

УДК 57.04:51–7:551.2/3:316.4



А.Г. Гамбурцев



А.М. Тарко

Гамбурцев А.Г.*,
Тарко А.М.**

Общие и особенные черты динамики процессов в природе и обществе

*Гамбурцев Азарий Григорьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Учреждения Российской академии наук Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН)
E-mail: azgamb@mail.ru

**Тарко Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Учреждения Российской академии наук Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН (ВЦ РАН)

Рассмотрены общие и особенные черты динамики процессов в природе и обществе. Показано, что есть общие черты этих процессов, но процессы, происходящие в обществе, более сложны и непредсказуемы из-за человеческого фактора, когда личность может повлиять на ход истории или – в меньшем масштабе – на процессы в науке, искусстве, политике. При совместном рассмотрении процессов природы и общества исследована иерархия и взаимосвязь процессов и математических методов их анализа и прогнозирования. Показано, что есть две последовательности, одна – это усложняющаяся последовательность исследуемых процессов, другая – усложняющиеся методы анализа и прогнозирования процессов. Сформулировано правило «упрощения» процесса, которое используют для перехода сложного к более простому математическому методу исследования.

Ключевые слова: динамика, свойства, обработка, воздействия, реакция, Атлас временных вариаций, личность, стационарные и нестационарные процессы, математические методы, модели, ритмы.

Известно, что динамике процессов в природе и обществе присущи одни и те же основные закономерности. Однако представляется, что процессы в обществе значительно труднее предсказуемы, поскольку в них может вмешиваться человеческий фактор.

Принято рассматривать процессы в обществе как более сложные, нежели природные¹. При этом известно, что в отличие от неживой природы понимание процессов в живой природе и обществе не имеет такой определенности, а моделирование требует специальных усилий, специальной подготовки участников моделирования. Нет здесь и столь ясных и однозначных математических моделей, как в случае неживой природы. Ход истории определяется развитием и деятельностью народов, значительными личностями и событиями, которые происходят при определенных природных условиях. Ход естественной истории Земли до сих пор определялся природными событиями, но дело идет к тому, что народ и личности будут не только творцами истории человечества, но и истории Земли.

Авторы настоящей статьи не претендуют на полное исследование проблемы, – они не специалисты по истории и философии, кроме того, это не является целью работы. Авторы понимают, что многие гуманитарии занимались этими сложными вопросами и далеко не по всем вопросам пришли к консенсусу. Но представляется важным высветить эту проблему, найти общее и особенное в динамике природы и жизни общества. Благодаря природе и природным процессам зародилась и поддерживается жизнь. В то же время природа является источником негативных событий и явлений. Человек стремится к прогрессу, развитию цивилизации, к комфортной жизни и соответственно этому трудится, так или иначе соприкасаясь с природой, часто в борьбе с ней и с себе подобными – в разных масштабах – от дальних стран и континентов до соседей по лестничной клетке.

Попробуем провести сопоставительное исследование особенностей динамики процессов, происходящих в природе и обществе, присоединив к ним природно-техногенные. Мы преследуем две основных цели: 1) определить причинно-следственные связи между процессами в природе и обществе и 2) продвинуться в проблеме прогнозирования будущих процессов и явлений. Основная задача данной статьи – определить основные свойства динамики процессов в природе и обществе, определить их сходства и различия, рассмотреть вопрос о воздействиях на природные и общественные объекты со стороны окружающих сред и реакцию объектов на эти воздействия.

Будем рассматривать происходящие в природе и обществе процессы, которые в основном оказывают негативное воздействие на биосферу и человека, поскольку, во-первых, они привлекают к себе преобладающее обществен-

¹ См., напр.: Спиркин А.Г. Философия. М.: Гардарики, 2000. 736 с.

ное внимание, и, во-вторых, потому, что с этими процессами нужно бороться и/или прогнозировать их. Мы во многом опираемся на работы известных исследователей – А.А. Богданова, В.И. Вернадского, А.Л. Чижевского, А.Л. Яншина и многих других, а также на издаваемые начиная с 1994 г. тома Атласа временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов¹ и работу В.А. Черешнева, А.Г. Гамбурцева и Т.К. Бреус². По силе воздействия указанные выше процессы можно условно разделить на три группы: сильные, средние и слабые.

К сильным процессам и событиям в биосфере можно отнести события, влияющие на жизнь Земли и биосферы в целом:

– *природные события* – падения астероидов и больших метеоритов, периоды оледенений и т.д. – все, что ведет к уничтожению биоты или ее части;

– *антропогенные события* – ядерная война.

К процессам средней силы отнесем те, которые оказывают заметные воздействия на жизнь регионов Земли:

– *природные* – землетрясения, оползни, сели, наводнения, эпидемии;

– *антропогенные и природно-техногенные* – войны, террористические акты, в том числе на особо ответственных (значимых) объектах (например, разрушение башен-близнецов в Нью-Йорке), аварии на АЭС и ГЭС (Чернобыль, Фукусима), миграции населения, разрушение цивилизаций, науки, культуры и религий.

К слабым процессам отнесем такие, которые оказывают некоторое, как правило, незначительное влияние на состояние и настроение большинства людей:

– *природные* – изменения погоды, магнитного поля, приливные изменения и т.д.;

– *антропогенные и природно-техногенные* – электрические, магнитные и радиоактивные поля, вибрации, другие шумы, воздействия со стороны общества (СМИ, участие в общественной жизни, взаимоотношения людей).

Ранее мы на основании работ разных авторов и своих собственных исследований сформулировали свод закономерностей, касающихся динамики процессов в природе³. Эти свойства говорят о том, что данные процессы протекают очень сложно, зависят от многих факторов, динамика которых также чрезвычайно сложна и изменчива. Покажем, что эти же свойства присущи процессам в обществе.

Свод свойств динамики процессов в природной и гуманитарной сферах

В томах Атласа временных вариаций приведены многочисленные примеры временных рядов и результатов обработки совершенно различных по содержанию, временным и пространственным масштабам, наборам ритмов и другим характеристикам процессов, происходящих в природе, обществе, в организме людей, в динамике других медицинских показателей.

Ниже мы предлагаем формулировку – с добавлениями и в несколько измененном варианте по сравнению с предыдущими – основных свойств динамики процессов в природе и обществе и пытаемся к некоторым из них дать соответствующие примеры, имевшие место (или не имевшие места, но возможные).

Приводимый нами свод положений представляется важным, актуальным и нетривиальным, несмотря на то, что некоторые из этих положений известны. В частности, мы пытаемся понять, одинаково ли справедливы эти положения для природы и для общества, в чем различия между ними и насколько возможен прогноз событий и явлений в природе и обществе. Мы иллюстрируем эти положения наблюдаемыми фактами и/или измерениями в природе и обществе – в тексте и на соответствующих рисунках (см. рис. 1–7), учитывая, что, как уже отмечалось, процессы в обществе сложнее, нежели в природе, и труднее предсказуемы. Однако общие черты у них все же есть, и они могут, как мы полагаем, быть сформулированы следующим образом:

1. Динамика разных по содержанию и масштабам объектов биосферы характеризуется трендовыми, ритмическими, импульсными и шумовыми вариациями, а также изменениями уровня. В ней могут быть и циклические неритмические изменения. Структура сложных временных рядов может быть обусловлена линейной или нелинейной суперпозицией доминирующих ритмов.

