

УДК 574.4+536.7

© Г. Н. Лысенко

САМООРГАНИЗАЦИЯ ЗАПОВЕДНЫХ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ПОЗИЦИЙ СИНЕРГЕТИКИ

*Нежинский государственный университет имени Николая Гоголя
16600, Черниговская область, г. Нежин, ул. Крапивянского, 2
e-mail: lysenko_gena@yahoo.com*

Лысенко Г. Н. Самоорганизация заповедных степных экосистем с позиций синергетики. – Рассматриваются особенности процессов самоорганизации заповедных степных экосистем с позиций новой области междисциплинарных исследований – синергетики. Отмечается, что в большинстве степных резерватов, прежде всего в заповедниках с абсолютно заповедным режимом, процессы самоорганизации биотических структур чрезвычайно трансформированы и не соответствуют естественному ходу эволюционных процессов в Степи, как биома с доминированием травянистых экобиоморф.

Ключевые слова: синергетика, самоорганизация, степные экосистемы, заповідники.

Лысенко Г. М. Самоорганізація заповідних степових екосистем з позицій синергетики. – Розглядаються особливості процесів самоорганізації заповідних степових екосистем з позицій нової області міждисциплінарних досліджень – синергетики. Відмічається, що у більшості степових резерватів, насамперед на ділянках з абсолютно заповідним режимом, процеси самоорганізації біотичних структур дуже трансформовані і не відповідають природному ходу еволюційних процесів у Степу як біому з домінуванням трав'янистих екобіоморф.

Ключові слова: синергетика, самоорганізація, степові екосистеми, заповідники.

Введение

Синергетические представления о самоорганизации сложных систем проникают сегодня в самые разнообразные области исследований. Вместе с тем статус синергетики в рамках науки на сегодняшний день не определен. Существует широкий спектр точек зрения. Так, синергетика часто трактуется в узком смысле как конкретная область теоретической физики и в широком – как общенаучная методология или даже как основа нового мировоззрения. Основатель синергетики Г. Хакен в одной из своих монографий справедливо заметил: «Если наука желает избежать необходимости всякий раз для объяснения сути вещей обращаться за помощью к сверхъестественным силам и актам творения, она первым делом должна объяснить природу самозарождения и развития структур – иными словами, суть процессов самоорганизации» [9]. Существуют ли общие принципы возникновения упорядоченных структур в открытых системах? На решение этой проблемы и направлены синергетические исследования. Синергетика (от др.-греч. *synergetikos* – совместный, согласованно действующий) – междисциплинарное направление научных исследований, задачей которого является изучение природных явлений и процессов на основе принципов самоорганизации систем (состоящих из подсистем).

Самоорганизация заключается в том, что в ее основе лежат закономерности изменения параметра порядка, определяющие макроскопическое поведение наблюдаемых структур. Множество отдельных элементов открытой системы (в нашем случае экосистемы или биогеоценоза) задействованы в процессе постоянного тестирования различных макросостояний, предоставляемых им системой. Под воздействием постоянно поступающей энергии (или энергии и вещества) один или несколько типов такой коллективной реакции оказывается предпочтительнее других, что согласуется и одновременно определяется законом энтропии [7]. Со временем именно эти формы движения или типы реакций становятся преобладающими в системе. Постепенно происходит подавление – или, говоря языком синергетики, подчинение ими всех прочих форм движения. Подчиняющие себе всю систему типы реакций проявляются в явных и отчетливо наблюдаемых изменениях макроскопической структуры системы. Состояния, достигнутые системой, как правило, представляются состояниями более высокой степени упорядоченности.

Проблеме организации и функционирования степных экосистем посвящена обширная литература. В исследованиях особое внимание уделяется вопросам формирования фитоценологических структур и способов функционирования степных биогеоценозов в целом, включая животное население и почвенный покров. Вследствие значительной антропогенной трансформации степного биома, основными полигонами исследований являются степные заповедники, на территории которых полностью запрещены или существенно ограничены все виды хозяйственной деятельности и внедрен абсолютно заповедный режим. Однако, при отсутствии стадных копытных и сопутствующим им видов степного фаунистического ядра, типичные виды-доминанты, прежде всего дерновинные злаки, стали замещаться корневищно-злаковыми а затем кустарниковыми и древесными экобиоморфами. Объяснить выше упомянутые трансформации не удалось, используя лишь флористический, фаунистический и биоценологический подходы.

