

Рецензия на книгу

ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ /
Отв. ред. Свен Эрик Йоргенсен
и Брайан Д. Фат.
Амстердам – Бостон:
Elsevier / Acad. Press, 2010. 462 с.

GLOBAL ECOLOGY:
A DERIVATIVE OF
ENCYCLOPEDIA OF
ECOLOGY /
Ed. by Sven Eric Jørgensen &
Brian D. Fath.
Amsterdam – Boston:
Elsevier / Acad. Press, 2010. 462 p.



Имя датского химика и эколога Свена Эрика Йоргенсена (р. 1934) хорошо известно отечественным экологам и, прежде всего, тем, кто активно занимается математическим моделированием экологических систем и процессов. Еще в середине 1980-х гг. у нас в стране была переведена его книга [8] по моделированию и управлению озерными экосистемами; знакомы нашим «модельерам» и его монографические работы (сегодня их более 60) по общим вопросам термодинамического и системного подходов и экологического моделирования [26–28, 32 и др.], и многочисленные статьи, в том числе в журнале “Ecological Modelling”, который в качестве главного редактора он возглавлял с его основания в 1974 г. до 2009 г. (сегодня он почетный главный редактор этого журнала). В последние годы в творческий коллектив Йоргенсена активно вошел его более молодой (р. 1968) американский коллега Брайан Фат [29–31], профессор Университета Таусона в Балтиморе (Towson University, Baltimore, Maryland), который сменил Йоргенсена и на посту главного редактора “Ecological Modelling”.

Рецензируемая книга представляет собой сборник статей, вошедших в “Encyclopedia of Ecology” [29] и «связанных» в систему (можно сказать, коллективную монографию), которую следует определить как «описание и моделирование глобальных экологических процессов планеты Земля». Сразу сделаю замечание в адрес технического редактора книги. В «Списке авторов» указано 65 специалистов, представляющих 16 стран; однако анализ этого списка позволил сократить его до 59 авторов за счет «повторов» и неправильного написания ряда фамилий. Так, Ю.Г. Пузаченко фигурирует в этом списке трижды, в том числе и под «никами» P.J. Geogievich [sic] и P.J. Geogievich, три раза «представлен» Ю.М. Сви-

реж (в разном сочетании инициалов и мест работы), по два раза – С.А. Пегов, С. J. Hoff, T. Vrede. Аналогичное замечание и к рекомендуемым спискам работ (например, на р. 22 работа И. Пригожина «записана» за “Пуа Р.”; возникает нетривиальный вопрос: как в этих условиях будет оцениваться «индекс цитируемости» нобелевского лауреата?..). Такая небрежность, естественно, не идет работе на пользу. И еще одно общее замечание. Главный редактор честно признался, что эта монография «вторична»; однако при ее компоновке следовало бы отойти от «алфавитного принципа» порядка статей, а располагать их внутри каждой части в соответствии с некоторой логикой (например, во второй части можно было бы собрать сначала статьи про круговороты тех или иных веществ (начав, например, с наиболее общих работ по геохимическим циклам С.В. Чернышенко и микробиологическим циклам Г.А. Заварзина, потом продолжив про балансы, про потоки и пр.). То же самое касается и списков литературы, которыми заканчиваются статьи; эти списки названы «Литература для дальнейшего чтения – Further Reading», и в самих статьях на них нет ссылок. Такой вариант вполне пригоден для энциклопедии, но выглядит несколько странным в специальной монографии.

В «Предисловии» С. Йоргенсен подчеркивает, что неоценимый вклад в создание этой коллективной монографии внес известный российский математик и эколог Ю.М. Свиричев, «который воспринял свою редакторскую работу по глобальной экологии как большой вызов, и сделал все, чтобы добиться глубокого и всестороннего освещения этих проблем, близких его сердцу. Юрий скончался в феврале 2007 г., когда около 90% работы было сделано. Поэтому я хотел бы посвятить эту книгу его памяти» (р. XI). Юрий

Михайлович действительно был одним из крупнейших и известных как в России, так и за рубежом специалистов по математизации естественнонаучного знания, и научное сообщество, как справедливо отметил Д.О. Логофет [10, с. 3], «чутко реагировало на эту утрату» ([7, 10], “Ecological Modelling”. 2008. V. 216. No. 2; «Журнал общей биологии». 2010. Т. 71. № 1). Думаю, что желание друга Юрия Михайловича и одного из наиболее известных сегодня экологов С. Йоргенсена посвятить это издание памяти Свирежева совершенно оправданно и его следует только приветствовать.