Такая динамика была отслежена во многих исследованиях, в том числе в Атласе временных вариаций. Примерами могут служить временные ряды вариаций сейсмических параметров при сейсмическом мониторинге в Южном Таджикистане⁴ и др., где показано, что сложная форма временного ряда отношения скоростей продольных и поперечных волн в земной коре обусловлена суперпозицией трех доминирующих гармоник. П. Сорокин пишет «Циклическая концепция социальных перемен – старейшая в истории социальной мысли. Ее четкая формула дана уже в "Екклесиасте", где мы читаем: "Род проходит, и род приходит, а земля пребывает во веки. Восходит солнце, и заходит солнце, и спешит к месту своему, где оно восходит. Что было, то и будет, и что делалось, то и будет делаться, и нет ничего нового под солнцем. Бывает и нечто, о чем говорят: "Смотри, вот это новое", но [это] было уже в веках, бывших прежде нас"»⁵. В той же работе П. Сорокин дает довольно подробный обзор существующих ритмических и неритмических циклов в жизни общества. Он пишет: «Макиавелли обозначил два основных вида исторических циклов... Второй... звучит следующим образом: "Переживая непрерывные превращения, все государства обычно из состояния упорядоченности переходят к беспорядку, а затем от беспорядка к новому порядку. Поскольку уж от самой при-

¹ Атлас временных вариаций природных процессов. Т. 1. Порядок и хаос в литосфере и других сферах. М.: ИФЗ РАН. 1994; Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 2. Циклическая динамика в природе и обществе. М.: Науч. Мир, 1998. 432 с.; Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 3. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий. М.: Янус-К, 2002. 652 с.; Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 4. Человек и три окружающие его среды. М.: Светоч Плюс, 2009. 336 с.

² Черешнев В.А., Гамбурцев А.Г., Бреус Т.К. Человек и три окружающие его среды // Вестник РАН. 2007. Т. 77. № 7. С. 618–627. См. также: Гамбурцев А.Г., Сигачев А.В. Внешние воздействия на человека и его реакция на них // Экология человека. 2011. № 7. С. 15–22.

³ См.: Атлас временных вариаций... Т. 4.

⁴ Гамбурцев А.Г. Сейсмический мониторинг литосферы. М.: Наука, 1992. 200 с.

⁵ Сорокин П.А. Циклические концепции социально-исторического процесса // Россия и современный мир. 1998. № 4 (21).

роды вещам этого мира не дано останавливаться, они, достигнув некоего совершенства и будучи уже неспособны к дальнейшему подъему, неизбежно должны приходить в упадок, и, наоборот, находясь в состоянии полного упадка, до предела подорванные беспорядками, они не в состоянии пасть еще ниже и по необходимости должны идти на подъем. Так вот всегда все от добра снижается ко злу и от зла поднимается к благу. Ибо добродетель порождает мир, мир порождает бездеятельность, бездеятельность – беспорядок, а беспорядок – гибель и – соответственно – новый порядок порождается беспорядком, порядок рождает доблесть, а от нее проистекают слава и благоденствие. Вот что приводит государство к гибели, но когда предел бедствий достигнут, вразумленные им люди возвращаются, как уже сказано было, к порядку, если, впрочем, их не ввергает в беспомощность сила каких-либо чрезвычайных обстоятельств. Эту теорию хорошо суммировал поэт в следующих стихах:

Вот какова мораль всех человеческих повестей,
Все это лишь репетиция прошлого:
Сначала свобода, затем слава – а когда ее уже нет,
Богатство, разврат, коррупция, варварство, наконец.
И история со всеми ее толстыми томами –
Лишь одна страничка.

Таков вечно оборачивающийся цикл истории по Макиавелли. В отличие от Кампанеллы он не указывает ни на идентичность циклов, ни на то, что они ведут к определенной цели. Большой эмпирический и скептический мыслитель, Макиавелли остается чужд всем линейным и эсхатологическим концепциям»¹.

2. Реакция объектов биосферы на одновременные внешние воздействия носит избирательный, в ряде случаев нелинейный характер. При этом чувствительность к воздействиям изменяется во времени. Нелинейность проявляется по-разному. Она, в частности, выражается, в несоблюдении принципа суперпозиции или в сильной реакции на слабые воздействия или в появлении ритмов, которых не было в воздействиях. Сильная реакция объекта на слабое воздействие имеет место во многих случаях и проявляется тогда, когда объект подготовлен воспринять это воздействие и сильно на него прореагировать – перейти в другой динамический режим или проявить быструю и неожиданную реакцию.

Примеры можно видеть в фактах наведенной сейсмичности (плотинные землетрясения, землетрясения, вызванные отбором нефти и газа), в существовании приливных землетрясений и лунотрясений. Здесь же могут быть названы такие явления, как оползни, сели, образование горных озер после землетрясений (в частности, подобным образом после землетрясения в 1908 г. образовалось Сарезское озеро на Памире). Подобного рода примеры можно обнаружить и в классике отечественной литературы – в рассказе А.П. Чехова «Смерть чиновника» и у Козьмы Прутова («Щелкни кобылу в нос – она махнет хвостом»).

3. Объекты биосферы уникальны. Нет абсолютно одинаковых объектов биосферы (за некоторыми исключениями – ими могут быть детали, выточенные одним станком или химические элементы или «две капли воды»). В разное время один и тот же объект проявляет свою индивидуальную реакцию на то или иное воздействие.

Примером здесь может служить неодинаковая динамика сейсмических параметров, характеризующих состояние разных слоев земной коры².

4. Величины периода ритмов различных процессов варьируют в очень широких пределах. Одновременно существует множество ритмов, находящихся в определенных иерархических соотношениях, однако в отдельные интервалы времени могут доминировать один из них или группа ритмов. Ритмы могут меняться по амплитуде, сменяться другими ритмами, исчезать. Можно сказать, что процессам свойственна *переменная полиритмичность*.

Наиболее известные и устойчивые ритмы – суточные и годовые – известны как в природе, так и в общественной жизни. Однако и они претерпевают изменения в интенсивности. Известны также ритмы, связанные с приливными явлениями (околополусуточные, околосуточные, околodвухнедельные, околomesячные, 18,6 года), с гелиоактивностью (11-12 лет), ритмы температуры воздуха; в области медицины – динамика числа вызовов скорой помощи (1 неделя и 1 год). Примеры сравнительно устойчивых и неустойчивых переменнопериодических процессов приведены во всех томах Атласа временных вариаций.

5. Биосфера и ее объекты часто характеризуются чередующимися тенденциями самоорганизации и хаотизации. Самоорганизация проявляется, в частности, в установлении стабильных и продолжительных ритмических изменений состояния среды, а хаотизация – в усложнении характера ритмических изменений, вплоть до их исчезновения.

Стабильные и продолжительные ритмы характерны как для погодных явлений (1 сутки и 1 год), так и для явлений социальных (1 сутки, 1 неделя, 1 месяц, 1 год). Другие ритмы менее устойчивы и характеризуются прерывистой прослеживаемостью, например, проявление приливных процессов в сейсмоакустических шумах (около полусуток и суток, около двух и четырех недель). Эти ритмы в разное время появляются и пропадают, их нередко сменяют хаотические колебания.

6. Каждый отдельно рассматриваемый объект биосферы в конкретном временном интервале имеет свои собственные режимы изменений. В то же время имеют место общие черты протекания процессов у разных объектов, в том числе разнородных и разномасштабных. Эти общие черты могут быть вызваны глобальными, в том числе космическими причинами.

Соответствующие примеры приведены во всех томах Атласа. Они касаются современных геодинамических процессов, динамики популяций животных, вызовов скорой помощи по разным заболеваниям, экономических показателей в разных странах.

¹ Там же.

² Гамбурцев А.Г. Указ. соч.

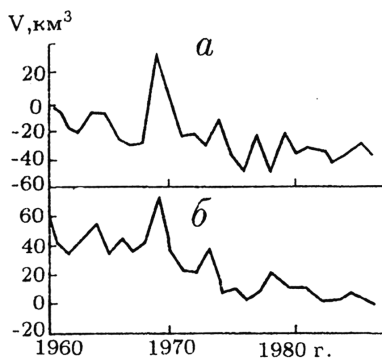


Рис. 1. Гидрология. Временные ряды среднегодовых вариаций прироста объема воды в Аральском море (а) и стока рек в море (б) с 1960 по 1987 г.¹

Видно, что ряды очень хорошо коррелированы. Сток рек в Аральское море в отдельные годы доходил до нуля. Вода расходовалась варварски. Ниже процесс показан более подробно – с месячным опросом.

