
ТЕОРИЯ

ГЛОБАЛИЗАЦИЯ С ПОЗИЦИЙ ЭКОЛОГИИ, СИНЕРГЕТИКИ И ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Иванов О. П., Снакин В. В.*

Рассмотрены основные положения междисциплинарных направлений исследования эволюционных процессов и дан анализ их достижений в области современного миропонимания с акцентом на современные процессы глобализации. Показано, что глобализация как естественно-исторический процесс соответствует общим законам эволюции биосферы. Подчеркивается необходимость при анализе развития человеческого социума руководствоваться современными научными знаниями, а не политологическими конструкциями типа «концепции устойчивого развития».

Ключевые слова: глобализация, сложные системы, эволюция, неравновесность, структурно-фазовые переходы, хаос, порядок, сукцессия, биоразнообразие, биосфера, ноосфера, логистика.

In this paper we consider the main principles of the interdisciplinary areas of the study of evolutionary processes as well as give the analysis of their achievements in the area of modern worldview with an emphasis on contemporary processes of globalization. We show that globalization as a natural historical process correlates with the general laws of the biosphere evolution. It is emphasized that the analysis of the development of human society should be guided by modern scientific knowledge and not by political models like that of “sustainable development”.

Keywords: globalization, complex systems, evolution, structural phase transitions, chaos, order, succession, biodiversity, biosphere, noosphere, logistics.

Введение

Несмотря на отмечаемую многими исследователями противоречивость определения термина «глобализация», большинство исследователей понимает под процессами глобализации интеграцию, взаимопроникновение цивилизаций, снижение роли всевозможных границ и барьеров и превращение человеческого общества в единую многоликую общепланетарную систему. Глобализация – это многосторонний процесс роста степени регулирования экономических и социальных процессов в мире, проявляющийся в интернационализации капитала, создании транснациональных компаний, международных правительственных и негосу-

* Иванов О. П. – к. г.-м. н., в. н. с. Института фундаментальных проблем биологии РАН, г. Пущино. E-mail: ivanovop@yandex.ru.

Снакин В. В. – д. б. н., профессор МГУ имени М. В. Ломоносова (Музей землеведения). E-mail: snakin@mail.ru.

дарственных организаций (в том числе и экологических), всеобщих баз данных, регламентирующих деятельность каждого человека [Глобалистика... 2006; Силина 2012; Снакин 2014б и др.]. Несмотря на высказываемые порой мнения о субъективности процессов глобализации, несомненно, что глобализация носит объективно-исторический характер [Чумаков 2014].

В данной работе мы понимаем глобализацию как стремление к единству мира, как формирование глобального человеческого общества, как самый важный в новейшее время процесс, обозначающий переход биосферы в состояние ноосферы.

Эволюционные процессы и закономерности, наблюдаемые в природе, с неизбежностью распространяются и на человеческое общество, являющееся неотъемлемой и в настоящее время ведущей частью биосферы. «Единый процесс развития охватывает явления живой и неживой природы и общества, поэтому естественно описать весь процесс развития на одном языке, в рамках единой схемы, с использованием общей терминологии» [Ермолаев и др. 2008: 36].

Для глубинного понимания наблюдаемых в настоящее время процессов глобализации весьма важным представляется анализ этих процессов с позиции междисциплинарных подходов, ознаменовавшихся в XX в. формированием ряда направлений, ныне претендующих на роль новейших парадигм современного миропонимания: экологии, синергетики и теории сложных систем.

Во второй половине XX в. благодаря научной революции, связанной с именами бельгийского физика и химика, нобелевского лауреата Ильи Пригожина [1960] и немецкого физика-теоретика Германа Хакена [1980], произошел переход к новой синергетической картине мира, в которой с единых системных и нелинейных позиций описывается большинство глобальных процессов и развитие природных систем.

Синергетика является наукой о процессах развития и самоорганизации сложных систем произвольной природы. Она наследует и развивает универсальные междисциплинарные подходы своих предшественниц: тектологии А. И. Богданова, теории систем Л. фон Бергаланфи, кибернетики Н. Винера. В рамках синергетики находят математическое обоснование такие постулаты, как возникновение порядка из хаоса, ведущая роль неравновесных состояний систем при иерархических переходах в процессе эволюции, ведущая роль флуктуаций (как признака неравновесного состояния) в фазовых переходах.