Одной из фундаментальных особенностей биоты является самоорганизация материи, базирующаяся на необратимости большинства известных науке процессов, протекающих как в микро-, так и в макромире. Материи свойственна способность создавать и поддерживать в открытых системах очень неравновесные состояния, из которых при определенных условиях осуществляются скачкообразные переходы в качественно новые, в том числе с высшим уровнем упорядоченности. Э. Шредингер [10] пришел к выводу, что жизнь, в широком смысле, кроме разрушительной тенденции проявляет способность к стойкой поддержке упорядоченных состояний.

В предлагаемой работе попытаемся объяснить трансформацию растительного покрова степных и лугово-степных заповедных экосистем, проявляющейся в инверсии травянистых сообществ с доминированием «типичных» степных видов и лигнозных фитоценоструктур, используя основные положения синергетики.

Материал и методы исследования

Полигонами исследований были выбраны степные заповедники Украины и России репрезентирующие различные типологические варианты степей: северные луговые степи («Михайловская целина» (Сумская обл., Украина), «Ямская степь» (Государственный природный заповедник «Белогорье» (Белгородская обл., Россия)), «Стрелецкая» и «Казацкая степи» Центрально-Черноземного биосферного природного заповедника им. проф. В. В. Алехина (Курская обл., Россия), гигротический вариант разнотравно-типчакково-ковыльных степей («Стрельцовская степь» отделение Луганского природного заповедника (ЛПЗ) (Луганская обл., Украина), петрофитный (на гранитах) вариант разнотравно-типчакково-ковыльных степей «Каменные Могилы» и «Хомутовская степь», представляющая настоящие разнотравно-типчакково-ковыльные степи – (оба отделения Украинского степного природного заповедника, расположенные в Донецкой обл.). Все вышеуказанные заповедники имеют на своей территории абсолютно заповедные участки, охранный режим которых установлен в середине XX века и исключает все виды хозяйственной деятельности.

Результаты и обсуждение

Вследствие длительного воздействия абсолютно заповедного режима типичные степные ценозообразователи (дерновинные злаки из родов *Stipa* L., *Festuca* L., *Koeleria* Pers. и пр.), связанные коэволюционными отношениями с рядом степных консументов, прежде всего со стадными копытными, утратили свое ценологическое значение. На смену им пришли сообщества с доминированием корневищных злаков (представители родов *Elytrigia* Desv., *Calamagrostis* Adans., *Bromopsis* Fourr., *Poa* L., *Dactylis* L., *Arrhenatherum* Beauv.) с соответствующим ценологическим окружением (виды лугово-степного и лугового разнотравья *Vicia tenuifolia* Roth, *Euphorbia semivillosa* Prokh., *Lactuca serriola* Torner, *Clematis integrifolia* L., *Thalictrum minus* L., *Inula germanica* L., *Galatella rossica* Novopokr. и др.). Во многих типологических вариантах степей значительное место в растительном покрове начали занимать кустарниковые степи с доминированием *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex

Voloszczs.) Klaskova, *Caragana frutex* (L.) C. Koch, *Amygdalus nana* L. Это же касается и зарослей степных кустарников (*Prunus stepposa* Kotov, *Cerasus fruticosa* Pall., *Rhamnus cathartica* L. и др.), которые уже выходят на плакорные участки при этом эффективно элиминируют из травостоя типичных степантов. На территории степных резерватов имеются участки в состав растительности которых входят сообщества с выраженной эдификаторной ролью древесных экобиоморф (*Pyrus communis* L., *Malus sylvestris* Mill., *Acer tataricum* L., *Populus tremula* L.), образующих фитоценоструктуры, резко контрастирующие с типичной степной растительностью.