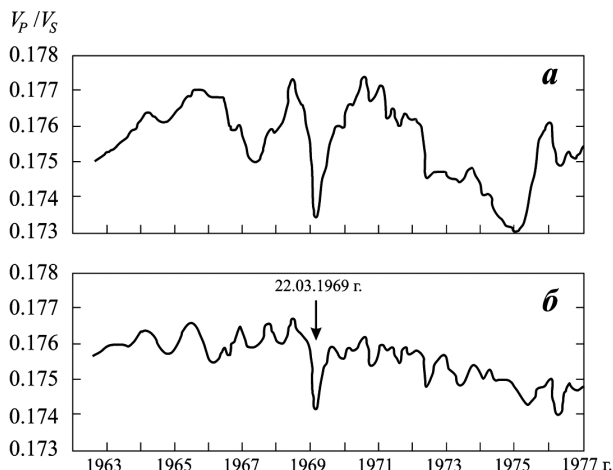


Рис. 2. Сейсмология. Пример нелинейности, десинхронизации спектрально-временного режима и полиритмичности сейсмических параметров в сейсмоактивном районе (Гарм, Таджикистан)².

Временные ряды отношения скоростей продольных и поперечных сейсмических волн в 1964–1978 г.: (а) – первичный график, (б) – график после вычитания трех доминирующих гармоник.

Взятый параметр долго считался одним из предвестников землетрясения. На графике (б) видно, что преобладающая частота процесса в правой части графика увеличилась. Спектрально-временная структура процесса в левой и правой части диаграммы различна. Возможно, что такие изменения произошли после землетрясения в районе Гарма в 1969 г.

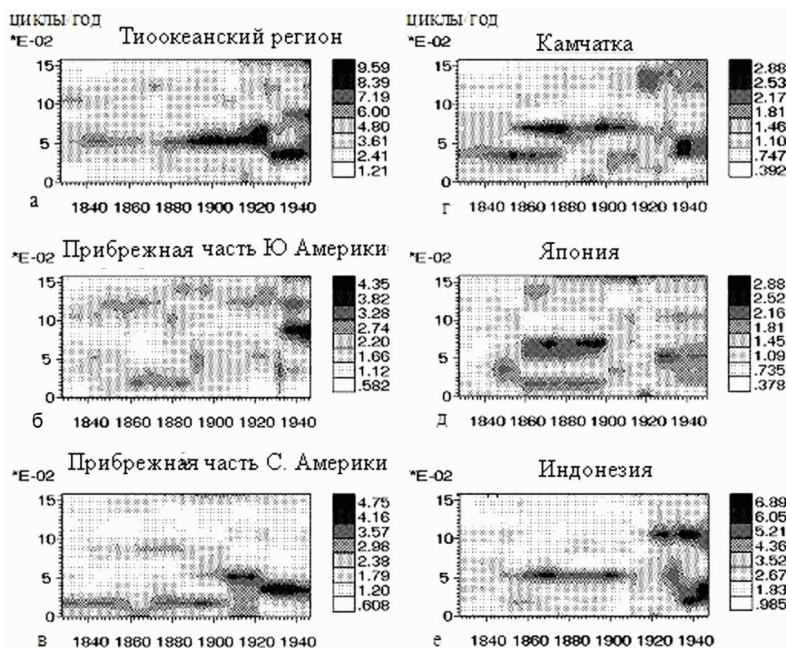


Рис. 3. Вулканология. Переменная полиритмичность. Уникальность регионов.

Спектрально-временные диаграммы количества извержений вулканов в пределах Тихоокеанского кольца³.

Есть около-двадцатилетние ритмы. Амплитуды процесса изменяются во времени. Каждый регион имеет свой спектрально-временной режим, но у некоторых регионов есть и общие черты, в частности ритм около 18–20 лет. В начале XX в. для некоторых регионов произошла перестройка режимов (десинхронизация). Возможно, это связано с сильнейшим землетрясением в Ганьсу (Китай, 1920).

¹ См.: Атлас временных вариаций... Т. 1.

² Атлас временных вариаций... Т. 2.

³ Атлас временных вариаций... Т. 3.

Рис. 4. Метеорология, медицина. Необычный нелинейный всплеск некоторых заболеваний летом 2010 г. в связи с аномальной жарой¹.

Временные ряды (январь 2009 – февраль 2011 г.) числа вызовов скорой медицинской помощи летом 2010 г. для некоторых заболеваний в Москве.

Для большинства вызовов скорой помощи характерна картина, когда летом наблюдается минимальное число вызовов, а для зимы – максимальное. Летом 2010 г. для ряда заболеваний имел место всплеск заболеваний.

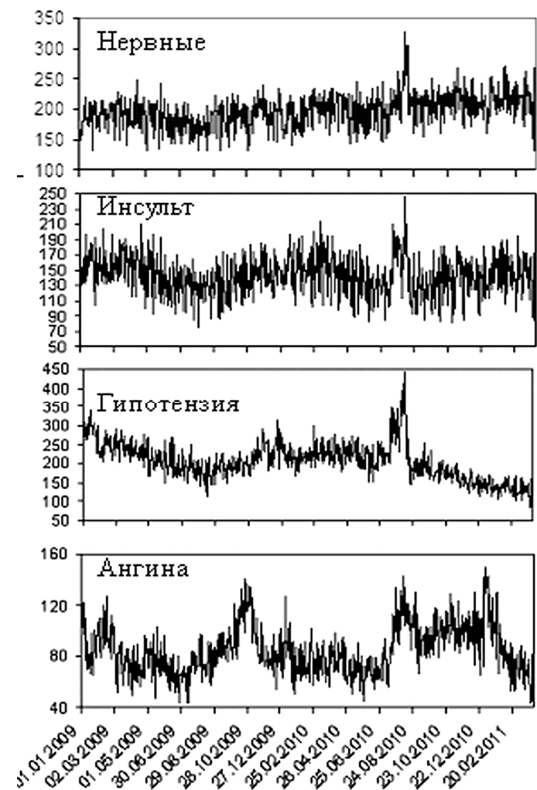


Рис. 5. Биология. Переменная полиритмичность. Временные ряды уловов лососевых (горбуши и кеты) в Охотском море².

Видно, что динамические режимы для этих двух видов рыб существенно различаются, несмотря на то, что они принадлежат одному семейству. Горбуше соответствуют более высокочастотные и контрастные изменения. Для горбуши сильно выражен квазидвухлетний ритм с большой амплитудой. Он прерывается менее интенсивными и более низкочастотными вариациями с отдельными пиками. Для кеты квазидвухлетнего ритма не наблюдается. В.Г. Собко³ пишет, что в рассматриваемые годы популяции тихоокеанских лососевых рыб, несмотря на длительную эксплуатацию, являются довольно стабильными. Она отмечает, что на изменение численности влияет множество факторов – абиотических и биотических.

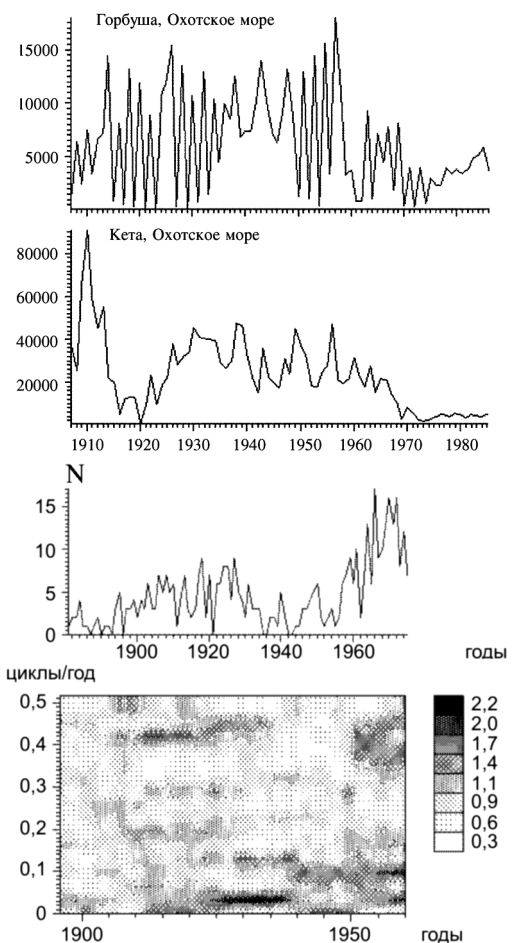


Рис. 6. Социология. Пример хаотической динамики при положительном тренде с вынужденным длительным перерывом.