В 80-е гг. XX в. также сложилась специальная научная дисциплина, названная теорией сложности, которая включает в себя достижения синергетики и существенно расширяет круг рассматриваемых процессов и стадий эволюции любых сложных систем косного и живого мира. Действительно, любая система имеет стадии зарождения, роста или эволюции и угасания. Синергетика и современная теория сложных систем анализируют также характер изменчивости, принципы наследования части приобретенных признаков и специфики отбора лучшего с точки зрения прогресса вида и сообщества в целом в новых условиях.

Теория сложных систем дополняет синергетические принципы следующими свойствами: уникальность каждой сложной системы, слабая предсказуемость отклика на воздействия извне, негэнтропийность (система способна в определенных пределах управлять своей энтропией) и целенаправленность.

Это позволяет рассматривать систему как совокупность подсистем или элементов, связанных функциональной средой и целью развития, что предопределяет

ляет ее целостность, и говорить о внутренней когерентности развития структур системы.

Наука о сложных нелинейных процессах находится сейчас лишь в начальной стадии стремительного роста, о чем свидетельствует бурное развитие этой отрасли в мире.

За этот же период большой прогресс произошел в биологии, и особенно в области генетики. Разработаны новые подходы к теории эволюции. Специфика теоретических подходов в экологии состоит в том, что она подчеркивает обязательное наличие взаимоотношений, взаимозависимости и причинно-следственных связей в экосистемах.

Отметим, что и экология, и синергетика, и теория сложных систем в центре внимания помещают процессы эволюции сложных систем, будь то экосистемы, биосфера, ноосфера, социосистемы или любые сложные системы косного мира. Все это совместно формирует современное мировоззрение.

В целом благодаря развитию этих междисциплинарных направлений была существенно уточнена общая картина мира. Основой этой картины являются системное устройство мира, открытость систем и эволюция всех сложных систем за счет их взаимодействия между собой. При этом процесс развития охватывает явления неживой и живой природы, включая социум.

Настоящая работа представляет попытку авторов проанализировать с междисциплинарных позиций обусловленность глобализации ходом эволюции биосферы (ноосферы) и соответствующие тенденции, присущие глобализации. При таком анализе, естественно, возможны некоторые дискуссионные моменты, связанные с неполнотой наших знаний механизмов природных процессов и дискуссионностью целей развития жизни на нашей планете.

Особенности процессов глобализации

1. Естественно-исторической основой глобализации является расширяющаяся **экспансия живого вещества** на все пространство планеты Земля, максимально выразившаяся в Новейшее время во всеохватывающем преобразовании, по образному выражению В. И. Вернадского, «лика Земли».

В результате так называемого **давления «живого вещества»** область, занятая биологическими видами («живым веществом»), постоянно расширяется. Особой экспансией отличается деятельность человека разумного (*Homo sapiens sapiens*), благодаря которой в значительной степени изменены практически все экосистемы нашей планеты.

В цивилизационном аспекте давление живого вещества проявляется не только в расширении области деятельности человека, но и в углублении взаимодействия между отдельными этносами. Благодаря этому взаимодействию современное народонаселение Земли практически стало одной популяцией^{**}. О единстве человеческой популяции на планете писал С. П. Капица [1999], показавший, что динамику народонаселения легко аппроксимировать определенной зависимостью для всего человечества и невозможно – для отдельной страны, где субъективные решения руководства могут приводить к непредсказуемым последствиям (напри-

^{**} Обязательным признаком единой популяции является как общая территория распространения, так и определенная степень панмиксии (смешения), что в принципе характерно для всех населяющих нашу планету рас.

мер, к гибели значительной части населения страны в результате сталинских репрессий, уничтожению населения режимом Пол Пота в Кампучии и т. п.).

2. Важной особенностью эволюции биосферы в целом является отмечаемая многими исследователями общая тенденция **роста биоразнообразия**, несмотря на периоды порой резкого сокращения (великие вымирания), после которого разнообразие относительно быстро восстанавливалось и затем превосходило первоначальный уровень [Колчинский 1990; Федонкин 1991; Снакин 2014а и др.].