Доказано, что доминирование травянистых экобиоморф в большинстве случаев объясняется экзогенными механизмами стабилизации [4]. К огромному сожалению, зоокомплекс большинства степных заповедников достаточно беден. Отсутствие многих звеньев консументного блока (прежде всего стадных копытных (*Artiodactyla* и *Perissodactyla* (Owen, 1848) с соответствующей гильдией копрофагов, степных грызунов (*Marmota* (Blumenbach, 1779), *Dipodidae* (Fiscer von Waldheim, 1817) и др.) в большинстве современных степных заповедников привело к «олуговлению» степных травостоев. Здесь уместно обратиться к истории формирования биомов с доминированием травянистых биоморф. По мнению В. В. Жерихина [4], травяные биомы на основе злаков возникали независимо, по меньшей мере, трижды – в эоцене в Южной Америке, в олигоцене-миоцене на северных материках и в миоцене в Австралии. Однако их становление каждый раз было связано с деятельностью крупных растительноядных позвоночных. Наличие мощного консументного блока с одной стороны, и влияние регулярно повторяющихся локальных нарушений – с другой, способны стабилизировать многовидовое сообщество, лишенного устойчивости.

Таким образом, ряд существующих ныне степных заповедников охраняет совсем иные биоценоотические структуры, многие из которых с огромными допущениями можно отнести к «типичным» степным. Существующие заповедные режимы оказались достаточно искусственными, а порой, чуждыми природе степи. В результате их влияния исчезают не только «краснокнижные» виды, но и типичные зональные доминанты и эдификаторы. Исчезают именно те объекты, ради сохранения которых и были в свое время созданы степные заповедники.

В целом парадигма самоорганизации постепенно приобретает характер общенаучного принципа [3, 5, 9], с позиций которого можно определить эволюцию систем как направленный процесс возникновения новых структур в результате самоорганизации их элементов. Конечно, необходимым исходным условием для возникновения эволюционных процессов является наличие старой системы, которая характеризуется открытостью.

Эволюция открытых систем, охарактеризована предшественником Г. Хакена – И. Р. Пригожиным [7] как «порядок через флуктуации». Ведь именно благодаря случайным отклонениям от предыдущего режима функционирования неравновесные системы, которыми являются и экологические системы, в том числе и степные, теряют предыдущий уровень функционирования и переходят на новый, что проявляется в виде становления нового типа структур, отличающихся от исходных.

Однако, главная трудность, которую необходимо преодолеть, заключается в более полной и точной экспликации понятия «самоорганизации», которое разными исследователями трактуется по-разному. В словаре-справочнике Н. Ф. Реймерса [8] находим такое определение: «самоорганизация – строгая последовательность («порядок») физико-химических и биологических явлений в природных системах обусловленная внешними и внутренними ограничениями и ведущая к возникновению физиономически однородного и/или функционально единого целого». В тоже время В. В. Жерихин [11] замечает, что самоорганизация сложных систем базируется на самовоспроизводящихся и способных к адаптивной эволюции элементах, которые могут самоструктурироваться уже при очень простых начальных условиях. Однако эти параметры должны оставаться доступными на отрезке времени, соизмеримом со временем, необходимым для самоорганизации системы. В

случае быстрых и не предсказуемых изменений начальных условий самоорганизация или невозможна, или протекает крайне медленно.