В этом же «Предисловии» (и следующем за ним «Введении») к первой части работы) С. Йоргенсен отмечает, что «в центре <внимания> глобальной экологии находится биосфера или экосфера, как единая система с многочисленными синергетическими эффектами, которые и объясняют ее уникальные свойства» (р. XI, p. 3). Это очень созвучно представлениям выдающегося климатолога М.И. Будыко [3, с. 4], который более 35 лет тому назад писал: «Не пытаюсь охватить все разделы этой науки, мы сочли целесообразным уделить в данной книге основное внимание центральной проблеме глобальной экологии – круговороту энергии и различных категорий вещества в биосфере...»; и далее: развитие глобальной экологии (с. 15–16) «требует разработки следующих основных направлений исследований»:

1. Изучение компонентов биосферы с целью составления их подробного количественного описания, относящегося ко всем регионам земного шара.

2. Изучение круговоротов энергии и главных видов минерального и органического вещества в биосфере для различных географических областей.

3. Построение численных моделей для каждого компонента биосферы, позволяющих исследовать процессы, развивающиеся в значительных по масштабам районах...

4. Получение эмпирических материалов, характеризующих состояние биосферы в геологическом прошлом, с целью выяснения закономерностей эволюции биосферы.

5. Применение численных моделей для расчетов изменений биосферы в прошлом, что расширит возможность объяснения механизма эволюции биосферы...

6. Применение численных моделей для прогнозов антропогенных изменений биосферы...

7. Изыскание методов воздействия на крупномасштабные процессы в биосфере для создания глобальной системы регулирования биосферы в интересах человеческого общества».

Сегодня взгляды Будыко на глобальную экологию уже вошли и в школьную, и в вузовскую программы [2, 5, 11 и др.].

Рецензируемая монография состоит из 5 частей и 54 статей; естественно, в рамках рецензии все их рассмотреть подробно невозможно. Поэтому я ограничусь перечислением этих работ и некоторыми комментариями «внутри частей».

Часть А «Глобальная экология, биосфера и ее эволюция» (кроме «Введения»), о котором уже было сказано) содержит 16 статей: **Ю.Г. Пузаченко** (Россия) «Абиотическое и биотическое разнообразие в биосфере»; **С.А. Пегов** (Россия) «Антропоферное и антропогенное воздействие на биосферу»; **С.Р. МакКау** (США) «Астробиология»; **Ю.Г. Пузаченко** (Россия) «Биогео-

ценозы как элементарная единица биогеохимической работы в биосфере»; **Ю.М. Свирежев** (Y.M. Svirgezhev; Португалия), **А. Свирежева-Хопкинс** (Германия) «Биосфера. Концепция Вернадского»; **А. Швиденко** (Австрия) «Сведение лесов», **Р. Саул**, **Ю. Свирежев** (Y. Svirgezhev; Германия), **Г. Стенчиков** (G. Stenichikov; США) «Воздействие ядерной войны на биосферу и окружающую среду»; **Р. Клиге** (Россия) «Эволюция океанов»; **Н. Матсуда** (Япония) «Эволюция систем “хищник – жертва”», **G.M. Gadd** (Великобритания) «Грибы и их роль в биосфере»; **P.J. Boston** (США) «Гипотеза Геи»; **Z.W. Kundzewicz** (Польша) «Гидросфера»; **C. Jäger** (Германия) «Ноосфера»; **В.О. Таргульян** (Россия), **R.W. Arnold** (США) «Педосфера»; **С.В. Чернышенко** (Украина) «Феномен жизни: общие аспекты» и «Структура и история жизни».