Такие значительные колебания биоразнообразия способствовали в дальнейшем эволюционному прогрессу, поскольку новому витку эволюции давали начало выжившие, наиболее приспособленные к изменяющимся условиям и наиболее удачливые (роль случая?) виды [Снакин 2015].

Роль разнообразия характеризует так называемый постулат Эшби, или закон необходимого разнообразия – закон кибернетики, выражающий пропорциональную зависимость между внутренним разнообразием системы и ее потенциалом в качестве субъекта и объекта управления. Важно также учитывать правило нефункционального разнообразия – эмпирическую закономерность эволюции, согласно которой в условиях кризиса вероятность сохранения сложной системы пропорциональна накопленному в ней разнообразию при решающей роли элементов, ранее задействованных в наименьшей степени. Так, в раннепротерозойской эре накопление кислорода в атмосфере Земли благодаря цианобактериям привело к массовой гибели анаэробов и доминированию прежде распространенных незначительно аэробов, поглощавших кислород и выделявших углекислый газ. Неолитическая революция была обеспечена накоплением зачатков земледельческого опыта, прежде носившего лишь ритуальный характер.

При этом с позиции современника не представляется возможным оценить будущую роль тех или иных, бесполезных на сегодняшний взгляд, механизмов и элементов сложной системы, способных сыграть решающую роль в процессах глобализации, в том числе в будущих кризисах цивилизации, что очень важно учитывать при принятии управленческих решений. В процессах глобализации необходимо использование разнообразных подходов, мнений и учета местных особенностей (глокализация). Глобализация – это не просто унификация, это поиски взаимоприемлемого учета интересов и локальных особенностей.

3. В. И. Вернадский в работе «Биосфера» [1926] отмечал, что эволюционный процесс совпадает в своих самых больших изменениях с критическими в истории планеты периодами. Согласно **концепции прерывистого равновесия**, разработанной американскими исследователями С. Гоулдом, Н. Элдриджем и С. Стэнли [Eldredge, Gould 1972 и др.], эволюция на видовом уровне, по крайней мере в 95 % случаев, идет не непрерывно, а скачками. Предполагается, что виды остаются практически неизменными на протяжении миллионов лет, а затем за несколько десятков или сотен лет происходит формирование новых видов.

Механизм скачкообразности развития объясняет самое поразительное открытие в генетике за последнее время – возможность так называемого **горизонтального переноса генов** от одних видов к другим (иногда к самым далеким). Таким образом, благодаря перемещающимся элементам генофонды всех организмов объединены в общий генофонд всего живого мира.

Использование человеком горизонтального переноса в генной инженерии (в том числе создание так называемых генетически модифицированных организмов) также способствует ускорению эволюции, решает проблемы продоволь-

ственного обеспечения и ускоряет процессы глобализации (взаимосвязи) экономик различных государств в единое пространство.

Аналогичный горизонтальному переносу генов в биологической эволюции перенос социально-экономических достижений одних сообществ (государств) в другие (особенно в случае максимальной удаленности традиционного уклада социумов) дает возможность скачкообразного развития этих государств, что мы и наблюдаем в Японии, Южной Корее, Сингапуре.

4. **Развитие науки**, научно-технический прогресс – важнейший элемент ускорения процессов глобализации. Наука, как никакая другая отрасль деятельности человека, стала авангардом глобализации, не зная никаких политических, религиозных и географических границ. Внедрение научных достижений в практику не только обусловило растущую мощь преобразующего воздействия человека на окружающий мир, но создало интернациональный фонд знаний и международную систему обмена этими знаниями (Интернет).

Именно с небывалым ростом внедрения научных исследований связано ускорение не только глобализации, но и эволюции в целом.

5. **Развитие** – это борьба двух противоположных тенденций – сохранение гомеостаза (равновесия с окружающей средой для обеспечения успеха в воспроизведении потомства) и поиск новых организационных форм, уменьшающих локальную энтропию [Ермолаев и др. 2008].

В качестве **цели глобализации** в настоящее время рассматривается стремление к устойчивости, стабильности социальных систем и мироустройства в целом, что нашло яркое выражение в *концепции устойчивого развития*. Однако опыт внедрения этой концепции показал скорее обратное. Мир не стал стабильнее, конфликты возникают с завидным постоянством.