Н. Н. Моисеев [6], объясняя основные положения концепции универсального эволюционизма указывает на то, что они должны быть способны описывать ту общую картину, те общие явления, которые обнаруживаются уже в рамках изучения динамических систем. Это все те же процессы самоорганизации, непрерывно рождающие из хаоса новые квазистабильные образования и превращающие их снова в материал для формирования из хаоса новых структур, т. к. в основе этих процессов всегда лежат три эмпирических обобщения: изменчивость (стохастичность и неопределенность органически присущи природе); наследственность (зависимость настоящего и будущего от прошлого) и отбор (система правил, отбирающих из множества виртуальных событий движения реальные). Одним из способов решения данной проблемы, по мнению Н. Н. Моисеева [6], является использование механизмов бифуркационного типа. Однако, хотя вышеуказанные механизмы в биологии проявляются не в таком рафинированном виде как в физике, тем не менее, они сохраняют свою основную особенность – непредсказуемость исхода. Вместе с тем академик Н. Н. Моисеев указывал на особое место, занимающее так называемыми им «механизмами сборки», которые провоцируют появление совершенно новых свойств у эволюционирующих систем. Он утверждал, что «... природе свойственна кооперативность – объединение отдельных элементов в системы. В результате у образовавшейся системы могут возникнуть новые свойства». И далее: «Совсем иное – возникновение свойств больших совокупностей объектов: если количество элементов и сложность связей между ними достигают некоторого критического уровня, то эта совокупность обретает некоторые качественно новые системные свойства. И с этой особенностью связаны, может быть, самые глубокие свойства окружающего нас «макромира» [6].

Существуют определенные сложности в вычленении и дифференциации демутиационных (восстановительных) изменений и процессов саморазвития, протекающих на фоне колебания величин климатических, гидрологических, эдафических и иных абиотических факторов. Кроме того, следует учитывать влияние консументного блока, как одного из регуляционных механизмов биоценотической эволюции, даже принимая во внимание его неполноценность и достаточно трансформированный состав. Не стоит приуменьшать и роль антропогенных воздействий, поскольку незначительные площади степных заповедников, их фрагментарность значительно снижают возможность реализации процессов саморазвития ценотических систем. Крайне малое число заповедников имеют научно-обоснованные охранные зоны, на территориях которых поддерживается режим щадящего природопользования. Упомянутые факторы значительно усложняют само понимание процессов самоорганизации, однако, нам представляется вполне корректным использовать как методологическую базу основные положения синергетики.

Какими же свойствами должна обладать ценотическая система, что бы в те или иные интервалы времени наиболее оптимально соответствовать средовым и биотическим параметрам? По мнению И. А. Банниковой [1], лесные экосистемы отличаются высокой энергетической упорядоченностью, поскольку сохраняют наибольшее количество связанной в биомассе энергии. Вместе с тем, она наиболее далека от состояния термодинамического равновесия, поскольку ее многолетняя масса на несколько порядков превышает однолетнюю зеленую массу, накапливаемую в период активного метаболизма. Поэтому леса достигают верхнего энергетического уровня при относительно низких скоростях негэнтропийного процесса (под этим следует понимать прирост биомассы). Все это предполагает более высокие затраты энергии на поддержание гомеостаза вследствие аккумуляции огромной биомассы.

В сравнении с лесом, степная экосистема характеризуется наименьшей энергетической упорядоченностью, так как ее суммарная биомасса достаточно мала, поэтому верхний энергетический уровень достигается при самых высоких скоростях роста негэнтропии.

И леса, и степи представляют собой крупные совокупности живых макроскопических тел с очень неоднородным распределением органического вещества и разнокачественными процессами его накопления, преобразования и утилизации. Их различие четко проявляется при сравнении запаса биомасс (в ряду «леса – степи» от 500 до 20 т/га), скорости обновления запаса химической энергии в годовом цикле развития (от 5–10% для леса до 80–90% для степи), удельной скорости производства химической энергии (соответственно: от 10–20 до 90–180 мг/м² ·сут).

В последнее время предпринимаются попытки объяснить эволюцию экосистем с позиций общефизических законов, в частности второго закона термодинамики. Так, Я. П. Дидухом [2] было проведено сравнение энергетических потенциалов и потоков лесных и степных экосистем по различным блокам. Анализ полученных количественных данных свидетельствует о концентрации энергии в биомассе лесных фитосистем, характеризующихся высокой энергетической емкостью, и в подземном блоке степных экосистем (преимущественно за счет высокой концентрации гумуса). Биотический блок степей характеризуется высоким энергетическим оборотом. Он в 16 раз превышает лесные экосистемы, а также более высокими показателями энтропии (0,48) в сравнении с лесными биогеоценозами (0,035), что, в сущности, и определяет характер сукцессии.

