

УДК 91: 502. 12 : 510.83

Г.Н. Карона

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ХАОСА И ПРОБЛЕМЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В статье рассматриваются основные положения математической теории хаоса, уточняются ее некоторые понятия и категории, раскрываются возможности применения теории хаоса в современных географических и психолого-педагогических исследованиях.

Введение

Теория хаоса – частная научная методология, использующая математический аппарат для описания поведения нелинейных динамических систем, которые при определенных условиях демонстрируют поведение, известное в точных науках как хаос. Теория хаоса, проецирующая свои принципы, понятия и категории на современный, бурлящий и изменчивый мир с его нестабильностью и неравновесностью, является полезной научной парадигмой для восприятия и объяснения многих географических и геоэкологических проблем, а также для решения общих и частных задач географического и геоэкологического образования школьников и студентов [1–4].

Основные положения математической теории хаоса

Важнейшей характеристикой современной науки является то, что она имеет дело только с эмпирически доказуемыми утверждениями. Другая существенная черта науки состоит в ее приверженности принципу экономии. Этот принцип гласит: когда две одинаково «хорошие» теории могут объяснить одно и то же явление, но одно объяснение будет простым, а второе сложным, то нужно использовать простое объяснение [2].

По мнению современных психологов и педагогов, хорошая (эффективная) научная теория обладает следующими свойствами:

1. Теория синтезирует (обобщает) некоторое количество наблюдений.
2. Хорошая теория является эвристической и подталкивает к новому исследованию.
3. Теория должна порождать гипотезы, которые могут быть эмпирически подтверждены.
4. Теория является средством и как таковая не может быть правильной или неправильной, она является либо полезной, либо бесполезной.

5. Все теории являются попытками объяснить эмпирические явления, и, следовательно, они должны начинаться и завершаться эмпирическими наблюдениями [5, с. 27].

С точки зрения методологии науки теория хаоса представляет собой нечто более значимое, чем просто хорошая теория. По сути, теория хаоса является некоторой научной парадигмой, предполагающей новую модель восприятия и объяснения мира природы и общества [4, 6].

Термин «теория хаоса» широко используется в философской и научно-популярной литературе. Физики и математики обычно рассматривают данное учение в качестве специального раздела теории динамических систем, оперируя понятием «динамический хаос» [1–3]. В современных научных исследованиях теория хаоса прилагается чаще всего к нелинейным динамическим системам, т.е. к системам с очень большим количеством подвижных компонентов. Внутри этих систем существует неперiodический порядок. Теория хаоса акцентирует внимание на том, что небольшие изменения каких-либо условий на входе способны привести к дивергентным диспропорциям на выходе [2; 7; 8].

В целом современная теория хаоса исходит из представлений о том, что:

1) хаос является самоорганизующейся нелинейной динамической системой, в которой действуют определенные закономерности (самоорганизация, эволюция, системная дифференциация и др.), ведущие данную систему от состояния хаоса в состояние некоторой упорядоченности (структурного порядка);

2) поведение нелинейной динамической системы является случайным даже в том случае, если модель, описывающая систему, носит строго детерминированный характер;

3) сложные динамические системы чрезвычайно зависимы от первоначальных условий, и небольшие изменения «на входе» ведут к непредсказуемым последствиям «на выходе»;

4) динамическая система работает в сторону главного изменения как результат небольших, вначале просто игнорируемых событий;

5) хаотические системы, несмотря на внешнюю неупорядоченность, на самом деле все же подчиняются некоторому строгому закону и, следовательно, являются достаточно упорядоченными [2; 3; 7; 8].

В противоположность линейным парадигмам нелинейная парадигма хаоса видит главную причину развития систем не во внешних факторах среды, а во внутренних механизмах, не отрицая при этом роли окружающей среды, постоянно бросающей системе свои вызовы. Теория хаоса, не опровергая классической линейной парадигмы, идет гораздо дальше последней.

В общей педагогике формой выражения линейной парадигмы может служить следующее утверждение, фактически игнорирующее внутренние факторы и условия формирования личности: «Развитие личности *целиком* (курсив наш – Г.К.) определяется овладением общественным опытом, основу которого составляют научные знания, умения и способы творческой деятельности, их мировоззренческая и морально-эстетическая направленность» [9, с. 142].