Анализ исторических параллелей показывает, например, что великие цивилизации инков, майя, Древнего Египта и др., стремившиеся к устойчивости (стабильности) даже в своих грандиозных духовных (религиозных) сооружениях (пирамиды Древнего Египта, Чичен-Ица майя, Мачу-Пикчу инков), в кажущемся устойчивым сельском хозяйстве с фундаментальнейшими (в соответствии с имеющимися на то время знаниями), непомерным трудом на века построенными инками каменными террасами, остались в прошлом. И причина здесь не только в преимуществе более активных динамичных народов-завоевателей. О погибших без видимых оснований городах типа Мачу-Пикчу (современное Перу) испанцы-завоеватели вместе со всем миром узнали только в XX в. Создается впечатление о некоем тупике Совершенства. Конечно, завоеватели-испанцы, навязывая свои религиозные и культурные традиции индейским племенам, уничтожили огромный пласт культуры инков и майя. Но главная причина гибели этих цивилизаций видится не в этом, а во внутренних проблемах. В конце концов, сильнейшая империя современности – США – не смогла победить вьетнамский народ; не победила она и в Афганистане.

Так, манящее стремление к стабильности, благополучию оборачивается неустойчивостью под натиском даже незначительных внешних изменений. И это находится в полном соответствии с закономерностями эволюции биосферы, обобщенными нами ранее [Снакин 2015]. Самые стабильные развитые системы (так называемые климаксные экосистемы) являются самыми неустойчивыми по отношению даже к незначительному внешнему воздействию. И наоборот, динамичные, наполненные энергией системы легко преодолевают негативные внеш-

ние воздействия, что показано на примере анализа устойчивости ландшафтов [Снакин и др. 1992].

6. Один из элементов разнообразия устройства сложной системы – **доминирование**. Так, например, у животных, ведущих одиночный образ жизни, в случае необходимости возникает строгая иерархическая структура. В период нехватки корма такая организация сообщества определяет очередность доступа к пище. В доминирующей системе образуется структура, которая увеличивает мощность системы и становится материальной основой долговременной адаптации. Стресс-реакция (флуктуация) нужна для того, чтобы возникла доминирующая в адаптации система и образовался структурный след (новая структура, обеспечивающая новый способ функционирования).

Доминирование может не только разделять, но и объединять особей, оно способствует процессу локализации, образованию структуры в сообществе взамен агрессивных взаимодействий [Ермолаев и др. 2008].

Точно так же в процессе глобализации появляются доминирующие государства, деятельность которых хотя и широко критикуется, но имеет несомненно положительное влияние, включая существенную экономическую и научно-техническую помощь развивающимся странам. Положительную роль играют также такие доминирующие структуры, как международные союзы, не подавляющие национальные интересы, но учитывающие их и приспособливающие для достижения процветания всего человечества (цивилизации).

7. В процессе эволюции отмечается **ускорение роста сложности со временем** (рис.).

