаций о разных подходах к построению теоретической экологии было подробно рассмотрено взаимовлияние экологии и физики и сделан вывод о том, что в теоретической экологии нас в большей степени интересуют законы *сложных свойств сложных систем* [47, 55]. Поэтому «физический подход» применим в экологии лишь в рамках аналогий, которые могут «навести» мысль исследователей-экологов на формулирование новых подходов и направлений поиска новых законов и закономерностей. Таким образом, структура теоретической экологии должна содержать все элементы структуры физических теорий («основание», «ядро», «вершина», «интерпретация»), однако «ядро» этой теории (в первую очередь, система законов) должно быть построено в рамках других подходов и наук, исследующих сложные системы.

В данной статье обсуждаются возможности следующего шага по формализации основных экологических принципов уже на «языке кибернетики».

О сложности экосистем

Принципиальная сложность экосистем осознавалась исследователями достаточно давно (см., например, [6, 71, 81]), но только в последние 20–25 лет эта проблема вышла на авансцену современной экологии. При этом наблюдается «согласие среди экологов и энвайронменталистов в том, что многие из сегодняшних насущных экологических и природоохранных проблем следует рассматривать через пространственно-временные шкалы как проблемы сложных систем в целом» [70, р. 1].

Важным аспектом (если угодно, лингвистическим) описания сложности в экологии является метафоричность используемых понятий, многие из которых (например, «баланс», «устойчивость», «разнообразие», «целостность») воспринимаются именно как метафоры, способные расширить научную терминологию. Более того, такая метафора выступает «как необходимый союзник, а не угроза экологическому знанию», что позволяет «обогатить наше контекстное понимание сложности» [81, р. 1065]. Попробую продемонстрировать это следующими рассуждениями.

Каждая система определяется некоторой *структурой* (элементы и взаимосвязи между ними) и *поведением* (изменение системы во времени). Для системологии они являются такими же фундаментальными понятиями, как пространство и время для физики (кстати, для последней они являются изначально неопределяемыми понятиями: «Только строительство дома начинается с фундамента, а при строительстве науки ее основания появляются довольно поздно» [8, с. 59]). Изменение структуры системы во времени можно рассматривать как ее сукцессию и эволюцию. Различают *неформальную структуру* системы (в качестве элементов которой фигурируют «первичные» элементы, вплоть до атомов) и *формальную структуру* (в качестве элементов фигурируют системы непосредственно нижестоящего иерархического уровня). Сложность системы на «структурном уровне» задается числом ее элементов и связей между ними. Дать определение «сложности» в этом случае крайне трудно: исследователь сталкивается с так называемым

«эффектом кучи», или *парадоксом Эвбулида из Милета* (один шар – не куча, два шара – не куча, три – не куча, а вот сто шаров – куча, девяносто девять – куча; так где же граница между «кучей» и «некучей?»). Кроме того, относительность понятия «структура» (деление на формальную и неформальную структуры) заставляет вообще отказаться от него при определении сложности системы. Определить, что такое «сложная система» на «поведенческом уровне», представляется более реалистичным.

Б.С. Флейшман [55] предложил пять *принципов усложняющегося поведения систем* (вещественно-энергетический баланс [изучает физика], гомеостаз [обратные связи; изучает кибернетика], принятие решений, преадаптации и рефлексия [три последних уровня изучает системология]). *Системы, включающие в себя в качестве хотя бы одной подсистемы решающую систему, поведению которой присущ акт решения – как раз три последних уровня, принято называть сложными.* Стремление системы достигнуть предпочтительного для нее состояния называется *целенаправленным поведением*, а это состояние – ее *целью*. Целями обладают лишь сложные системы.

«Искусство управления» экосистемами

Рассмотрим второй уровень (принцип) усложняющегося поведения сложных систем – кибернетический (напомню, что «кибернетика» переводится с греческого как «кормчий» или «искусство управления»). Кибернетика возникла на стыке технических (инженерных), биологических и социальных дисциплин; причем на первых этапах становления в ней преобладали именно технические (механистические) представления, что заставляет говорить о «проникновении» в экологию именно «инженерного способа мышления» со всей терминологией и определенной строгостью в описании как управляемых систем (экосистем), так и управляющих воздействий.