Все выше изложенное не оставляет сомнений в том, что экологические системы вообще, а степные экосистемы в частности, представляют собой открытые неравновесные термодинамические системы, постоянно обменивающиеся со средой энергией и информацией. Они способны чутко реагировать на изменение как внешних, так и внутренних факторов, особенно на изменение основных параметров системы, вызывающих трансформацию основных способов функционирования, что проявляется в изменении габитуальных характеристик заповедных степей. Поэтому мы считаем, что применение синергетического подхода при изучении динамических процессов (в сложившихся представлениях о динамике растительного покрова), происходящих в заповедных экосистемах и проявляющихся в самоорганизации ее элементов, будет способствовать выработке более корректных регуляционных мероприятий, направленных на сохранение видового и ценотического разнообразия степных заповедников.

Выводы

Резюмируя упомянутые выше положения, высказанные в разное время представителями различных научных школ, не трудно прийти к выводу, что использование основных постулатов синергетики как междисциплинарной науки поможет в разрешении целого ряда теоретических проблем современного степеведения. Кроме того, синергетика показывает новые аспекты и ракурсы рассмотрения старых проблем, что дает возможность использовать ее как новую методологию исследования сложных систем, коими являются экологические системы.

Вместе с тем, мы отдаем себе отчет в том, что следует очень осторожно экстраполировать результаты исследований, полученных на крайне ограниченных территориях, коими является большинство объектов природно-заповедного фонда, на всю площадь степной зоны, однако синергетический подход позволит наиболее комплексно подойти к решению степного вопроса.

Список литературы

1. Банникова И. А. Лесостепь внутренней Азии: структура и функции / И. А. Банникова. – М., 2003. – 287 с.
2. Дідух Я. П. Еколого-енергетичні аспекти у співвідношенні лісових і степових екосистем / Я. П. Дідух // Укр. ботан. журн. – 2005. – 62, № 4. – С. 455–467.
3. Дідух Я. П. Системний та синергетичний підходи в сучасній ботаніці / Я. П. Дідух // Етуди фітоєкології. – К.: Арістей, 2008. – С. 4–26.

4. Жерихин В. В. Природа и история травяных биомов / В. В. Жерихин // Степи Евразии: проблемы сохранения и восстановления. – СПб. – М.: Ин-т географии РАН, 1993. – С. 29–49.
5. Курдюмов С. П. Синергетика – теория самоорганизации. Идеи, методы, перспективы / С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий. – М.: Знание, сер. «Математика, кибернетика», 1983. – № 2. – 64 с.
6. Моисеев Н. Н. Универсальный эволюционизм / Н. Н. Моисеев // Вопр. философии. – 1991, № 3. – С. 3 – 28.
7. Пригожин И. От существующего к возникающему / И. Пригожин. – М.: Наука, 1985. – 327 с.
8. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
9. Хакен Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии / Г. Хакен. – М.–Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2003. – 320 с.
10. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? пер. с англ. / Э. Шредингер. – М.: РИМИС, 2009. – 176 с.
11. Zherikhin V. V. Succession pruning: a possible mechanism of biome diversification / V. V. Zherikhin // Evolution of the Biosphere. Rec. Queen Victoria Mus. & Art Gallery. A.Yu. Rozanov e.a. (eds.). Launceston. – 1997. – N. 104. – P. 65–74.

Поступила в редакцию 29.11.2013

Принята в печать 15.12.2013

Lysenko H. M.

RESERVE STEPPE ECOSYSTEMS SELF-ORGANIZATION FROM THE SYNERGETIC POINT OF VIEW

Gogol State University of Nizhyn, Krapyvnyanky Str., 2, Nizhyn, Chernigiv Region, 16600, Ukraine

e-mail: lysenko_gena@yahoo.com

Synergistic notions of complex systems self-organization penetrate today in a wide variety of research areas. In this paper we try to explain the transformation of steppe vegetation and protected meadow-steppe ecosystems, manifested in the inversion of herbaceous communities dominated by «typical» steppe species and wood phytocoenoses using the main provisions of synergy. Studies conducted on polygons of steppe reserves in Ukraine and Russia represents different typological variants of steppes: the northern fields and grass-fescue-feather grass steppes located in Ukraine and European part of Russia.