Временной ряд чисел ежегодных фундаментальных публикаций работ по социологии в России с 1881 по 1975 г. с годовым отсчетом и соответствующая СВАН-диаграмма.

Картина вполне объяснимая. Видно увеличение числа публикаций к началу XX в., затем продолжительный спад, глубокий минимум и уверенный рост в 1960-х гг. СВАН-диаграмма показывает полное отсутствие каких-либо продолжительных ритмов.

¹ Гамбурцев А.Г., Сигачев А.В. Указ. соч.

² Атлас временных вариаций... Т. 3.

³ Там же. С. 432.

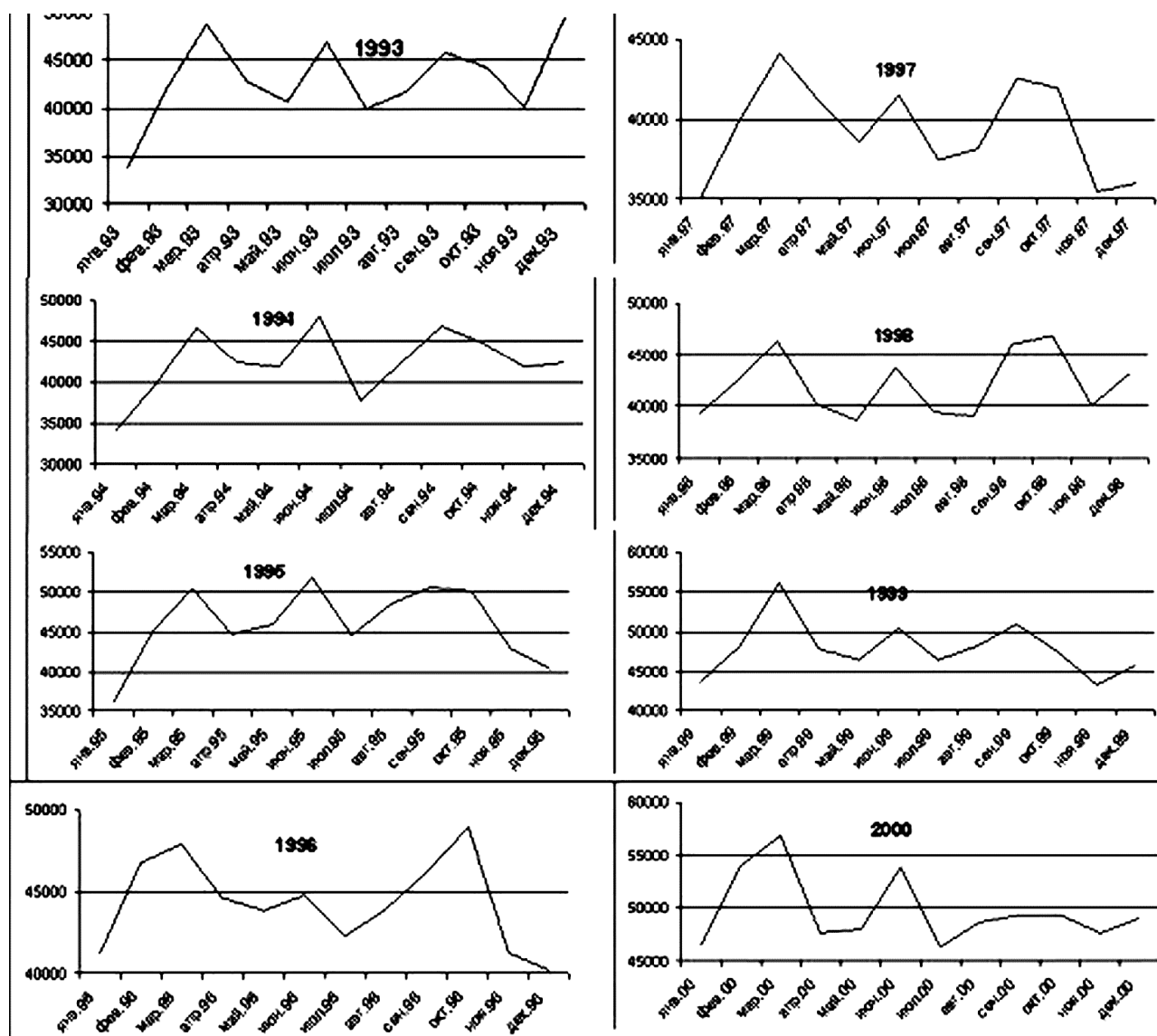


Рис. 7. Социология. Случай необычного (по сравнению с другими годами) снижения преступности в Москве в декабре 2000 г. Годовые фрагменты временного ряда количества криминальных событий в Москве¹.

Каждый год в сентябре криминальная ситуация в Москве усугублялась по сравнению с августом. В 2000 г. этого не произошло. Специалисты считают, что причиной тому является пожар на Останкинской башне: люди стали меньше смотреть телевизор и стали менее агрессивными. После ремонта ситуация восстановилась.

7. Эффект воздействия на отдельно взятый объект часто характеризуется большей амплитудой, более контрастен и упорядочен, чем эффект воздействия на совокупность объектов (принцип эмерджентности).

Пример – динамика сейсмических показателей для земной коры и ее отдельных частей, выявленная при сейсмическом мониторинге земной коры в разных регионах².

8. Для биосферы и ее объектов характерны периоды синхронизации и десинхронизации. При этом для того, чтобы произошла десинхронизация установившегося процесса, нужно, чтобы произошло достаточно сильное воздействие, вызывающее стресс или наоборот, слабое воздействие при достаточно подготовленном объекте, когда малая дополнительная нагрузка может вызвать изменение динамического режима.

Примером из медицины может служить изменение динамики физиологических показателей пациентов после встречи Нового года³. Примеры из геофизики – изменение спектрально-временной структуры рядов сейсмических показателей после землетрясения⁴; нарушение режимов авиарейсов в Европе, вызванное извержением вулкана Эйяфьятлайокудль в Исландии 14 апреля 2010 г. Примеры из социальной сферы – от

¹ Там же. С. 576–583.

² Атлас временных вариаций... Т. 1–4; Гамбурцев А.Г. Указ. соч.

³ Черешнев В.А., Гамбурцев А.Г., Бреус Т.С. Указ. соч.; Гамбурцев А.Г. Человек и три окружающих его среды. Четыре тома Атласа временных вариаций // Пространство и Время. 2010. № 1. С. 119–134; Немцов А.В., Гамбурцев А.Г. Динамика временных рядов госпитализации больных алкогольным психозом в Москве // Пространство и Время. 2011. № 1(3). С. 181–177.

⁴ Черешнев В.А., Гамбурцев А.Г., Бреус Т.С. Указ. соч.

влияния войн на режим жизни населения воюющих стран до влияние встреч Нового года и новогодних ка-
никул в России на число вызовов скорой медицинской помощи для некоторых заболеваний¹.

9. Во многих случаях источником изменений свойств и процессов в биосфере является общество, которое вмешательством в природные или гуманитарные процессы может генерировать такие же воздействия на природу и общество, как и природные источники.

В качестве примеров приведем: 1) нефтедобычу в районе Газли (Узбекистан), вызвавшая Газлийское землетрясение, 2) многочисленные плотинные землетрясения, другие наведенные сейсмические события; 3) несостоявшийся поворот рек.

Приведенные и многие другие примеры показывают сходство особенностей динамики процессов в природе и обществе. Многочисленные примеры можно увидеть в трудах А.Л. Чижевского, Н.Д. Кондратьева, П.А. Сорокина, других ученых, работавших в различных областях естественных и гуманитарных наук.