В первой статье Ю.Г. Пузаченко рассматривает живое вещество по В.И. Вернадскому, определяя его как термодинамическую систему, а биологическое разнообразие – как его параметр, аналог энтропии. Показано, что реальная динамика биологического разнообразия в экологическом масштабе времени интерпретируема в терминах динамических систем, которые могут рассматриваться как термодинамические, в разной степени удаленные от области равновесия. Рассмотрена качественная модель адаптивного цикла и панархии¹ Холлинга (C.S. Holling) и показана ее прямая связь с информационно-термодинамической моделью. Идея использовать в моделировании панархию (как систему разномасштабных иерархически связанных циклов динамики экосистем) представляется плодотворной: экспоненциальный рост числа семейств в таксономическом разнообразии живого вещества в геологическом масштабе времени (пример, который обсуждает Ю.Г. Пузаченко) напрямую «выводит» на фрактальность структуры сообществ [6], и панархия может служить обоснованием самоподобия эволюционного процесса.

В статье С.Р. МакКау про астробиологию, к сожалению, не затронуты астропалеонтологические представления о распространении жизни [13, 25, 34], которые позволяют в корне пересмотреть сложившиеся взгляды о развитии жизни на Земле (говорить лишь о времени появления жизни, но не о ее зарождении). Эти результаты настолько нетривиальны и сенсационны, что заставляют вспомнить слова грузинского астронома, академика Е.К. Харадзе (1907–2001), который любил повторять, что астрономия и палеонтология в силу своих невообразимых просторов удивительно привлекают сумасшедших...

В этой же части несомненный интерес вызывает статья Ю.М. Свирежева и А.Ю. Свирежевой-Хопкинс о биосферных воззрениях В.И. Вернадского и С. Jäger о его ноосфере. Всегда трудно в очень сжатом объеме (всего 4,5 и 3 страницы соответственно) изложить и попытаться дать собственную интерпретацию таким глобальным концепциям, как биосфера

¹ Термин «панархия» в понимании «все-правящий» введен в науку в 1860 г. бельгийским философом и ботаником П. де Пюи (Paul Emile de Puudt; 1810–1891; [35]) и в этом смысле использовался, например, Г.В. Плехановым; в экологию (в честь греческого бога природы Пана) введен в 2001 г. [23, 24], как антитеза к термину «иерархия». Панархия (panarchy) – степень, в которой различные иерархические уровни организации экосистемы влияют друг на друга; это набор динамических систем, вложенных через различные масштабы друг в друга. На способность возмущенной экосистемы возвращаться к своему устойчивому состоянию сильно влияют состояние и динамика на более крупных и более мелких масштабах.

и ноосфера Вернадского. И если в отношении биосферы авторам это удалось (они более четко, чем в работах Вернадского, сформулировали семь «биосферных» аксиом), то представления о ноосфере получили недостаточный комментарий с их стороны. Знакомство с первоисточником [4] показывает, что никакой «концепции ноосферы» им сформулировано не было и следует присоединиться к оценкам Р.К. Баландина [1, с. 94–95], который отмечал, что в работах Вернадского, возможно, сознательно, «...нет законченного и непротиворечивого толкования сущности материальной ноосферы как преобразованной биосферы... наша идеальная ноосфера более походит на символ веры, чем на объект научных исследований».

Часть В называется «Глобальные циклы, балансы и потоки» и состоит из 17 работ: **C. L. De La Rocha** (Германия), **C.J. Hoff, J.G. Bryce** (США) «Круговорот кальция»; **В.Н. Башкин, И.В. Припутина** (Россия) «Круговорот углерода»; **A. Kleidon** (Германия) «Энергетический баланс»; **Ю.М. Свирежев** (Германия) «Потоки энергии в биосфере» и «Энтропия и потоки энтропии в биосфере»; **Ю.Г. Пузаченко** (Россия) «Информация и информационные потоки в биосфере»; **K.A. Hunter, R. Strzpek** (Новая Зеландия) «Круговорот железа»; **C.B. Чернышенко** (Украина) «Вещество и потоки веществ в биосфере»; **Г.А. Заварзин** (Россия) «Микробиологические циклы»; **P.E. Widdison, T.P. Burt** (Великобритания) «Круговорот азота»; **J. Wuebbles** (США) «Круговорот кислорода»; **Y. Liu, J. Chen** (Китай) «Круговорот фосфора»; **N. Sokolik** (США) «Радиационный баланс и спектр солнечного излучения»; **H.N. Lee** (США) «Радионуклиды: их биохимические циклы и воздействие на биосферу»; **P.A. Loka Bharathi** (Индия) «Круговорот серы»; **Z.W. Kundzewicz** (Польша) «Круговорот воды»; **В.Н. Башкин** (Россия) «Круговорот ксенобиотиков».