In consequence of protected regime prolonged exposure typical steppe dominant species (turf grasses of the genera *Stipa* L., *Festuca* L., *Koeleria* Pers., etc.) lost their value in phytocoenoses. They were replaced by dominated communities of rhizomatous grasses (species of the genera *Elytrigia* Desv., *Calamagrostis* Adans., *Bromopsis* Fourr., *Poa* L., *Dactylis* L., *Arrhenatherum* Beauv.) with corresponding species of meadow-steppe and meadow grasses *Vicia tenuifolia* Roth, *Euphorbia semivillosa* Prokh., *Lactuca serriola* Torner, *Clematis integrifolia* L., *Thalictrum minus* L., *Inula germanica* L., *Galatella rossica* Novopokr., etc. In many embodiments in typological steppes significant place in vegetation began to take dominated shrub steppes *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Voloszcz.) Klaskova, *Caragana frutex* (L.) C. Koch, *Amygdalus nana* L. The same applies to steppe shrub and tree species (*Prunus stepposa* Kotov, *Cerasus fruticosa* Pall., *Rhamnus cathartica* L., etc.), which thus effectively eliminated from the typical steppe grass species. On the territory of the steppe reserves are areas of vegetation which includes community with a strong role of edificator wood ecobiomorphes (*Pyrus communis* L., *Malus sylvestris* Mill., *Acer tataricum* L., *Populus tremula* L.), forming phytocoenosis, sharply contrasting with the typical steppe vegetation.

All the foregoing leaves no doubt that the ecological systems in general, and steppe ecosystems in particular, are open non-equilibrium thermodynamic systems, constantly exchanging energy and information with environment. They are able to be responsive to changes in both external and internal factors, especially to change the basic parameters of the system, causing the transformation of the main ways of functioning that appears to change the habit characteristics of protected steppes. Therefore, we believe that using of a synergistic approach to the study of dynamic processes (in the current understanding of vegetation dynamics), occurring in ecosystems and reserve manifested in self-organization of its elements will generate a more correct regulatory measures aimed to preserve species diversity and phytocoenosis of steppe reserves. Summarizing the above-mentioned provisions can conclude - that the use of the basic postulates of synergy as an interdisciplinary science will help in the resolution of a number of theoretical problems of modern steppe research. In addition, synergy reveals new aspects and perspectives to old problems considering that allows you to use it as a new methodology for the study of complex systems, such as the ecological system.

Key words: synergetic, self-organization, steppe ecosystems, reserves.

References

1. Bannikova, I.A. (2003). Forest-steppe zones of inner Asia: structure and function, 287 p.
2. Didukh, Y.P. (2005). Ecological – energetic approaches at correlation forest and steppe ecocological systems. Ukrainian botanical journal, 4(62), 455-467.
3. Didukh, Y.P. (2008). Systemic and synergistically approaches in modern botany. Essay of phytoecology, 4-26.
4. Zherikhin, V.V. (1993). Nature and history of herbal biome. Steppes of Eurasia: the conservation and restoration, 29-49.
5. Kurdiumov, S.P., & Malinetskii, G.G. (1983). Synergetics – the theory of self-organization. Ideas, methods, and perspectives, 2, 64 pp.
6. Moiseev, N.N. (1991). Universal evolutionism. Issues. philosophy, 3, 3-28.
7. Prigogine, I. (1985). From Being to Becoming, 327 p.
8. Reimers, N.F., (1990). Natura-Management: Reference Dictionary, 637 p.
9. Haken, H., (2003). Mysteries of Nature. Synergetics: the doctrine of the interaction, 320 p.
10. Schrödinger, E., (2009). What is life from the perspective of physics? 176 p.
11. Zherikhin, V.V., (1997). Succession pruning: a possible mechanism of biome diversification. Evolution of the Biosphere. Rec. Queen Victoria Mus. & Art Gallery. Launceston, 104, 65-74.

Received: 29.11.2013

Accepted: 15.12.2013