Различительные черты тех и других процессов заключаются в скорости протекания процессов, амплитудах и периодах. Кроме того в обществе мы имеем примеры неритмической цикличности; их примеры имеются во временных рядах численности народонаселения и длительности цивилизаций². Эти ряды характеризуются неритмичной цикличностью, когда каждый следующий цикл короче предыдущего. В томах Атласа приведены примеры близкой картины спектрально-временных режимов различных процессов в природе и обществе, настолько близкой, что различить их невозможно.

Что отличает процессы в жизни природы и общества?

Роль личности или групп личностей в истории, науке, искусстве

Вопрос, вынесенный в заголовок раздела, представляется одним из основных. Ответ, по-видимому, заключается в том, что большую роль в обществе (а в последнее время и в природе, что также небезразлично для общества) играет человеческий фактор.

Рассмотрим два аспекта роли человека (общества) в социальных процессах: первый – люди, повлиявшие на *ход истории*, и второй – люди и события, повлиявшие на *судьбы и здоровье других людей или групп людей*. Сразу оговоримся, что в настоящей статье мы ограничимся лишь тем, что наметим основные вехи, в некоторых случаях называя отдельные фамилии.

Первый аспект: люди и события, повлиявшие на ход истории. Здесь можно выделить несколько категорий «творцов истории». У человечества есть особые, переломные моменты развития, в это время появляются лидеры – положительные или отрицательные или нейтральные, случайные, невыразительные (последние наименее известны). Одним из главных отличий процессов в природе и обществе является то, что у человека как индивидуума имеются определенные способности, возможности и воля. Давно существует формула: «Народ – творец истории»³. Вот что на эту тему пишет А.Г. Спиркин: «За всю историю человечества произошло огромное множество событий, и всегда они направлялись различными по своему моральному облику и разуму личностями: гениальными или тупоумными, талантливыми или посредственными, волевыми или безволевыми, прогрессивными или реакционными. Став по воле случая или в силу необходимости во главе государства, армии, народного движения, политической партии, личность может оказывать на ход и исход исторических событий разное влияние: положительное, отрицательное или, как это нередко бывает, и то и другое»⁴. Имеется немало примеров влияния сильных личностей на ход истории. Приведем мнение И.Р. Пригожина относительно революции 1917 г.: «В 1917 году революция и крах самодержавия в России могли принять различные формы. То, что произошло в реальности, стало следствием многих причин, в частности слабости царя, непопулярности царицы, нерешительности Керенского и решительности Ленина. Именно эти «микрофакторы» и амплитуда их флуктуаций и определили исход кризиса»⁵.

Совершенно аналогичным образом имеются личности, которые сильно повлияли на развитие своей отрасли науки, техники, искусства. Заметим, что в области науки, с одной стороны, и искусства, литературы и некоторых других творческих областей, с другой стороны, есть существенная разница. Прорывы в этих областях делают *личности*, причем в области естественных наук и техники все более существенную роль играют *большие сильные коллективы* (например, в области конструирования космических кораблей). Разница заключается в следующем. В области искусства и литературы (имеем в виду произведения, становящиеся классикой) каждое великое творение неповторимо; если бы не было Чайковского, Моцарта, Бетховена, никогда бы не было их симфоний и концертов. Что же касается естественных наук, то они зиждутся на объективных, не зависящих от человека законах физики, математики и химии. Если бы не было Ньютона, то его законы все равно были бы открыты, хотя бы и позже.

1. Личности и группы личностей, изменившие ход мировой истории:

- духовные и политические лидеры;
- великие ученые, обеспечившие прогресс фундаментальной и прикладной науки;
- великие первооткрыватели – географы;
- великие военачальники;
- греческие мыслители;
- великие писатели и поэты.

¹ Там же; Гамбурцев А.Г. Человек и три окружающих его среды. Четыре тома Атласа временных вариаций...; Немцов А.В., Гамбурцев А.Г. Указ. соч.

² Атлас временных вариаций... Т. 2, 3.

³ Под таким заголовком в «Правде» была опубликована редакционная статья сразу же после похорон И.В. Сталина.

⁴ Спиркин А.Г. Указ. соч.

⁵ Пригожин И.Р. Детерминизма нет ни в обществе, ни в природе. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/2006/876>

2. *Большие социальные общности людей:*

- люди науки, литературы и искусства;
- деятели Церкви;
- аппарат правительственных органов;
- представители силовых структур – армии, органов безопасности;
- террористы;
- спортсмены;

3. *Народы;*4. *События и явления (состоявшиеся и возможные):*

- великие географические открытия;
- Октябрьский переворот 1917 г.;
- Первая и Вторая мировые войны;
- бомбардировка Хиросимы и Нагасаки;
- глобальное изменение климата.

Второй аспект: люди и события, повлиявшие на судьбы, здоровье и деятельность других людей или групп людей. Вопрос имеет две стороны: 1) касающаяся жизни населения в целом в том или ином регионе и 2) касающаяся направленности деятельности людей.

Вряд ли стоит подробно останавливаться на первом вопросе, поскольку каждый человек в той или иной степени влияет на судьбы и здоровье окружающих.

Вторая сторона вопроса связана с ролью той или иной личности (или события) – независимо от степени ее известности, – которая повлияла на развитие общностей людей, объединенных тем или иным видом деятельности (в области науки, литературы и искусства, в военно-политической сфере, в области спорта).

Заметим, что влияние отдельных личностей (формальных и неформальных лидеров, «лидеров мнения») испытывают многие люди в образовательном и лечебном процессах, в науке, искусстве, спорте и т.д.

Иерархия и взаимосвязь исследуемых процессов и математических методов их анализа и прогнозирования

Перейдем теперь от сопоставления процессов в природе и обществе к их совместному рассмотрению – к их классификации и методам их анализа. Процессы в природе и обществе, будучи измеренными, превращаются в последовательности временных рядов. При исследовании временных рядов процессов в природе и обществе важно знать два обстоятельства: какие есть представления о физике каждого из процессов, а также методами какого математическими аппарата проводится анализ процесса. Рассмотрим, в какой взаимосвязи находятся эти обстоятельства и какие возможности порождает применение того или иного математического метода.

Количественные значения временных рядов, попадающие в руки исследователя, являются просто набором чисел, и наделение их теми или иными физическими свойствами зависит от понимания их физической сущности и от цели исследователя.

Если исключить задачи квантовой механики и проблемы, при которых измерение величины приводит к изменению самого изучаемого процесса, то существуют только четыре типа процессов: 1) детерминированный, 2) случайный, 3) случайный стационарный и 4) нестационарный. Каждый из процессов порождает те или иные методы его математического анализа. Ведь математические методы разрабатывались именно для анализа динамических процессов. Однако применение математических методов не является точным отражением характера процесса, как будет показано ниже, существует и широко используется возможность использования для анализа одного процесса нескольких методов.

Примером детерминированного процесса является движение планет и звезд (если не задаваться проблемами формирования Вселенной). Мы считаем, что их траектории вполне детерминированы и определяются решениями соответствующих законов движения. Математический аппарат в этом случае однозначно определяет объект исследования – это системы обыкновенных дифференциальных уравнений, порождаемые законом всемирного тяготения и законами движения Ньютона. Однако это детерминированное движение не является полностью таковым. Возможны отклонения, связанные с неучтенными факторами, возможно, с движением комет или других неизвестных факторов. В астрономии существует направление, предметом которого является отслеживание движения ряда небесных тел (звезд и планет) с целью обнаружения отклонений от предписанных, повторявшихся длительное время, траекторий. Однако всякое отклонение от траекторий при таком подходе опять будет рассматриваться как детерминированное.

Если мы станем анализировать количество космических частиц, попадающих на определенный участок земной поверхности в какое-то время, точность отклонения попаданий артиллерийского снаряда от точки прицеливания, количество заболеваний населения в заданные дни, то получим картины реализации случайной величины. Эти процессы анализируют с помощью теории вероятностей и математической статистики.