Содержание этой части монографии достаточно традиционно. Сразу подчеркну великолепное качество иллюстраций, некоторые из которых с ходу можно вставлять и в школьные, и в вузовские учебники по экологии. Большой оригинальностью отличаются статьи Ю.М. Свирежева, Ю.Г. Пузаченко и Г.А. Заварзина о потоках энергии, информации и микробиологических циклах. Так, Ю.М. Свирежев с термодинамических позиций (используя представления об эксэргии) обсуждает эффективность растительности в фотосинтетической «переработке» энергии и приходит к выводу, что реальная эффективность «биосферы-машин» с антропоцентрической точки зрения крайне низка, но зато она надежна («за все в жизни надо платить...»). Ю.Г. Пузаченко подробно обсуждает различия количественной теории информации и общей теории информации (последняя, по его мнению, не существует). Он отмечает тенденцию «включения информации в термостатические модели» (р. 164) для контроля эволюции и ее необратимости. Наконец, Г.А. Заварзин убедительно демонстрирует важную роль микроорганизмов в круговороте азота, фосфора, серы, железа; трофическая организация микробиологических сообществ позволяет участвовать им в биогеохимических циклах разной сложности и целостности, что позволяет серьезно обсуждать «гипотезу Геи» (она, кстати, рассматривается в части D в статьях И.И. Мохова и А.В. Елисеева и D.W. Schwartzman).

В части С «Глобальные принципы и процессы» представлено 9 работ: **Д. Люри** (Россия) «Сельское хозяйство»; **M.A. Reuter** (Австралия), **A. van Schaik** (Нидерланды) «Экология материалов и металлов»²; **C.A. Пегов** (Россия) «Метан в атмосфере»; **S. Unnayar, L. Olsen** (США) «Мониторинг, наблюдения и дистанционное зондирование – глобальные измерения»; **A. Ganopolski** (Германия) «Океанские течения и их роль в биосфере»; **F.W. Gerstengarbe, P.C. Werner** (Германия) «Характер выпадения осадков»; **И.И. Мохов, А.В. Елисеев** (Россия) «Модели [изменения] температуры»; **A. Svirejeva-Hopkins** (Германия) «Урбанизация как глобальный процесс»; **S. Franck, C. Bounama, W. von Bloh** (Германия) «Процесс выветривания».

В этой части монографии рассмотрены как природные факторы воздействия на экосистемы и биосферу в целом (выветривание, океанские течения и пр.), так и антропогенные (сельское хозяйство, урбанизация и пр.). Здесь «откровений» еще меньше, и представленные данные только еще раз свидетельствуют о том, что В.И. Вернадский прав и Человек все больше и больше набирает силу и становится схожим с разрушительными природными факторами.

Самая небольшая по объему (но не по значению) – четвертая **часть D** «Изменение климата» содержит всего 5 статей: **Г.А. Александров** (Япония) «Изменение климата 1: краткосрочная динамика»; **W. von Bloh** (Германия) «Изменение климата 2: многолетняя динамика»; **И.И. Мохов, А.В. Елисеев** (Россия) «Изменение климата 3: история и современное состояние»; **D.W. Schwartzman** (США) «Козволюция биосферы и климата»; **W. Cramer** (Германия) «Глобальное изменение воздействий на биосферу».

В статьях этой части традиционно обсуждаются составляющие запасов углерода (как ископаемые <инертные>, так и краткосрочные динамические <запасы в атмосфере, океане, почвах, растительности> – Г.А. Александров); среднесрочные изменения (дочетвертичный, четвертичный периоды, последнее тысячелетие – И.И. Мохов и А.В. Елисеев); более длительные, эволюционные процессы глобального круговорота углерода в биосфере (механизм отрицательной обратной связи при описании взаимодействия между скоростью выветривания <при «посредничестве» биосферы>, температурой земной поверхности, CO₂ и атмосферным давлением; коэволюция системы «биосфера – геосфера» – W. von Bloh). Особый интерес представляет статья W. Cramer, в которой на геологической шкале квазиравновесия между распределением экосистем и климата наблюдается, хотя и медленный, рост лесов и медленное накопление органического вещества в почвах и торфяниках. Анализ современной литературы по этой тематике