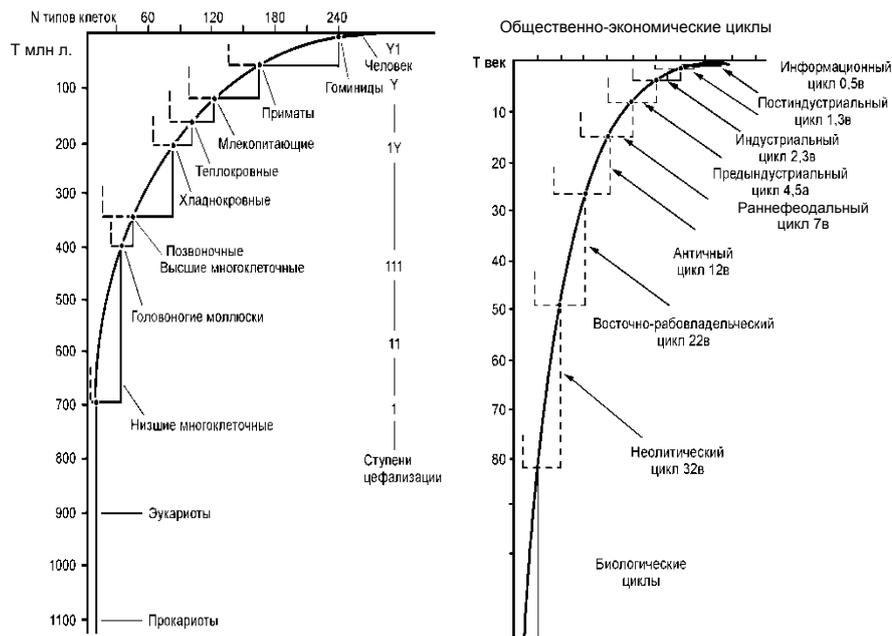


Рис. Эволюция по сложности. Слева – для биосферы, справа – для социума [Иванов 2000; Иванов, Оксогоев 2008]

Аппроксимация последовательности дискретных данных кривой дает представление о характере тренда эволюции. Степенной характер зависимости позволяет говорить об эволюции биосферы как ускоряющемся процессе, отвечающем режимам с обострением на заключительном этапе (левая часть рис.).

В настоящее время говорится даже о сингулярности эволюции, то есть о взрывоподобном росте *скорости эволюции*, при котором перестают действовать привычные законы [Панов 2008]. При достижении так называемой точки сингулярности скорость эволюции становится столь быстрой, что делает это состояние близким бифуркации. *О возможно новом этапе эволюции свидетельствует также произошедший на рубеже третьего тысячелетия демографический переход, означающий, что прирост численности человечества уменьшается в условиях материального изобилия.*

Все закономерности эволюции действуют компланарно, то есть взаимосогласованно, обеспечивая тем самым непрерывность эволюционного процесса. Аппроксимация иерархического ряда степенной кривой позволила ввести такое понятие, как тренд эволюционного развития, и рассматривать его как коридор устойчивой эволюции.

8. С позиций синергетики и теории сложных систем именно **усложнение систем** решает проблемы процесса эволюции. В ходе глобализации также происходит усложнение мироустройства.

В случае живого мира примером является эволюция биосферы. Она прошла путь от одноклеточных организмов до многоклеточных, высших многоклеточных и человека. Эволюция общества прошла путь от десятков тысяч особей в начале цивилизации до миллиардов человек и сотни системных образований в виде государств и международных организаций (ООН, международные конвенции и т. п.).

Следовательно, речь идет о всеобщем процессе эволюции Вселенной по параметру сложности [Иванов 2003; Иванов, Оксогоев 2008]. При этом каждая следующая ступень включает в себя предыдущие ступени.

Основой эволюции является *принцип устойчивости* – пирамидальное распределение структурных иерархических уровней сложных систем. Внизу – наиболее простые, но более многочисленные, вверху – все более сложные, но менее численные. До сих пор большая часть массы Вселенной – это водород, затем гелий и т. д. Большая часть живой материи на Земле – это одноклеточные организмы, численность в подсистемах более высоких уровней иерархически уменьшается (так называемая экологическая пирамида, или пирамида биомасс). Благодаря такому структурогенезу биосфера перенесла как минимум пять массовых вымираний биоты и десятки более мелких вымираний, но по-прежнему сохраняется и увеличивает сложность.

Если такой подход применить к развитию общества, взяв при этом в качестве типа клеток понятие общественно-экономической формации по Ю. В. Яковцу [1993], то мы получим аналогичную кривую и для социума (см. правую часть рис.). Сравнение обеих кривых позволяет увидеть, что время, необходимое для вхождения в режим с обострением для биосферы, составляло 3,8 млрд лет, тогда как для социума оно укладывается в 80–100 веков, то есть это абсолютно различные темпомиры. Из этого можно сделать обобщающий вывод о том, что все сложные системы эволюционируют по степенным законам и различие состоит только в интервалах бытия или в темпомирах, то есть характере степенной зави-

симости. Примеры приведены в работе [Иванов, Оксогоев 2008], где рассмотрены процессы эволюции трещин при усталостном разрушении металлов в условиях циклических нагрузок; последовательности усложнения процесса кристаллизации в капле раствора при испарении воды; процессы эволюции литосферы в зонах подвига литосферных плит. Указанные примеры полностью подтверждают данную идею.