Классический подход описывает линейное поведение отдельных объектов; теория хаоса изучает статистические тенденции многих взаимодействующих объектов (метасистем). Таким образом, в действительности, теория хаоса, происходящая из классической физики и математики, в плане научного объяснения существенно превосходит многие линейные построения.

Одной из центральных идей в теории хаоса является положение о невозможности точного предсказания состояния системы. Задача предсказания (прогнозирования) общего поведения системы вполне традиционна и выполнима. Однако теория хаоса концентрирует внимание не на беспорядке системы (наследственной непредсказуемости), а на унаследованном ей порядке, на том общем, что присуще поведению многих похожих систем. Современная теория хаоса имеет дело с закономерностями и результатами развития закономерностей. Таким образом, теория хаоса, о которой многие думают как о непредсказуемости, оказывается, в сущности, наукой о предсказуемости даже в наиболее нестабильных системах.

Естественнонаучный смысл категории «хаос»

Понятие о хаосе впервые встречается в древнегреческой мифологии. Хаос был впервые описан поэтом Гесиодом в «Теогонии» (8–7 вв. до н.э.) как персонификация изначального состояния мира до появления чего бы то ни было. Хаос существовал задолго до возникновения упорядоченной Вселенной (Космоса). Во времена Гесиода, слово «хаос» означало не беспорядок, а скорее пустоту.

В современном житейском понимании хаос ассоциируется с некоторым беспорядком и крайней неупорядоченностью. В бытовом контексте слово «хаос» означает «быть в состоянии беспорядка». Однако в естествознании хаос достаточно упорядочен

и подчиняется определенным законам, важнейшими среди которых являются саморазвитие, эволюция и системная дифференциация [7–11]. В физико-математических, например, науках хаос – это не беспорядок, но более высокая степень порядка, где организующими звеньями являются бессистемность и случайность (в противоположность строгой линейной причинно-следственной детерминации). С точки зрения современных научных представлений хаос постоянен, а стабильность временна. В линейном мире, изучаемом современным естествознанием, причина и следствие однозначно предсказуемы. В нелинейном (реальном) мире, описываемом теорией хаоса, прямых и однозначных отношений между причиной и следствием не существует.

Хаос – это сверхсложная (сверхусложненная) структура, из которой возникают структуры менее сложного порядка. Потеря устойчивости системы приводит к ее системной дифференциации. Развитие хаоса всегда идет от одной структуры к другой. Согласно II началу термодинамики, это движение происходит от более сложной структуры к менее сложной. При этом первоначальное количество энергии остается постоянным, но при переходе от одной структуры к другой качество энергии снижается. Ни один момент времени не тождествен предыдущему. События в целом уникальны и невоспроизводимы.

Основоположниками современной теории хаоса считаются физик А. Пуанкаре (1854–1912 гг.), доказавший теорию о возвращении, математики А.Н. Колмогоров, В.И. Арнольд и Ю.К. Мозер, построившие теорию хаоса, основанную на понятии «аттрактор». Одним из пионеров в теории хаоса был американский климатолог Э. Лоренц, который в 1960-х гг. работал над предсказанием погоды. Лоренц обнаружил, что малейшие изменения в первоначальных условиях вызывают большие изменения в конечном результате («эффект бабочки»). Исследования Лоренца доказали, что метеорология не может точно предсказать погоду на период более недели [8]. До исследований Лоренца в науке господствовало мнение о возможности точного прогнозирования погоды на бесконечно длительный срок. С увеличением временной перспективы, по Лоренцу, достоверность прогнозов существенно снижается.

В 1960 г. франко-американский исследователь Б. Мандельброт нашел повторяющиеся образцы в каждой группе данных о динамике цен на хлопок. Руководствуясь теорией информации, он обнаружил, что структура помех весьма устойчива. Более того, он заметил, что в любом временном масштабе пропорция периодов с помехами к периодам без помех является константной величиной. Следовательно, утверждал Мандельброт, в исследовании всякого динамического нелинейного процесса ошибки неизбежны и должны быть изначально запланированы. В конце 1960-х гг. он опубликовал статью «Какой длины побережье Великобритании?», в которой доказал, что данные о длине береговой линии изменяются в зависимости от масштаба измерительного прибора. Кроме того, он утверждал, что результаты измерений объекта всегда относительны и существенно зависят от выбранной точки наблюдения.

В 1979 г. Альберт Дж. Либчейбр представил научной общественности результаты своих экспериментальных исследований каскада раздвоения (бифуркации), приводящего к состоянию динамического хаоса.