² В статье под «металлами и материалами» подразумевается широкий спектр изделий и их применений (потребительские товары, в том числе бытовые приборы, автомобили, электроника и т.д.; строения, в т.ч. здания, сооружения, дороги; сельское хозяйство с учетом удобрений и т.д.). Социальная и экологическая ценность этих вещей и объектов определяется не только «потребительской стоимостью», функциональностью, долговечностью, безопасностью, снижением потребления энергии и т.д., но и возможностью вернуть эти материалы в «ресурсный цикл» после завершения их использования (функциональной жизни) с минимальным воздействием на окружающую среду. Конструкция изделия определяет выбор материалов для его создания, а также сложность комбинации материалов (например, сварка, склейка, легирование и пр.), что напрямую влияет на легкость утилизации материалов и позволяет говорить о степени открытости производственного цикла (промышленно-экологической системы; р. 260).

(к сожалению, как я уже отмечал, список рекомендуемой литературы никак не связан с текстом статьи и в данном конкретном случае состоит всего из (!) пяти наименований) позволил автору сделать шесть главных выводов (р. 361):

- некоторые экосистемы могут временно получить выгоду (увеличение биопродуктивности; *резонный вопрос – а почему не устойчивости или какой-нибудь иной сложной характеристики сложной системы?*) от роста атмосферного CO₂ и/или связанного с этим потепления климата (некоторые из этих преимуществ будут наблюдаться и во второй половине XXI в.);

- наблюдаемые временные задержки в реагировании экосистем, как правило, означают больший риск разрушительных воздействий позже;

- многие воздействия на биосферу необратимы на шкале до тысячелетий (такие, как исчезновение видов и органического вещества почв);

- экосистемы, подверженные изменению климата, уже в настоящее время находятся под существенным антропогенным давлением (нерациональное землепользование, загрязнение окружающей среды и пр.);

- возможны несколько вариантов смягчения последствий изменения климата (в частности, развитие производства биотоплива);

- биосфера продолжит оказывать основные экосистемные услуги для растущего человечества, если риски, связанные с изменением климата, будут сведены к гораздо более низкому уровню.

Познание локальных (топологических) и региональных механизмов устойчивости биосферы может внести существенный вклад в оценку экологических последствий глобального воздействия человека на климат. Речь идет, например, об изучении процессов биотической регуляции углеродного цикла в системе почва – растительность – атмосфера. Этой проблеме посвящена обширная литература как в нашей стране, так и за рубежом, однако основное внимание чаще уделяется (что наблюдается и в рассмотренных выше работах) методикам определения углеродных пулов в различных компонентах экосистем, а также изучению «работы» углеродного цикла и современного содержания углерода в лесных, болотных и других экосистемах. Гораздо слабее освещены вопросы количественной оценки реакции различных биотических компонентов углеродного цикла конкретных экосистем на глобальные климатические изменения (см., например, [9, 17, 33]).

В последней части коллективной монографии, **части Е** «Экологическая стехиометрия», собрано 6 работ: **R.W. Sterner, J.J. Elser** (США) «Экологическая стехиометрия: обзор»; **S.A. Thomas, J. Cebrian** (США) «Экосистемные модели и процессы»; **A.D. Kay** (США), **T. Vrede** (Швеция) «Эволюционные и биохимические аспекты»; **T. Vrede** (Швеция), **A.D. Kay** (США) «Экофизиология организма»; **J.P. Grover** (США) «Взаимодействия <на уровне> популяции и сообщества», **A. Quigg** (США) «Микроэлементы».