Анализ же тех процессов, для которых рассматривается не один временной интервал, а большой отрезок времени, порождает не последовательности чисел, а набор траекторий, меняющихся во времени. Эти процессы порождают стационарный случайный процесс. В трех приведенных выше случаях мы получим наборы траекторий, элементами которых являются количества космических частиц, зарегистрированных в течение месяца, наборы вызовов врача во все дни года, и пр. В случае стационарного случайного процесса мы можем применять для анализа теорию случайных процессов, в том числе рассчитывать автокорреляционные, кросс-корреляционные функции, строить СВАН-диаграммы. В физике (термодинамике) И.Р. Пригожин открыл нестационарные процессы¹, которые он исследовал методами математического анализа. К этим процессам относятся и

¹ Пригожин И. Неравновесная статистическая механика. М., 1964. 312 с.

реализуемые в наиболее сложных моделях климата – математических моделях общей циркуляции атмосферы и океана¹, решения систем соответствующих уравнений в принципе неустойчивы и нестационарны. Климатические процессы в принципе неустойчивы и нестационарны². Методы теории случайных процессов здесь неприменимы, в том числе тут не могут существовать такие функции, как автокорреляционная и пр.

Однако для исследования климата была найдена «уловка» – чтобы иметь возможность исследовать его проявления, было разработано определение климата как статистического ансамбля параметров на отрезке времени 30 лет. Это позволяет разделять временные ряды, порождаемые климатическими процессами, на отрезки времени, на которых эти процессы полагаются стационарными случайными. Следствием этого стала возможность применять теорию случайных процессов, «отдавая» нестационарности длительно протекающие во времени процессы.

Процессы, протекающие в обществе, принципиально нестационарны и недетерминированы, в первую очередь, по причине того, что решения, принимаемые на уровне от отдельных «рядовых» людей до руководителей государств, меняются, они мало, а иногда совсем непредсказуемы.

Таким образом, мы получаем, что есть две последовательности. Одна – это усложняющаяся последовательность исследуемых процессов:

детерминированный процесс $\Rightarrow$ случайная величина $\Rightarrow$ случайный стационарный процесс $\Rightarrow$ нестационарный процесс.

Другая последовательность – это усложняющиеся методы анализа и прогнозирования процессов:

обыкновенные дифференциальные уравнения $\Rightarrow$ уравнения в частных производных, не порождающие нестационарные решения $\Rightarrow$ теория вероятностей $\Rightarrow$ теория стационарных случайных процессов $\Rightarrow$ уравнения в частных производных, порождающие нестационарные решения.

Было бы весьма сложно исследовать временные ряды, если бы каждому его типу соответствовал бы только один математический метод анализа. Положение спасает возможность рассматривать «упрощенные» варианты процессов, своего рода аналог математической «свертки».

Сформулируем правило «упрощения» процесса: если мы имеем временной ряд и его физическая характеристика предполагает определенный метод его анализа, то можно последовательно или сразу понизить эту характеристику вплоть до самого простого, детерминированного варианта, при этом возможно применение математических методов, соответствующих этому варианту.

Проследим это положение на нескольких примерах.

В климатологии длительно протекающие процессы часто усредняют по годам и полагают детерминированным или случайным стационарным процессом, хотя они такими не являются. Например, при определении глобального потепления МГЭИК³ показывает рисунок усредненных за год значений температуры атмосферы за последнюю тысячу лет и утверждает, что в последние годы произошел резкий и сильный подъем температуры, причем величина подъема статистически значимо выше значений температуры в течение всего тысячелетия. Это явление называют глобальным потеплением. Здесь произошло «упрощение» нестационарного процесса с помощью усреднения до детерминированных гладких кривых, а также его «превращение» в несколько последовательностей на фиксированных отрезках времени, породившее наборы последовательностей случайных чисел, для которых затем определили статистическое различие, и нашли одну, значимо отличающуюся, которую называют «глобальное потепление».

Решения упомянутых выше моделей общей циркуляции атмосферы и океана⁴, дают для переменных моделируемого климата нестационарные решения. Эти решения являются новым явлением в современной картине мира, они порождают виртуальный климат, имеющий близкие к природному проявления: множество нестационарных процессов, распределенных по пространству, повторяющему очертания земли и океана вместе с наборами высот на уровне моря, сложной картиной распределенных по поверхности Земли и высоте атмосферных явлений и по поверхности океана и глубине океанских явлений. Это яркий пример весьма точной и почти полной имитации мира в своей «весовой категории» – глобальном климате.

Решения моделей воспроизводят большое количество важных элементов климата, например, нестационарный сибирский антициклон, развивающийся зимой. В модели В.П. Пархоменко⁵ есть блок формирования ледяного покрова Арктики и Антарктиды. При моделировании, если начальное состояние не содержит льдов, то модель начинает «создавать» льды и «делает» это за разумное в физическом отношении время, а форма ледяного покрова получается близкой к современной.

Анализ такого типа моделей близок к анализу реальных временных рядов. Так, при анализе также «свертывают» процесс до уровня случайной последовательности или детерминированной кривой, для получаемых решений рассчитывают среднее значение за разумный отрезок времени, и используют его как характеристику климата.

В книге А.М. Тарко⁶ проведено несколько упрощений предположения о характере процесса, и это давало

¹ Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. М.: Наука, 1985, 272 с.; Parkhomenko V.P. Statistical Analysis of Interannual Arctic Sea Ice Modeling // Research activities in atmospheric and oceanic modeling. World Meteorological Organization. Geneva, Switzerland. 2002. V. 32. P. 8.4–8.5.

² Простым примером, иллюстрирующим данное положение, является дым из сигареты – с кончика сигареты выходит ламинарная струя дыма, когда все частицы летят параллельно, но далее она переходит в нестационарную стадию – частицы начинают двигаться турбулентно – именно турбулентные процессы определяют климат.

³ МГЭИК – Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change).

⁴ Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Указ. соч.

⁵ Parkhomenko V.P. Op. cit.

⁶ Тарко А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование. М: Физматлит. 2005. 232 с.

каждый раз содержательные результаты. Были использованы данные измерений хода (сезонного и годичного) концентрации CO_2 в атмосфере на многочисленных станциях мониторинга и результаты измерений с ледовых кернов Антарктиды. Соответствующие временные ряды являются, как и в случае с климатом, реализацией нестационарного случайного процесса. Эти данные были использованы для двух видов анализа. Во-первых, усредненные за год данные в предположении, что мы имеем реализацию случайной величины, позволили построить уравнение регрессии и установить, что CO_2 в атмосфере в указанные годы растет экспоненциально. Во-вторых, в рамках предположения, что мы имеем детерминированный процесс, были проанализированы годичные темпы изменения концентрации CO_2 в последние годы (дискретный аналог первых производных кривой). Было показано уменьшение темпов роста выбросов CO_2 в атмосферу во всем мире, дающее основание заключить, что развитые страны мира активно готовились к началу выполнения Киотского протокола в 2010 г.

Также был проанализирован сезонный ход концентрации CO_2 и показано, что наибольшее изменение концентрации CO_2 в течение года наблюдается в высоких и средних широтах Северного полушария. При этом минимум концентрации CO_2 приходится на август. В целом в Южном полушарии вплоть до Южного полюса минимум концентрации CO_2 приходится на февраль-март и размах колебаний здесь значительно меньше. Наличие минимумов концентрации CO_2 в летний период в каждом из полушарий – Северном и Южном было объяснено деятельностью фотосинтезирующих растений экосистем суши, а уменьшение размаха величины колебаний от севера к югу объясняется приближением к экватору, где сезонные колебания фотосинтеза меньше, а также небольшой площадью суши и соответственно экосистем в Южном полушарии. Вслед за этим было проведено математическое моделирование¹, которое подтвердило высказанную гипотезу, было также показано, что движение воздушных масс приводит к «затягиванию» CO_2 из районов с меньшими значениями фотосинтеза, находящимися за сотни километров.