На наш взгляд, это очень важно, так как чем больше элементов, тем выше будет склонность к самоорганизации.

9. В развитии любой системы можно выделить две стороны: *адаптацию* к внешним условиям и *преобразование* внешних условий для более успешного выживания.

Период адаптации – это период эволюционных преобразований, который содержит только количественные перемены в системе. Структурная устойчивость при этом не нарушается. Периоду адаптации соответствует неизменное скопление приспособительных признаков широкого значения, нарастание универсализма системы. В итоге флуктуаций в системе появляются регулирующие сигналы, которые изменяют, приспособливают структуру системы так, чтобы система продолжала работать эффективно.

Период адаптации преобладает на начальной стадии развития. Для периода ускоряющейся глобализации более характерно преобразование окружающей среды. При этом необходимы согласованные действия человека в общепланетарном аспекте, опирающиеся на научные знания и обратную связь с природными процессами, представляющую информацию о реальном состоянии биосферы.

Этот тезис очень важен, так как речь идет о структурирующем воздействии, тогда как в синергетике утверждается, что система для самоорганизации получает извне просто энергию без структурирующего значения. Более того, речь идет о непрерывной обратной связи (функциональной), а не о корректирующем коэффициенте, как в логистическом уравнении Ферхюльста [Verhulst 1838], описывающем состояние экосистемы.

Без обратной связи невозможна успешная природоохранная деятельность, которая характерна исключительно для человека и стала неотъемлемой частью глобализации.

10. Уже сейчас можно утверждать, что с ростом числа элементов системы возрастает нелинейность множества связей и ее способность к *самоорганизации*. Множество может квантоваться на подмножества, сохраняющие сложность и нелинейность. Нелинейность имеет следствия – это способность к самоорганизации и образованию систем и последующая их эволюция по степенному закону роста сложности.

На современном этапе глобализации процессы самоорганизации привели к образованию наднациональных организаций (ООН, ЮНЕСКО, ФАО и др.), международному законодательству и соответственно к росту сложности мировой системы.

11. Еще одной важной и весьма дискуссионной составляющей глобализации является рост *свободы личности* как элемента социума. С одной стороны, имеющий место в западной культуре рост свободы личности ведет к демократизации общества (необходимой для обновления правящей элиты и ускоренной ротации кадров в системе управления), с другой стороны – к росту хаоса. Но хаос – начало

всех вещей. По Гесиоду («Теогония»), именно хаос породил всех известных нам греческих богов – от громовержца Зевса до гекатонхейров. Однако важно отметить, что проявления хаотической динамики не должны выходить за рамки коридора устойчивости процесса эволюции и должны служить только средством поиска нужного решения и способа самоорганизации в пределах эволюционного тренда, иначе возникнет тупиковая ветвь развития.

Процесс обретения материей физического бытия, согласно современным представлениям, связан с хаосом и неустойчивостью. Наиболее яркими примерами подобных процессов могут служить явления возможного самозарождения жизни и биологической эволюции.

При наличии избытка свободной энергии в неравновесной системе возникает хаос особого рода, называемый динамическим; реакция такой системы на возмущающие воздействия нелинейна и может быть сколь угодно большой при сколь угодно малом первичном возмущении. Динамический хаос замечателен тем, что он служит источником самозарождения строго упорядоченных структур. Так, в турбулентном потоке возникают устойчивые вихри – подобные вихри (так называемую «дорожку Кармана») можно наблюдать за быстро плывущей лодкой [Ермолаев и др. 2008]. Подобно этому явлению *при высоком уровне энергии* в современном обществе растущая свобода личности может привести к новому уровню самоорганизации и новому этапу развития человечества.

Выводы

1. Глобализация представляет собой естественно-исторический процесс интеграции мирового сообщества в единую систему, который с неизбежностью соответствует общим законам эволюции биосферы. При этом любая подсистема, в том числе подсистема социума, таким путем оптимизирует число связей с системой для эффективного управления.

2. Глобализация обусловлена главными направлениями эволюции биосферы, связанными с экспансией живого вещества и углублением степени проникновения и взаимосвязанности биосферных процессов.