Эта часть посвящена сравнительно новому разделу экологии; здесь под «экологической стехиометрией» в самом общем плане понимается количественное исследование балансов вещества (отдельных химических элементов) и энергии в экологических взаимодействиях. Поэтому, подобно мольеровскому Журдену (с удивлением узнавшему, что всегда говорил прозой), специалисты узнали, что к экологической стехиометрии приложимы принципы Либиха, Шелфорда, эмпирическое соотношение Рэдфилда (“Redfield Ratio”) и др. К преимуществам этого подхода авторы относят возможность использовать уже наработанную в химии аргументацию для понимания некоторых факторов, регулирующих такие экологические процессы, как конкуренция, хищничество, паразитизм, биогеохимические круговороты веществ и пр. (р. 365). Здесь можно сделать два замечания. Во-первых, изучение балансовых соотношений свидетельствует о том, что исследователь «работает» с простыми свойствами (фактически, аддитивными) сложных систем, в то время как главная цель теоретической экологии заключается в описании *сложных свойств* сложных систем [15, 16]. Во-вторых (а это следует из «во-первых»), наличие в экологии «мировых констант» (подобных числу Авогадро, массе электрона, скорости света и пр.) не подтверждается. Точнее, если придерживаться той точки зрения, что любая «экологическая константа» вероятна по своей природе (по В.Д. Федорову [19] определяется «приблизительно», «в среднем» или по Л.В. Полищуку [12, 18] «похожа на константу»), то ее значение, скорее всего, должно быть задано интервально с некоторой статистической ошибкой, и говорить о балансах в такой ситуации не приходится [14].

Завершает работу обширный и очень удобный «Предметный указатель» (р. 429–462).

Глобальная экология в контексте прорецензированной работы – комплексная научная дисциплина, изучающая биосферу в целом. Она находится в стадии формирования, и ее границы точно не определены. Можно утверждать, что вслед за М.И. Будыко [3] авторы считают ее центральной проблемой круговорот различных веществ в биосфере (хотя именно его монография «Глобальная экология» с «акцентом» на эти проблемы и не цитируется; только в работах Ю.М. Свиричева [р. 153] и в статьях И.И. Мохового и А.В. Елисеева [р. 316, 345] рекомендованы три монографии Будыко [20–22]). Изучение и моделирование круговорота веществ необходимо для решения основной задачи глобальной экологии – разработки прогнозов возможных изменений биосферы в будущем под влиянием природных (климат) и антропогенных воздействий. Это особенно актуально в свете тех социо-эколого-экономических проблем, которые встали перед человечеством на пути достижения им «устойчивого развития». И книга «Глобальная экология» под редакцией С. Йоргенсена и Б. Фата, несомненно, вносит вклад как в понимание сформулированных задач, так и в модельно-методический аппарат их решения.