Важными для океанологов являются подробные данные измерений, содержащие сведения об исследуемом процессе в течение длинного временного отрезка. Так, данные измерения процессов на разных глубинах океана в течение нескольких месяцев круизов нескольких кораблей за много круизов в течение более 30 лет, дополненные данными стационарных измерений на станциях мониторинга, данными дистанционного зондирования из космоса и измерений в специально подготовленных бассейнах дают незаменимые материалы для анализа процессов в океане. На основе этих данных океанологи получают сведения для изучения, например, процессов динамики CO_2 в океане. Эти данные необходимы и для разработки математических моделей. Так, Н.Н. Моисеевым, В.В. Александровым и А.М. Тарко была разработана модель цикла углерода в системе океан – атмосфера с пространственным разрешением $4 \times 5^\circ$ географической сетки с учетом годичной и сезонной динамикой². В модели учтен как сезонный ход параметров океана, так и многолетний. Важно отметить, что при математическом моделировании процессы считались детерминированными, в одних для анализа случаев брались усредненные по годам данные, в других – усредненные по месяцам.

Часто нестационарные процессы исследуют методами теории стационарных процессов, разделяя их на небольшие отрезки времени, на которых их можно считать стационарными. При этом разделение на отрезки времени происходит на основе опыта или случайным выбором. В работе Б.Е. Бродского с соавт. предложена методика такого разделения на примере анализа электроэнцефалограммы (ЭЭГ)³. Выбор временных участков стационарности или нестационарности проводился на основе «индекса нерегулярности», основанном на расчете энтропии спектра мощности.

По сравнению с неживой и живой природой процессы в обществе, в том числе экономические процессы, сложнее описывать по причине наличия плохо предсказуемого человеческого фактора. Такие ситуации порождают нестационарные процессы. Однако если анализировать будущее на основе системы сценариев, в какой-то мере реализующих варианты действия человеческого фактора, то можно создавать детерминированные, вполне работоспособные модели. Другим фактором, существенно помогающим в исследовании и моделировании экономических процессов, является придание развитию экономики данной страны определенной «модели». Так, в современном развитии выделяются сырьевая, аграрная, высокотехнологичная и другие модели развития. Если принять, что данная страна развивается по определенной модели, то исследование и моделирование превращается в анализ почти детерминированного процесса, т.к. целевые функции в таком развитии известны, и они позволяют, хоть и не совсем детерминировано, определять большинство связей, не прибегая к методике сценариев.

В начале 1990-х годов одному из авторов этой статьи известные экономисты Запада сказали, что математическое моделирование экономического развития России будет практически невозможным, т.к. нет методов моделирования нестационарных экономических процессов, с которыми придется столкнуться России, стране с переходной экономикой. Однако сотрудники ВЦ РАН А.А. Петров и И.Г. Поспелов⁴, а также сотрудник ИСА РАН С.В. Дубовский⁵ независимо разработали системы моделей, описывающих экономику России на базе предположения о рассмотрении сложного процесса с детерминированной динамикой переменных, и получили прогнозы на ближайшие десятилетия при разных сценариях развития экономики. Позже А.М. Тарко и М.Ю. Портной также разработали мо-

¹ Тарко А.М., Усатюк В.В. Модель глобального цикла углерода в биосфере с учетом сезонной динамики // Материалы Второй Национальной конференции с международным участием «Математическое моделирование в экологии». 23–27 мая 2011, г. Пушино. Пушино: Изд-во ИФХиБПП РАН, 2011. С. 264–267.

² Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Указ. соч.

³ Бродский Б.Е., Дарховский Б.С., Каплан А.Я., Шишкин С.Л. ЭЭГ как нестационарный сигнал: подход к анализу на основе непараметрической статистики // Физиология человека. 1997. Т. 23. № 4. С. 124–126

⁴ Петров А.А., Поспелов И.Г. Математические модели экономики России // Вестник РАН. 2009. Т. 79. № 6. С. 492–506.

⁵ Дубовский С.В. Прогнозирование российского экономического роста и финансовой динамики в условиях глобализации и нестабильности // Общественные науки и современность. 2005. № 3. С. 129–136.

дель экономики России, показывающую, в частности, бесперспективность сырьевого пути развития России и неизбежность высокотехнологического развития для устойчивого положительного развития страны¹.

Выводы

Изучение динамики процессов в природе важно по той причине, что оно позволяет определить пока еще не ясные причинно-следственные связи между процессами и продвинуться в проблеме понимания и прогнозирования. Динамика процессов в природе и обществе изменчива и зависит от множества изменяющихся же причин, в том числе от человеческих действий. Причем решающее воздействие, в результате которого возникает катастрофа, может оказать какой-то один фактор или группа факторов, состав которых может изменяться. Динамика процессов в обществе так же, как и в природе, изменчива и разнообразна и зависит от множества других процессов в природе и обществе. В то же время многие процессы, протекающие в обществе и происходящие с отдельными людьми, имеют дополнительную зависимость, связанную с действиями общества или отдельных лиц – от произвола тирана и травли в СМИ до поведения алкоголика-соседа.

Таким образом, динамика общественных явлений и событий, связанных с отдельными лицами часто бывает еще менее предсказуема, чем динамика природных явлений.

Если говорить о процессах в природе и обществе в больших и средних масштабах, то для того, чтобы прогнозировать будущие процессы, события и явления, представляется необходимым не ограничиваться изучением только самих этих процессов и явлений и заведомо влияющих на них факторов, а проводить комплексный, системный мониторинг процессов.

Несколько слов о возможностях прогнозирования. Имеют место процессы и события, которые легко прогнозируются. Со 100-процентной вероятностью мы прогнозируем смену дня и ночи, зимы и лета. С высокой вероятностью прогнозируются жаркие дни летом в пустыне Сахара. Однако есть процессы, близкие к случайным, прогнозировать которые очень непросто. Существуют, в частности, проблемы с прогнозированием уровня Каспийского моря, имевшим сильное падение уровня в 1933–1940 гг. (на 1,7 м) и подъем начиная с 1977 г. В течение долгого времени высыхания Каспия прогнозов было много, и почти все они были неутешительными. Действительно, на уровень Каспийского моря влияют многие факторы – тектонические, метеорологические, гидрологические, антропогенные; процесс его динамики близок к хаотическому.

В России и за рубежом исследуют вопрос о прогнозировании землетрясений. Эта проблема была поставлена в нашей стране более 50 лет тому назад, но, к сожалению, для того, чтобы пересчитать случаи правильного прогноза, достаточно пяти пальцев. Япония – самая сейсмичная страна – в настоящее время уделяет больше внимания сейсмостойкому строительству, нежели прогнозированию землетрясений.

Таким образом, мы видим, что прогнозирование многих природных процессов и явлений очень сложно и сопряжено с существенными ошибками.

В процессах в обществе также следует выделять легко- и труднопредсказуемые. *В ряде случаев социальные процессы вызваны волей определенных групп людей или даже отдельных личностей, и такие процессы гораздо труднее прогнозировать, нежели природные.* Примером очевидных будущих процессов являются недельный и месячный ритмы – после воскресенья следует понедельник и т.д., после декабря следует январь. В свою очередь если нападение Германии на СССР в 1941 г. можно отнести к числу легко предсказуемых событий, то события 2010–2012 гг. в Египте являются примерами трудно предсказуемых событий.