3. Успешность глобализации напрямую связана с ростом разнообразия составляющих ее элементов и процессов, хотя в отдельные (кризисные) периоды возможны и противоположные тенденции.

4. На пути процессов глобализации сложной системы мироустройства возникают кризисные явления (фуркации, бифуркации), предсказать исход которых заранее практически невозможно, но степень благополучия исхода зависит от наличия как можно большего разнообразия в системе в начале кризиса, а также от наличия (и сохранения) элементов системы, не игравших значительной роли на предшествовавшем этапе эволюции.

5. Скачкообразность развития в биологическом мире может быть объяснена горизонтальным переносом генов. Аналогичные этому процессы горизонтального переноса элементов культуры от одного этноса другому – важная особенность скачкообразного развития ряда государств (Южная Корея, Япония, Сингапур и др.).

6. Отмечается полезность существования доминирующих международных структур, которые способствуют процессу глобализации и уменьшению агрессивного взаимодействия между различными сообществами.

7. Анализируя возможные направления развития процессов глобализации, следует отметить необходимость опоры на современные достижения теории сложных систем, с тем чтобы руководствоваться имеющимися научными знаниями

ми, а не политологическими конструкциями типа «концепции устойчивого развития», которая до сего времени так и не приобрела сколь-либо серьезного научного обоснования.

Литература

- Вернадский В. И. Биосфера. Л. : Науч. хим.-техн. изд-во, 1926.
- Глобалистика: международный междисциплинарный энциклопедический словарь / под ред. И. И. Мазура, А. Н. Чумакова. М.; СПб.; Нью-Йорк, 2006.
- Ермолаев Б. В., Аруцев А. А., Слуцкий М. С., Кутателадзе И. О. Концепции современного естествознания. Ростов н/Д. : Феникс, 2008.
- Иванов О. П. Особенности самоорганизации сложных систем в процессе эволюции // Синергетика: Труды семинара. Вып. 3. М. : МГУ, 2000. С. 264–272.
- Иванов О. П. Причины различия эволюции Биосферы и Общества, экологические следствия и методология выхода // Синергетика: Труды семинара. Естественно-научные, социальные и гуманитарные аспекты. Вып. 7. М. : МГУ, 2003. С. 51–68.
- Иванов О. П., Оксогоев А. А. Синергетика и фракталы сложных систем. Томск : ТГУ, 2008.
- Капица С. П. Общая теория роста человечества: Сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. М. : Наука, 1999.
- Колчинский Э. И. Эволюция биосферы. Л. : Наука, 1990.
- Красилов В. А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. М. : ВНИИ Природа, 1992.
- Панов А. Д. Единство социально-биологической эволюции и предел ее ускорения // Историческая психология и социология истории. 2008. № 2. С. 25–48.
- Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. М. : ИЛ, 1960.
- Силина Е. В. Феномен глобализации: социальный аспект // Век глобализации. 2012. Вып. 2(10). С. 89–95.
- Снакин В. В. Глобальные тенденции в эволюции биосферы // Век глобализации. 2014а. Вып. 2(14). С. 3–13.
- Снакин В. В. Глобальные экологические процессы и эволюция биосферы: Энциклопедический словарь. М. : Academia, 2014б.
- Снакин В. В. Динамика биоразнообразия, дрейф материков и глобализация // Век глобализации. 2015. Вып. 1(15). С. 66–74.
- Снакин В. В., Мельченко В. Е., Бутовский Р. О. и др. Оценка состояния и устойчивости экосистем. М. : ВНИИ Природа, 1992.
- Федонкин М. А. Биосфера: четвертое измерение // Природа. 1991. № 9. С. 10–18.
- Хакен Г. Синергетика. М. : Мир, 1980.
- Чумаков А. Н. О глобализации с объективной точки зрения // Век глобализации. 2014. Вып. 2(14). С. 39–51.
- Яковец Ю. В. У истоков новой цивилизации. М. : Дело, 1993.
- Eldredge N., Gould S. J. Punctuated Equilibria: an Alternative to Phyletic Gradualism // Models in Paleobiology / Ed. by T. J. M. Schopf. San Francisco : Freeman Cooper, 1972. Pp. 82–115.
- Verhulst P. F. Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement // Correspondance mathématique et physique. 1838. No. 10. Pp. 113–121.