В 1987 г. Пер Бак, Чао Тан и Курт Висенфелд опубликовали статью, где впервые описали систему самодостаточности (СС). Впоследствии система самодостаточности стала руководящим принципом в изучении множества природных и социальных явлений, включая землетрясения, движения литосферных плит, ритмы солнечной активности, колебания курсов валют на мировых финансовых рынках, ритмические явления в экологических системах, формирование ландшафта, распространение лесных пожаров, оползней и эпидемий, эволюцию органического мира и др.

В конце XX – начале XXI вв. научные прикладные исследования, осуществляемые на методологической основе теории хаоса, развивались по следующим двум основным направлениям компьютерного моделирования: во-первых, разработка принципиально новых моделей; во-вторых, приспособление уже существующих моделей к той или иной естественной системе [1–3; 7; 8]. Данные исследования привели к созданию современной научной теории хаоса, позволили сформировать ее специфический язык, наметить основные пути и условия дальнейшего развития.

Основные понятия и категории современной теории хаоса

Ключевыми понятиями и категориями теории хаоса, составляющими ее базовый словарь, являются «хаос», «нелинейные динамические системы», «системная дифференциация», «неравновесность», «саморазвитие», «фрактал», «чувствительность к начальным условиям», «эффект бабочки», «бифуркация» и др. Остановимся на некоторых из них более подробно.

1. Чувствительность к начальным условиям и «эффект бабочки».

Чувствительность к начальным условиям в нелинейной динамической системе означает, что, во-первых, все точки, первоначально близко расположенные по отношению друг к другу, в будущем будут иметь значительно отличающиеся траектории; во-вторых, произвольно небольшое изменение текущей траектории на начальных этапах может привести к значительному изменению в ее будущем поведении [1; 3; 8].

В теории хаоса чувствительность к начальным условиям известна как «эффект бабочки», который в формулировке Э. Лоренца звучит как несколько «странный» вопрос: «Может ли взмах крыльев в лесах Бразилии вызвать торнадо в Техасе?». Взмах крыльев бабочки символизирует мелкие изменения в первоначальном состоянии системы. Однако этот «взмах», по мнению Лоренца, теоретически может вызвать цепочку событий, ведущих к крупномасштабным (глобальным) изменениям в природе. Если бы бабочка не хлопала крыльями, утверждал Лоренц, то траектория развития системы «биосфера – атмосфера» была бы совсем другой [8].

Начальное состояние динамической системы не может быть задано математически абсолютно точно, но всегда существует возможность определить вероятное нахождение системы в некотором реальном или воображаемом пространстве [7; 8; 12].

2. Понятие о простых и странных аттракторах в природе.

Специфическим понятием теории хаоса является «аттрактор» (от англ. attract – привлекать, притягивать). В теории хаоса аттрактор – это множество состояний (точек фазового пространства) динамической системы, к которому она изначально стремится («притягивается»). Это не некоторая заранее четко заданная цель, но одно из возможных (вероятных) состояний. В географии и экологии примерами аттракторов являются пенеплен как конечная «точка» разрушения горной страны, пути миграции птиц и зверей, приводящие к изменению ареалов их обитания и т.п. В окружающей среде встречаются и более сложные аттракторы (например, схемы зарождения и перемещения циклонов в тропосфере, хозяйственное освоение новых регионов и др.).

Большинство типов линейного движения описывается *простыми аттракторами*, которые являются ограниченными циклами. Хаотическое же нелинейное движение описывается *странными аттракторами*, которые очень сложны и имеют множество параметров. Теорема Пуанкаре–Бендиксона доказывает, что странный аттрактор может возникнуть в непрерывной динамической системе (при условии, что эта система имеет не менее трех измерений) [12].

3. Бифуркация.

Бифуркация (от лат. bifurcus – раздвоение) – процесс качественного перехода от состояния равновесия к состоянию хаоса через последовательное изменение перио-

дических точек. При бифуркации происходит изменение всех основных свойств системы («катастрофический скачок»), в результате которого количество стремительно переходит в качество. Теория бифуркаций связывает в единую систему категории «количество» и «качество». Момент скачка происходит именно в точке бифуркации. Хаос (неопределенность) чаще всего возникает через бифуркацию (нарушение определенности). Состояние системы в момент бифуркации является крайне неустойчивым, и бесконечно малое воздействие может привести к критическому выбору дальнейшего пути ее движения. В природе примерами бифуркаций являются образование дыма в процессе горения вещества, переход воды из одного агрегатного состояния в другое, излияние магмы на земную поверхность и образование лавы и др.