В заключение отметим следующее. Известно, что в нашем мире – во всех сферах – происходит множество процессов с различной динамикой. Эти процессы сильно или слабо, прямо или косвенно воздействуют друг на друга. В настоящее время намечается тенденция развития междисциплинарных исследований, сопоставлений и обобщений. Эта тенденция обусловлена многими факторами, в том числе заметным увеличением природных, техногенных и природно-техногенных катастроф, изменениями в социальной сфере многих стран, террористическими угрозами, ростом численности населения. Мы считаем необходимым проследивать и сопоставлять динамику этих процессов, особенно тех, которые могут привести к медленно или быстро развивающейся катастрофе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас временных вариаций природных процессов. Т. 1. Порядок и хаос в литосфере и других сферах. М.: ИФЗ РАН. 1994.
Atlas vremennykh variatsii prirodnikh protsessov. T. 1. Poryadok i kaos v litosfere i drugikh sferakh. IFZ RAN. Moskva. 1994.
2. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 2. Циклическая динамика в природе и обществе. М.: Науч. Мир, 1998. 432 с.
Atlas vremennykh variatsii prirodnikh, antropogennykh i sotsial'nykh protsessov. T. 2. Tsiklicheskaya dinamika v prirode i obshchestve. Nauch. Mir. Moskva. 1998. 432 p.
3. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 3. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий. М.: Янус-К, 2002. 652 с.
Atlas vremennykh variatsii prirodnikh, antropogennykh i sotsial'nykh protsessov. T. 3. Prirodnye i sotsial'nye sfery kak chasti okruzhayushchei sredy i kak ob"ekty vozdeystviy. Yanus-K. Moskva. 2002. 652 p.
4. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 4. Человек и три окружающие его среды. М.: Светоч Плюс, 2009. 336 с.
Atlas vremennykh variatsii prirodnikh, antropogennykh i sotsial'nykh protsessov. T. 4. Chelovek i tri okruzhayushchie ego sredy. Svetoch Plyus. Moskva. 2009. 336 p.
5. Бродский Б.Е., Дарховский Б.С., Каплан А.Я., Шишкин С.Л. ЭЭГ как нестационарный сигнал: подход к

¹ Tarko A.M., Portnoy M.Yu. Modeling of the Economic Development of Russia and Countries of the World Through Idea of Successive the Most Effective High-Tech Sector // Труды Третьей международной конференции «Математическое моделирование социальной и экономической динамики» (MMSD-2010). М.: Российский государственный социальный университет, 2010. С. 257–259.

- анализу на основе непараметрической статистики // Физиология человека. 1997. Т. 23. N 4. С. 124–126.
Brodskii B.E., Darkhovskii B.S., Kaplan A.Ya., Shishkin S.L. (1997). EEG kak nestatsionarnyi signal: podkhod k analizu na osnove neparametricheskoi statistiki. Fiziologiya cheloveka. T. 23. N 4. Pp. 124–126.
6. Гамбурцев А.Г. Сейсмический мониторинг литосферы. М.: Наука, 1992. 200 с.
Gamburtsev A.G. (1992). Seismicheskii monitoring litosfery. Nauka. Moskva. 200 p.
7. Гамбурцев А.Г. Человек и три окружающих его среды. Четыре тома Атласа временных вариаций // Пространство и Время. 2010. № 1. С. 119–134.
Gamburtsev A.G. (2010). Chelovek i tri okruzhayushchikh ego sredy. Chetyre toma Atlasa vremennykh variatsii. Prostranstvo i Vremya. № 1. Pp. 119–134.
8. Гамбурцев А.Г., Сигачев А.В. Внешние воздействия на человека и его реакция на них // Экология человека. 2011. № 7. С. 15–22.
Gamburtsev A.G., Sigachev A.V. (2011). Vneshnie vozdeistviya na cheloveka i ego reaktsiya na nikh. Ekologiya cheloveka. № 7. Pp. 15–22.
9. Дубовский С.В. Прогнозирование российского экономического роста и финансовой динамики в условиях глобализации и нестабильности // Общественные науки и современность. 2005. № 3. С. 129–136.
Dubovskii S.V. (2005). Prognozirovaniye rossiiskogo ekonomicheskogo rosta i finansovoi dinamiki v usloviyakh globalizatsii i nestabil'nosti. Obshchestvennyye nauki i sovremennost'. № 3. Pp. 129–136.
10. Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. М.: Наука, 1985. 272 с.
Moiseev N.N., Aleksandrov V.V., Tarko A.M. (1985). Chelovek i biosfera. Opyt sistemnogo analiza i eksperimenty s modelyami. Nauka. Moskva. 272 s.
11. Немцов А.В., Гамбурцев А.Г. Динамика временных рядов госпитализации больных алкогольным психозом в Москве // Пространство и Время. 2011. № 1(3). С. 181–177.
Nemtsov A.V., Gamburtsev A.G. (2011). Dinamika vremennykh ryadov gositalizatsii bol'nykh alkohol'nym psikhozom v Moskve. Prostranstvo i Vremya. № 1(3). Pp. 181–177.
12. Петров А.А., Поспелов И.Г. Математические модели экономики России // Вестник РАН. 2009. Т. 79. № 6. С. 492–506.
Petrov A.A., Pospelov I.G. (2009). Matematicheskie modeli ekonomiki Rossii. Vestnik RAN. T. 79. № 6. Pp. 492–506.
13. Пригожин И.Р. Детерминизма нет ни в обществе, ни в природе // Центр гуманитарных технологий: Гуманитарные технологии и общественное развитие. Экспертно-аналитический портал. 2.10.2006. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/2006/876>.
Prigozhin I.R. Determinizma net ni v obshchestve, ni v prirode. Tsentr gumanitarnykh tekhnologii: Gumanitarnye tekhnologii i obshchestvennoye razvitiye. Ekspertno-analiticheskii portal. 2/10/2006. URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/2006/876>.
14. Пригожин И. Неравновесная статистическая механика. М.: Мир, 1964. 312 с.
Prigozhin I. (1964). Neravnovesnaya statisticheskaya mekhanika. Mir. Moskva. 312 s.
15. Сорокин П.А. Циклические концепции социально-исторического процесса // Россия и современный мир. 1998. № 4 (21). С. 28–40.
Sorokin P. (1998). Tsiklicheskie kontseptsii sotsial'no-istoricheskogo protsesssa. Rossiya i sovremennyy mir. № 4 (21). Pp. 28–40.
16. Спиркин А.Г. Философия. М.: Гардарики, 2000. 736 с.
Spirkin A.G. (2000). Filosofiya. Gardariki. Moskva. 736 p.
17. Тарко А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 2005. 232 с.
Tarko A.M. (2005). Antropogennyye izmeneniya global'nykh biosfernykh protsessov. Matematicheskoe modelirovanie. Fizmatlit. Moskva. 232 s.
18. Тарко А.М., Усатюк В.В. Модель глобального цикла углерода в биосфере с учетом сезонной динамики // Материалы Второй Национальной конференции с международным участием «Математическое моделирование в экологии», 23–27 мая 2011 г., г. Пущино. Пущино: Изд-во ИФХиБПП РАН, 2011. С. 264–267.
Tarko A.M., Usatyuk V.V. (2011). Model' global'nogo tsikla ugleroda v biosfere s uchetom sezonnoi dinamiki. Materialy Vtoroi Natsional'noi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Matematicheskoe modelirovanie v ekologii», 23–27 maya 2011 g., gor. Pushchino. Izd-vo IFKhibPP RAN. Pushchino. Pp. 264–267.
19. Черешнев В.А., Гамбурцев А.Г., Бреус Т.К. Человек и три окружающие его среды // Вестник РАН. 2007. Т. 77. № 7. С. 618–627.
Chereshnev V.A., Gamburtsev A.G., Breus T.K. (2007). Chelovek i tri okruzhayushchie ego sredy. Vestnik RAN. T. 77. № 7. Pp. 618–627.
20. Parkhomenko V.P. Statistical Analysis of Interannual Arctic Sea Ice Modeling // Research activities in atmospheric and oceanic modeling. World Meteorological Organization. Geneva, Switzerland. 2002. V. 32. P. 8.4–8.5.
21. Тарко А.М., Портной М.Ю. Modeling of the Economic Development of Russia and Countries of the World Through Idea of Successive the Most Effective High-Tech Sector // Труды Третьей международной конференции «Математическое моделирование социальной и экономической динамики» (MMSED-2010). М.: Российский государственный социальный университет, 2010. С. 257–259.
Tarko A.M., Portnoy M.Yu. (2010). Modeling of the Economic Development of Russia and Countries of the World Through Idea of Successive the Most Effective High-Tech Sector. Trudy Tret'ei mezhdunarodnoi konferentsii «Matematicheskoe modelirovanie sotsial'noi i ekonomicheskoi dinamiki» (MMSED-2010). Rossiiskii gosudarstvennyi sotsial'nyi universitet. Moskva. Pp. 257–259.