Основной тезис главного труда Н. Винера «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине», вышедшего в 1948 г. и сразу прославившего его имя, – подобие процессов управления и связи в машинах, живых организмах и обществах [5]. При этом суть данных процессов, прежде всего, состоит в передаче, хранении и переработке информации (различных сигналов, сообщений, сведений).

Одним из важнейших «нововведений»¹ кибернетики следует признать формализацию представлений об обратных связях. «Целенаправленное активное поведение можно подразделить на два класса: “с обратной связью” (или “телеологическое”) и “без обратной связи” (или “нетелеологическое”). Выражение “обратная связь” употребляется инженерами в двух различных смыслах... Положительная обратная связь прибавляется к входным сигналам, она не корректирует их... обратная связь отрицательна, т.е. сигналы от цели используются для ограничения выходов, которые в противном случае шли бы дальше цели» [82, р. 20]. Именно представления об обратных связях (в первую очередь отрицательных) и оказались самыми востребованными в экологии.

Естественно, что книга Винера сразу привлекла внимание биологов и экологов. Одним из первых, кто заметил высокий потенциал новой науки для решения экологических проблем, стал испанский эколог Р. Маргалеф [73–76]. «Кибернетика просто должна восприниматься как иной возможный путь рассмотрения явлений. Вопрос о том, является ли интерес к кибернетике мимолетным или долговременным, зависит от того, насколько она в состоянии добавить что-то новое и ценное в основание общей экологии. Каждое модное направление, возникающее в науке, должно оставлять после себя нечто ценное. Акцентируемые в кибернетике подходы, безусловно, являются полезными в разных областях экологии» [19, с. 9; 76, р. 1]. Естественно, Маргалеф не обошел своим вниманием и обратные связи: «Элементы, связанные взаимными влияниями, образуют *петлю обратной связи*. Петля может быть *отрицательной* или *стабилизирующей*, как, например, петля, образованная нагревательным элементом и термостатом, или механизмы, регулирующие уровень сахара в крови. Петля может быть *положительной* или *нарушающей* (рассогласовывающей), как распространение истребительной (annihilating) эпидемии. Свойством отрицательной обратной связи является тот факт, что не только система в целом, но и некоторые ее состояния демонстрируют заметную устойчивость во времени» [19, с. 10; 76, р. 2], что позволило ему подойти к еще одной важной составляющей кибернетических подходов в экологии – информации.

В статье, написанной по-испански на основе вступительной лекции Р. Маргалефа в качестве нового члена Барселонской Королевской академии наук и искусств [74], впервые² было предложено «экологическое использование» теории информации применительно к изучению видового разнообразия в экосистемах. В связи с новизной подхода статья была оперативно переведена на английский язык и опубликована в журнале “General Systems” [75]. В то время экология была еще сравнительно молодой наукой, и ей не хватало «теоретических рамок» и стабильных парадигм, сопоставимых с другими научными направлениями.

Опираясь на ставшие классическими работы К. Шеннона и Л. Бриллюэна по теории информации, в которых была введена энтропийная мера информации, Маргалеф предложил ныне общепринятое понятие «видовое разнообразие» (species diversity), количественно выражаемое с помощью индекса разнообразия, практически не отличающегося от энтропийной меры. Поскольку общее число видов (видовое богатство) входит в меру разнообразия, для устранения неопределенности стало необходимо различать понятия «видовое богатство» и «видовое разнообразие».

Наконец, отмечу еще один результат Маргалефа, свидетельствующий о том, что он вплотную подошел к фрактальным представлениям о структуре сообществ и, по-видимому, впервые сформулировал саму мысль о возможности существования фрактальной структуры биологических сообществ.

¹ Само понятие обратной связи было давно известно в технике и биологии, но оно носило описательный характер.

² Фактически, это было сделано еще раньше [73].