Американский ученый М. Фейгенбаум принцип действия бифуркации показал на примере динамики популяции живых организмов. Сначала численность особей в популяции устойчиво возрастает. На следующий год возникает перенаселение, а через год численность особей уменьшается (в связи с оскудением пищевых и пространственных ресурсов, распространением инфекций и т.д.). По Фейгенбауму, обычным состоянием эволюционирующих систем является состояние динамического хаоса, а стабильность (устойчивость) – состояние временное. Главенствующую роль в живой природе играют неустойчивость и неравновесность [13].

В физической географии известно явление раздвоения реки на две ветви, которые в дальнейшем не сливаются, а впадают в различные бассейны (например, река Ориноко в Южной Америке). Это явление, определяемое термином «бифуркация», возможно только на нечетко выраженных водоразделах. В современных географических науках бифуркация рек описывается преимущественно на основе линейных причинно-следственных связей. Привлечение теории хаоса к познанию этого уникального явления способно углубить наше представление о внутренних механизмах развития речных русел и долин.

Бифуркация имеет место во многих психологических процессах и явлениях, например, в развитии инновационного мышления. Психологи называют творческое инновационное мышление примером расходящегося (дивергентного) мышления, порождающего более одного приемлемого решения проблемы, в отличие от конвергентного, порождающего только одно правильное решение. Способность к творчеству отличается от интеллекта, являющегося мерой вербального знания и интеллектуальных навыков [16; 17].

4. Понятие о фракталах.

Фрактал (лат. fractus – дробленный, сломанный, разбитый) – термин, означающий сложную геометрическую фигуру, обладающую свойством самоподобия, т.е. составленную из нескольких частей, каждая из которых подобна всей фигуре в целом. Другими словами, фрактал – это некоторая геометрическая фигура, определенная часть которой повторяется снова и снова, изменяясь не в сути, но лишь в размерах. Отсюда следует важнейший принцип теории хаоса – принцип самоподобия фракталов [3]. Все фракталы подобны самим себе. Они схожи на всех уровнях развития природы. В природе много типов фракталов, но все они проявляют хаотическое поведение. Поэтому фрактал может рассматриваться как единица анализа поведения нелинейной динамической системы.

Основоположником учения о фракталах является Б. Мандельброт, который разработал то, что впоследствии назвал фрактальной геометрией природы. Мандельброт исходил из положения: тот, кто отталкивается от линейной перспективы, никогда не будет видеть реального мира и тем более не сможет успешно действовать в реальной многомерной среде. Он утверждал, что для того чтобы успешно действовать в какой-либо сфере человеческой деятельности, необходимо познать структуру этой сферы. Совокупность фракталов, по мнению Мандельброта, образует не только структуру той или иной среды, но и структуру сферы деятельности [3].

Важнейшее свойство всех фракталов – дробность. Фактически все, что на первый взгляд кажется случайным и неправильным, но неоднократно воспроизводится в природе или обществе, может быть фракталом. Повторяемость – признак проявления той или иной закономерности. Следовательно, факт наличия фрактала – свидетельство существования определенной закономерности. В природе, по Мандельброту, примерами типичных фракталов являются облака, изгибы русел рек, ареалы расселения растений и животных, очертания гор, холмов и т.п. [3]. Идея фрактальности природы нашла применение в современных физико-географических исследованиях [14; 15].

5. Самоорганизация.

Самоорганизация – процесс упорядочения элементов одного уровня в системе за счет внутренних факторов, т.е. без внешнего непосредственного специфического воздействия окружающей среды. Изменение внешних условий чаще всего оказывается не причиной, а всего лишь стимулирующим началом. Роль среды в процессах саморазвития сводится к тому, что среда постоянно «бросает» системе свои вызовы. Основным результатом самоорганизации является появление единицы следующего качественного уровня.

В середине 1950-х гг. английский математик А. Тьюринг опубликовал ряд работ, в которых на примере морфогенеза математически описал процесс самоорганизации живой природы. Морфогенез, по Тьюрингу, связан с наследственностью и развивается под воздействием таких химических и физико-химических факторов, как диффузия, активация и деактивация. Тьюринг показал, что морфогенез возникает из-за изменений в клеточной структуре или из-за взаимодействий клеток в тканях. В процессе морфогенеза клетки сходных типов «сортируются», системно дифференцируются, а затем собираются в кластеры (некоторые схожие системы) с тем, чтобы максимизировать контакт с клетками того же типа (агрегация).

В живой природе саморазвитие не сводится только к реализации некоторых генетических программ, но охватывает более широкий круг процессов и явлений. В этом отношении весьма показательным является следующий пример, приводимый в публикациях И. Пригожина [2]. В одном из исследований муравьи подразделялись на две категории: активных («труженики») и неактивных («лентяи»). Особенности, определяющие принадлежность муравьев к одной из категорий, можно было бы отнести за счет генетической обусловленности. Однако, как показали исследования, это не всегда соответствует истине. Например, если разрушить сложившиеся в популяции связи, разделив муравьев на две группы, состоящие соответственно только из «тружеников» и только из «лентяев», то в каждой из групп, в свою очередь, спонтанно происходит дифференциация на «лентяев» и «тружеников». Значительный процент «лентяев» внезапно переходит в разряд прилежных «тружеников» [2, с. 30]. Помимо спонтанной дифференциации существенную роль в процессах самоорганизации, по мнению И. Пригожина, могут играть внешние поля, например, гравитационное поле Земли или магнитное поле [2; 10–12].

В настоящее время теория хаоса остается активной областью научных исследований, вовлекая в сферу своих интересов многие научные дисциплины, в том числе физическую и экономическую географию, метеорологию и климатологию, экологию, биогеографию, экономику, теорию и методику обучения географии и экологии.

Проблемы географического и экологического образования

Один из принципов современной науки гласит: если теорию можно перевести в действие, то она становится практичной [2]. В полной мере данное утверждение справедливо и по отношению к теории хаоса. Осмысление педагогической действительности в системе принципов, понятий и категорий теории хаоса позволяет сформулировать ряд требований, предъявляемых к процессу обучения вообще и к процессу обучения географии в частности.

Первое (и основное!) требование, выдвигаемое теорией хаоса, заключается в том, чтобы признать уникальность личности каждого обучаемого и отказаться от упрощенных толкований процессов обучения и развития.

Линейные толкования часто не только не вскрывают всей глубины исследуемых процессов и явлений, но и уводят серьезную науку в область софистики и откровенной демагогии. «Целью воспитания, – читаем в одном из учебников по педагогике, – является... направленность на личностное развитие учащихся и, следовательно, не личностно ориентированным оно быть не может» [9, с. 66].

Обучение должно носить личностно-ориентированный характер и должно быть направлено на всемерное раскрытие творческого потенциала личности школьника/студента. Соответственно, фронтальные подходы, изначально ориентированные на некоторого «среднего» ученика, должны постепенно уступать место индивидуальным подходам, предполагающим строгий учет и последовательную реализацию психолого-возрастных и индивидуальных особенностей личности каждого школьника/студента. «Одной из важнейших задач современной общеобразовательной школы, – справедливо утверждают психологи, – является обеспечение условий для развития личности каждого ученика на основе знания и учета его возрастных и индивидуальных особенностей» [16, с. 5].

Осуществляя личностно-ориентированное обучение, учитель должен обладать гибким стилем преподавания, включающим множество методов и приемов, учитывающих зрительную, аудиальную и кинестетическую сенсорные системы. Только воздействуя на разные сенсорные системы, меняя тон голоса и модальность употребления слов, выражение лица, жесты, вызывая определенные эмоции и переживания, можно добиться взаимопонимания и личностного контакта с каждым учеником [17, с. 231]. Учителю следует создать такую атмосферу в классе, которая содействует учебной работе и созданию положительной учебной мотивации. Это означает, что учителю надо принимать меры для поощрения самостоятельности, открытой коммуникации и, наконец, делать все, чтобы завоевать авторитет учащихся.

Целью обучения географии в современной общеобразовательной школе должно стать формирование у учащихся основ пространственного географического мышления. Быть географом – означает мыслить так, как мыслят географы, т.е. обладать географическим (пространственным) мышлением. Географическое мышление – частный случай нелинейного образного мышления. Одна из особенностей географического мышления заключается в умении «действовать» одновременно в нескольких временных шкалах и пространственных измерениях.

Французский историк Ф. Бродель предложил 3 временные шкалы. В шкале геологического времени длительность событий измеряется в эпохах (эрах, зонах). Гораздо мельче шкала социального времени, используемая при измерении продолжительности событий в экономике, истории отдельных стран и народов. Еще мельче шкала индивидуального времени – истории событий в жизни того или иного человека [2, с. 21].

В обучении географии ученик должен постоянно «переходить» от геологического времени к социальному и от него к времени индивидуальному. Проблема в том, что шкала геологического времени и шкала индивидуального времени несопоставимы. У многих школьников визуальные представления геологического времени просто отсутствуют, что вызывает серьезные затруднения в изучении вопросов, связанных со «стрелой времени» (Д. Лейзер, И. Пригожин и др.). Частичное решение данной проблемы видится в широком использовании в процессе обучения визуализации как приема организации учебно-познавательной деятельности. Визуализация как процесс создания образов в воображении – основной ключ к успеху в обучении вообще и обучении географии и экологии в частности. Образы могут быть сформированы не только через зрительный канал восприятия, но и через другие модальности.

Географическое мышление предполагает также наличие развитых умений оперировать образами пространств различных масштабов. Другими словами, в обучении географии должно быть сформировано умение «переходить» от глобального пространства к локальному (топологическому) и наоборот.

«Стрела времени» в изменяющемся пространстве обуславливает необходимость того, чтобы, используя терминологию английского географа Берри, «овременить пространство» [2]. Овременивание пространства – одно из важнейших требований, предъявляемых теорией хаоса к процессу обучения географии.

Известно, что трехмерное визуальное восприятие является необходимым условием успешного обучения вообще. К сожалению, в обучении географии чаще всего используется двумерное пространство (книга, карта, схема, таблица, тетрадь, экран компьютера и т.п.), что существенно снижает качество учебно-познавательной деятельности. В процессе обучения необходимо научить ребенка по-разному осмысливать учебный материал (логически, образно, интуитивно). В географическом и геоэкологическом образовании нужны не только научные понятия, но и процедурные знания, как действовать в непрерывно меняющейся окружающей среде. Формирование интеллекта и развитие мышления – это не столько увеличение знания вообще, сколько рост именно процедурного знания.

В основу содержания географического образования должна быть положена категория «пространство», толкуемая как некоторая объемная, динамическая и нелинейная реальность. Ведущие понятия школьной географии (например, «географическая оболочка», «гидросфера», «литосфера», «биосфера», «погода», «климат», «циркуляция атмосферы» и др.) являются отражением скорее пространственной (объемной), нежели территориальной (плоскостной) реальности. Кроме того, категория «пространство» несравненно более богата и информативна, чем «территория». Изучение пространственных понятий выходит за рамки традиционных линейных причинно-следственных подходов, требует качественно новой парадигмы учебного процесса. Теория хаоса, открывающая инновационный подход к изучению мира природы и общества, может оказаться в этом отношении весьма полезной методологией.

В содержании школьной и вузовской географии должны быть глубоко раскрыты ведущие гипотезы современной географии, показаны противоречия между различными теоретическими построениями (например, между теорией геосинклиналей, концепцией литосферных плит и гипотезой расширяющейся Земли и Вселенной). При этом школьники и студенты должны четко дифференцировать понятия «теория», «гипотеза», «прогноз». Столкновение теорий – не бедствие, а благо, ибо оно открывает новые познавательные возможности и научные перспективы (Уайтхед).

В процессе обучения необходимо больше внимания уделять приложению знаний к реальным ситуациям. При этом важно усилить акцент на обучении непосредственно тем умениям и навыкам, которые будут играть важную роль вне школы.

Современное географическое и геоэкологическое образование изобилует пугающими воображение учащихся перспективами глобальных кризисов и мировых катастроф (угроза глобального потепления, повышение уровня Мирового океана и др.). В обучении географии и экологии необходимо постоянно подчеркивать вероятностный характер геоэкологических прогнозов, чаще обращаться к фактам, нежели к субъективным оценкам и эмоциональным мнениям.

Психологи доказали, что люди обычно не верят голословным заявлениям относительно «уныния и гибели» или не воспринимают их так же серьезно, как информацию, содержащую больше фактов и меньше эмоций [17, с. 316]. Изучение прогнозов развития общества и природы не должно вести учащихся в сферу отчаяния и пессимизма, тем более что, как утверждают основоположники теории хаоса, неустойчивость мно-

гих явлений способна в один прекрасный день обернуться благом, поскольку неустойчивость означает, что желаемый эффект может быть достигнут очень незначительными возмущениями [2; 7; 8; 15].

Современному географическому образованию недостает общих принципов и инновационных идей. Школьная география бедна хорошей теорией и богата устаревшими фактами. Несомненно, изучение географии требует солидного багажа фактических знаний. Но все же цель обучения состоит не в том, чтобы превращать школьников в живые справочники и энциклопедии. Важнейшая задача учителя заключается вовсе не в предоставлении всего объема имеющейся в его распоряжении информации, а в том, чтобы способствовать внедрению в сознание учащихся ключевых идей и понятий, служащих маяками в безбрежном море географических знаний. Кроме того, акцентирование внимания на описании в ущерб объяснению таит опасность увлечься характеристиками уже устаревших линейных структур. В современной психолого-педагогической науке утверждается идея о том, что объяснение и понимание являются гораздо более важными задачами обучения, чем механическое запоминание разрозненных фактических сведений [6; 10; 11; 16; 17]. В сфере географического и экологического образования назревает необходимость в обосновании некоторого принципа относительности, подобного тому, которым сегодня располагают точные физико-математические науки [6; 10; 11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малинецкий, Г.Г. Нелинейная динамика: основные понятия / Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов. – М. : РСС, 2006. – 236 с.
2. Пригожин, И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Прогресс, 1986. – 432 с.
3. Мандельброт, Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – М. : Ин-т компьютерных исследований, 2002. – 654 с.
4. Кун, Т. Структура научных революций / Т. Кун. – М. : АСТ, 2009. – 317 с.
5. Хегенхан, Б. Теории научения / Б. Хегенхан, М. Олсон. – СПб. : Питер, 2004. – 474 с.
6. Каропа, Г.Н. Парадигмальные сдвиги и новые тенденции в экологическом образовании школьников / Г.Н. Каропа // Адукацыя і выхаванне. – 2009. – № 9. – С. 15–21.
7. Turing, A.M. Mathematical Logic : Coll. works of A.M. Turing / A.M. Turing. – Amsterdam : Elsevier, 2001. – 293 p.
8. Лоренц, Э. Долгосрочное и среднесрочное прогнозирование погоды: проблемы и перспективы / Э. Лоренц [и др.]. – М. : Мир, 1987. – 287 с.
9. Харламов, И.Ф. Педагогика : учебник / И.Ф. Харламов. – Минск : Універсітэцкае, 2000. – 560 с.
10. Каропа, Г.Н. Принцип системной дифференциации и проблемы школьной географии / Г.Н. Каропа // Географія: праблемы выкладання. – 2008. – № 6. – С. 3–12.
11. Каропа, Г.Н. Общее землеведение : курс лекций / Г.Н. Каропа. – Гомель : ГГУ имени Ф. Скорины, 2006. – 153 с.
12. Странные аттракторы : сб. статей. – М. : Мир, 1981. – 251 с.
13. Feigenbaum, M.J. Universal Behavior in Nonlinear Systems / M. Feigenbaum // Los Alamos Science. – 1980. – Vol. 1. – № 1. – P. 4–27.
14. Мельник, М.А. Фрактальные закономерности форм рельефа (на примере эрозионного расчленения поверхности и извилистости рек) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.25 / М.А. Мельник. – Томск, 2007. – 19 с.

15. Учаев, Д.В. Методика геоинформационного моделирования речных сетей на основе фрактальных методов : автореф. дис. ... канд. тех. наук: 25.00.35 / Д.В. Учаев. – М., 2007. – 24 с.

16. Возрастные и индивидуальные особенности образного мышления учащихся; под ред. И.Я. Якиманской; Науч.-исслед. ин-т общей и педагогической психологии Академии пед. наук СССР. – М. : Педагогика, 1989. – 224 с.

17. Такман, Б.В. Педагогическая психология: от теории к практике / Б.В. Такман. – М.: Прогресс, 2002. – 572 с.

Karopa G.N. The Mathematical Chaos Theory and the Problems of the Geographical and Environmental Education

The article reveals the basic principles of the mathematical chaos theory, and the possibilities of its use in modern geographical, psychological and pedagogical research.

Рукапіс паступіў у рэдкалегію 25.02.2013