Литература

1. Баландин Р.К. Путь исканий (полемиические заметки) // Природа. – 1988. – № 2. – С. 94–98.
2. Бугаев А.Ф. Глобальная экология: концептуальные основы. – Киев : Изд-во «СПД Павленко», 2010. – 496 с.
3. Будыко М.И. Глобальная экология. – М. : Мысль, 1977. – 328 с.
4. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи соврем. биол. – 1944. – Т. 18, вып. 2. – С. 113–120.
5. Винокурова Н.Ф., Трушин В.В. Глобальная экология : учеб. для 10–11-х кл. профил. шк. – М. : Просвещение, 1998. – 269 с.
6. Гелашвили Д.Б., Якимов В.Н., Иудин Д.И. и др. Фрактальные аспекты таксономического разнообразия // Журн. общ. биол. – 2010. – Т. 71, № 2. – С. 115–130.
7. Гительзон И.И., Дегерменджи А.Г., Розенберг Г.С. Памяти Юрия Михайловича Свирежева // Журн. общ. биол. – 2007. – Т. 68, № 5. – С. 394–396.
8. Йоргенсен С.Э. Управление озерными экосистемами: [пер. с англ.]. – М. : Агропромиздат, 1985. – 160 с. (Jørgensen S.E. Lake Management. – Oxford et al. : Pergamon Press, 1980. – 167 p.).
9. Коломыц Э.Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. – М. : Наука, 2008. – 427 с.
10. Логофет Д.О. Юрий Свирежев в современной математической экологии // Журн. общ. биол. – 2010. – Т. 71, № 1. – С. 3–6.
11. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. Глобальная экология : учеб. пособие. – М. : ПРИОР, 2003. – 284 с.
12. Полищук Л.В. Динамика массы тела в сравнительно-видовом и популяционном аспектах // Изв. СамНЦ РАН. – 2006. – Т. 8, № 1. – С. 80–92.
13. Розанов А.Ю., Заварзин Г.А. Бактериальная палеонтология // Вестник РАН. – 1997. – Т. 67, № 3. – С. 241–245.
14. Розенберг Г.С. Экологические константы: миф или реальность? // Успехи совр. биол. – 2011. – Т. 131, № 1. – С. 102–112.
15. Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию. – Тольятти : Кассандра, 2011. – 1007 с.
16. Розенберг Г.С. Экология и системология: синтез теории // Биосфера. – 2012. – Т. 4, № 1. – С. 1–7.
17. Розенберг Г.С., Кузнецова Р.С., Костина Н.В. и др. Прогноз первичной биологической продуктивности на территории Волжского бассейна в условиях сценария «глобального потепления климата» // Успехи соврем. биол. – 2009. – Т. 129, № 6. – С. 550–564.
18. У фитопланктона соотношение размера и численности то же, что и у млекопитающих. 2006. <http://elementy.ru/news?discuss=430374> (последнее обращение: 31.10.2012).
19. Федоров В.Д. К стратегии экологического прогноза // Человек и биосфера. – Вып. 8. – М. : Изд-во МГУ, 1983. – С. 4–30.
20. Budyko M.I. Evolution of the Biosphere. – Berlin : Springer, 2001. – 444 p. (Ser.: Atmospheric and Oceanographic Sciences Library).
21. Budyko M.I., Izrael Y.A. (Eds.). Anthropogenic Climate Change. – Tucson (AZ) : Arizona Univ. Press, 1991. – 485 p.
22. Budyko M.I., Ronov A.B., Yanshin A.L. History of the Earth's Atmosphere. – Heidelberg : Springer-Verlag, 1987. – 139 p.
23. Gunderson L., Holling C.S. (Eds.). Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. – Washington : Island Press, 2001. – 450 p.
24. Holling C.S. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems // Eco-systems. – 2001. – V. 4. – P. 390–405.
25. Hoover R.B., Rozanov A.Yu., Zhmur S.I., Gorlenko V.M. (1998). Further evidence of microfossils in carbonaceous chondrites // Instruments, Methods and Missions for Astrobiology / SPIE Proceedings (20-22 July 1998, San Diego, California). – 1998. – V. 3441. – P. 203–216.
26. Jørgensen S.E. Integration of Ecosystem Theories: a Pattern 2nd. – Dordrecht : Kluwer, 1997. – 400 p.
27. Jørgensen S.E. Thermodynamics and Ecological Modeling. – Boca Raton (Florida) : CRC Press LLC, 2000. – 384 p. (Ser.: Environmental & Ecological (Math) Modeling, V. 4).
28. Jørgensen S.E. Eco-exergy as Sustainability. – Southampton (UK); Boston (USA): WIT Press, 2006. – 220 p. (Ser.: The Sustainable World, V. 16).
29. Jørgensen S.E., Fath B.D. (Eds.). Encyclopedia of Ecology. – London : Elsevier, 2008. – 5 Vol. – 4122 p.
30. Jørgensen S.E., Fath B.D. Fundamentals of Ecological Modelling: Applications in Environmental Management and Research, 4th ed. – Amsterdam; Boston : Elsevier, 2011. – 399 p.
31. Jørgensen S.E., Fath B.D., Bastianoni S. et al. A New Ecology: Systems Perspective. – Amsterdam; Boston : Elsevier, 2007. – 275 p.
32. Jørgensen S.E., Svirezhev Y.M. Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems. – Amsterdam et al.: Elsevier, 2004. – 366 p.
33. Kolomyts E.G., Rozenberg G.S. Forecasted changes of biological cycle carbon balance in temperate forest ecosystems under global warming // Int. J. Ecol. Econ. Stat. – 2009. – V. 15, No. F09. – P. 1–19.
34. McKay D.S., Gibson E.K. Jr., Thomas-Keppta K.L. et al. Search for past life on Mars: possible relic biogenic activity in Martian meteorite ALH84001 // Science. – 1996. – V. 273, No. 5277. – P. 924–930.
35. Puydt de P.E. Panarchy // Revue Trimestrielle (Bruxelles). – 1860. – July. – P. 222–245.

Г.С. Розенберг

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия