

УДК
57.034:551.2/3:550.34:316.4



Черешнев В.А.*,
Степанова С.И.**,
Гамбурцев А.Г.***,
Гамбурцева Н.Г.****

В.А. Черешнев

С.И. Степанова

А.Г. Гамбурцев

Н.Г. Гамбурцева

Синхронизация, десинхронизация, ресинхронизация и трансинхронизация процессов в природе и обществе¹

*Черешнев Валерий Александрович, доктор медицинских наук, академик РАН, директор ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии УрО РАН», Екатеринбург

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-4329-147X>

E-mail: chereshnev@prm.uran.ru

**Степанова Светлана Ивановна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая лабораторией, ФГБУН «Государственный научный центр Российской Федерации Институт медико-биологических проблем РАН», Москва

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-7980-7493>

E-mail: svetlana-i-stepanova@j-spacetime.com; ssi@imbp.ru

***Гамбурцев Азарий Григорьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ФГБУН «Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН», Москва

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-6557-8677>

E-mail: azariy-g-gamburtsev@j-spacetime.com; azgamb@mail.ru

****Гамбурцева Нина Григорьевна, кандидат физико-математических наук, ведущий инженер ФГБУН «Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН», Москва

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-9145-1354>

E-mail: nina-g-gamburtseva@j-spacetime.com; azgamb@mail.ru

Обсуждаются возможные механизмы формирования переменной полиритмичности процессов в природе и обществе, в частности, в геофизике. Такими механизмами могут служить десинхронизация процессов с последующей ресинхронизацией (восстановлением синхронизации в прежнем виде), либо с возобновлением синхронизации на основе новых временных отношений (трансинхронизацией). В качестве примеров приводятся случаи преобразования ритмических процессов в организме человека, в социосфере и в геологической среде, в том числе связанные с такими явлениями, как землетрясения, подземный шум приливного происхождения, лунотрясения.

Ключевые слова: биосфера; динамика; воздействия; синхронизация; временные ряды; землетрясения; приливы; ритмические процессы.

По силе воздействия на человека и биосферу внешние негативные 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 части²; *антропогенные события*: ядерная война, разрушение цивилизаций, науки, культуры и религий.

¹ Работа выполнена в рамках направления 70 «Физические поля, внутреннее строение Земли и глубинные геодинамические процессы» раздела «Науки о Земле». № по Госзаданию 0144-2014-00101.

² См., в частности: Walliser O.H. "Patterns and Causes of Global Events." *Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic*. Berlin, Heidelberg: Springer, 1996. 7-19; Green J.K., Konings A.G., Alemohammad S.H., Berry J., Entekhabi D., Kolassa J., Lee J.-E., Gentile P. "Regionally Strong Feedbacks between the Atmosphere and Terrestrial Biosphere." *Nature Geoscience* 10 (2017): 410-414.

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, революции, перестройки, террористические акты, в том числе на особо ответственных объектах (башни-близнецы в Нью-Йорке), аварии на АЭС (Чернобыль, Фукусима), миграция населения.

К слабым процессам отнесем такие, которые еще недавно вызывали споры – влияют ли они на нас. Они оказывают некоторое влияние на состояние и настроение многих людей: *природные*: изменения погоды (температуры воздуха, атмосферного давления, влажности), гео- и гелиомагнитного поля, приливные изменения и т.д.; *антропогенные и социальные*: электрические, магнитные и радиоактивные поля, вибрации, техногенные шумы и загрязнения, воздействия со стороны общества (СМИ, участие в общественной жизни, взаимоотношения людей на разных уровнях). Влияние некоторых слабых воздействий на биосферу и человека неоднократно рассматривалось ранее, в том числе и нами¹. Здесь мы коснемся вопроса, связанного с динамикой некоторых природных и гуманитарных явлений, на которые повлияли процессы средней и большой силы.

Динамические режимы процессов в природе и обществе имеют свои особенности и постоянно изменяются во времени. Они характеризуются трендами, ритмическими и неритмическими колебаниями (с постоянными или переменными значениями уровня, амплитуды и частоты), кратковременными всплесками (импульсами); в этой динамике находят отражение шумовые процессы, которые исследователи часто не идентифицируют как посторонние и относят к изучаемым объектам.

Свод общих свойств динамики процессов в природе и обществе приведен в ряде публикаций, перечисленных выше. Одно из этих свойств – переменная полиритмичность.

Используя это понятие, можно говорить об универсальной распространенности ритмов в природе и обществе и в то же время о бесконечном разнообразии этих ритмов с их способностью изменять численные значения своих параметров, исчезать и вновь появляться.

Некоторые из ритмов отчетливо выражены, мы к ним привыкли и считаемся с ними. Это суточный ритм – смена дня и ночи, сезонный ритм – чередование времен года.

Относительно упорядоченная и мало изменяющаяся во времени спектрально-временная структура процессов не может существовать бесконечно. Она может быть очень продолжительной – в течение миллионов лет (геологический масштаб времени), может длиться годы, десятки или сотни лет, а может быть краткой, например, у взрослых особей бабочек-подёнок (*Ephemeroptera*), живущих от нескольких часов до нескольких суток.

Есть ярко выраженные ритмы, например годовой ритм в вариациях гидрологических и гидрогеологических параметров для многих водоемов и скважин. Временные вариации уровня Каспийского моря, наоборот, хаотичны, их спектрально-временная структура мозаична и неустойчива². Часто наличие ритмов можно установить только при специальной обработке результатов наблюдений. Во многих случаях те или иные временные вариации трудно объяснить, и приходится констатировать лишь их наличие.

В ряде случаев ритмы, присущие различным процессам, оказываются близкими друг к другу по длительности периода. Известно, что существуют процессы, имеющие причинно-следственные связи – либо друг с другом, либо с неким дополнительным, может быть, не всегда известным нам процессом. Многие земные ритмические процессы навязаны сильными природными ритмами и синхронизированы с ними.

Нередко мы сталкиваемся со случаями, когда тот или иной ритм неожиданно перестает проследиваться. Через некоторое время этот ритм может появиться вновь. В ряде случаев он возникает там, где раньше его не было, и начинает уверенно проследиваться дальше, а затем снова исчезает. В томах Атласа мы постоянно встречаемся с такими ситуациями. Конкретная причина чередующегося и последующего появления ритмов часто остается неизвестной.

Представляется, что можно подойти к объяснению феномена появления и исчезновения ритмов в медицине, биологии, геологии, геофизике и других науках, в том числе гуманитарных, привлекая понятия *синхронизации*, *десинхронизации* и *ресинхронизации* и вводя понятие *транссинхронизации*.

¹ См., напр.: Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 2. Циклическая динамика в природе и обществе / Науч.-ред. совет: Пред. Н.П. Лаверов и др. М.: Научный Мир, 1998. 432 с.; То же. Т. 3. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий / Науч.-ред. совет: Пред. Н.П. Лаверов и др. М.: Янус-К, 2002. 652 с.; То же. Т. 4. Человек и три окружающие его среды / Науч.-ред. совет: Пред. Н.П. Лаверов и др. М.: Светоч Плюс, 2009. 336 с.; То же. Т. 5. Человек и три окружающие его среды / Науч.-ред. совет: Пред. Н.П. Лаверов и др. М.: Янус-К, 2013. 720 с.; Черешнев В.А., Гамбурцев А.Г., Сигачев А.В., Верхотурова Л.Ф., Горбаренко Е.В., Гамбурцева Н.Г. Внешние воздействия – стрессы – заболеваемость. М.: Наука. 2016. 167 с.

² Атлас временных вариаций... Т. 3.

Понятие синхронизации используется во многих разделах науки и техники. Общее определение этого понятия таково: синхронизация это – «*свойство материальных объектов самой различной природы вырабатывать единый ритм совместного существования, несмотря на различие индивидуальных ритмов и на подчас крайне слабые взаимные связи*»¹. По Блехману, есть два типа синхронизации. Первый тип – это внутренняя синхронизация, когда определенные частотные соотношения устанавливаются в результате взаимодействия объектов, рассматриваемых как равноправные. Второй тип – «когда один из объектов считается настолько мощным, что он навязывает свой ритм движения... другим автоколебательным объектам». Это соответствует явлению захватывания (затягивания), или внешней синхронизации. Среди земных ритмов Блехман в своей книге указывает на ритмы, связанные с циклическим изменением солнечной активности и имеющие своими периодами 11 лет и 22 года. Автор пишет:

«Оказалось, что с солнечными пятнами связаны такие процессы, как колебания температуры воды мирового океана и интенсивности морских течений, размножение и передвижение рыбы, саранчи, эпидемии и пандемии гриппа,.. Описание этих и ряда подобных явлений дается в работах А.Л. Чижевского и его последователей»².

Для многих ритмических процессов, зарегистрированных на Земле, характерна синхронизация с *внешними природными ритмами* – чередованием дня и ночи, лета и зимы, лунно-солнечными приливами и отливами. В биологии классическим примером этого феномена является синхронизация ритма сна-бодрствования с ритмом смены дня и ночи. Часто источник синхронизации остается неизвестным.

Понятие *десинхронизации* часто употребляется в медицине, – чаще всего в связи с физиологическими процессами, имеющими циркадианный (околосуточный) период. Оно определяется как рассогласование по фазе; утрата захватывания; состояние, когда ритмы протекают с разными периодами, вследствие чего взаимное расположение их фаз непрерывно меняется. Различают внешнюю десинхронизацию биологического ритма относительно датчика времени и внутреннюю – разобщение циркадианных биологических ритмов, сосредоточенных внутри организма³.

Существует также понятие *ресинхронизации*. Это, как пишут в различных изданиях, – повторная синхронизация, или процесс восстановления синхронной работы системы, выпавшей из синхронизма. Можно говорить еще об одном явлении, когда после какого-то шока синхронизация исчезает и через некоторое время появляется вновь, но не в прежнем, а в измененном виде, на основе новых временных отношений. Мы предлагаем называть такое явление *транссинхронизацией*.

Имеющиеся в Атласе и других публикациях материалы характеризуют особенности реакции различных объектов на внешние воздействия. Можно утверждать, что имеют место сильные изменения амплитуды ритма во времени – вплоть до полного растворения ритма в шуме процесса, т.е. практически до его полного или почти полного исчезновения, иногда с последующим возрождением. В ряде случаев возникают новые ритмы. Такие явления мы встречали в самых разных процессах. Наблюдая многочисленные примеры переменной полиритмичности, в том числе, появления и исчезновения ритмов, мы предположили, что, по крайней мере, частично они обусловлены явлениями де-, ре- или транссинхронизации. Причем нужно подчеркнуть, что конкретные источники этих явлений сплошь и рядом остаются неизвестными.

Ритмы в медицине и биологии

Все жизненные отправления подчинены закону ритма. Ритм, будучи выражением изменчивости, нестабильности, является инструментом обеспечения качественной стабильности живой системы. Дело в том, что организм – это арена, на которой непрерывно развертывается противоборство двух неразрывно связанных и в то же время полярных начал – разрушения и созидания. В этом противоборстве попеременно одерживает верх то одна, то другая сторона, и жизнь продолжается до тех пор, пока длится череда условных побед и поражений, условных потому, что они не окончательные, а лишь временные. Короче говоря, биологический ритм представляет собой воплощение единства и борьбы двух взаимоисключающих начал жизненного процесса – разрушения и созидания, обеспечивающих жизнедеятельность организма на пути от его зарождения до смерти.

Такое понимание биологического ритма означает признание эндогенного характера этого феномена, что, однако, не исключает принципиальной возможности формирования экзогенных биологических ритмов, навязываемых внешними ритмическими факторами.

¹ Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике. М.: Наука, 1981. С. 7.

² Там же. С. 247.

³ Алпатов А.М. Толковый словарь терминов // Хронобиология и хрономедицина / Под ред. Ф.И. Комарова и С.И. Рапопорта. М.: Триада-Х, 2000. С. 482–488.

В живых системах выраженная стабильность периода ограничивает адаптационные возможности, поскольку для постоянной тренировки приспособительных механизмов требуется изменчивость как внешних, так и внутренних ситуаций, но никак не их стабильность. Организм никогда не приходит в одну и ту же фазу ритмического процесса в одном и том же состоянии. Каждый раз это уже новое состояние, обусловленное развитием организма, его движением во времени от прошлого к будущему.

Околосуточные (циркадианные) ритмы занимают ведущее место в общей структуре ритмических процессов организма. Все жизненные отправления подчинены суточной ритмичности, сформировавшейся в ходе биологической эволюции под влиянием суточных колебаний внешних физических факторов (прежде всего, под влиянием естественной смены света и темноты). Необходимо специально подчеркнуть, что циркадианные биологические ритмы являются эндогенными колебаниями, закрепленными в генетическом аппарате. Несмотря на то, что их происхождение изначально связано с внешними периодическими факторами, циркадианные ритмы отчетливо проявляют себя в условиях изоляции от этих факторов.

Суточные ритмы организма объединены в иерархически построенную циркадианную систему, верховным органом управления которой является гипоталамус – отдел центральной нервной системы, заведующий важнейшими жизненными функциями и осуществляющий связь организма с внешней средой. Основная роль циркадианной системы заключается в обеспечении согласованной работы всех составных частей организма, т.е. в организации его жизнедеятельности. Именно поэтому циркадианную систему называют дирижером единого функционального ансамбля, каким является живой организм, а нормальное состояние циркадианных ритмов организма рассматривается как залог здоровья и устойчивой высокой, работоспособности. Нарушение взаимной слаженности (синхронизации) циркадианных ритмических процессов (десинхронизация) считается показателем неблагополучия.

Известно, что внешние воздействия со стороны трех окружающих нас сред (природной, социальной и техногенной) могут быть благоприятными и неблагоприятными для человека. Ниже будем говорить о неблагоприятных воздействиях – таких, которые непосредственно не приводят к гибели, но оказывают заметное влияние на биосферу и человека. Они отрицательно влияют на наше здоровье и качество жизни. Результаты могут быть следующими: изменения на генном уровне; повышение заболеваемости и смертности; сокращение рождаемости и продолжительности жизни; ухудшение уровня жизни и т.д. Разные индивидуумы – здоровые и больные, а также разнородные контингенты здоровых и больных людей, различающиеся по полу, возрасту, месту проживания, реагируют на внешние воздействия неодинаково. Известно, что одни люди больше реагируют на изменения солнечной активности, другие – на различные проявления антропогенной нагрузки. Реакция одного и того же человека (или контингента) на одно и то же воздействие, повторяющееся в разное время суток или года, тоже может быть различной. Но, независимо от избирательного отношения к тому или иному воздействию, любое из них может нарушить слаженную работу всех звеньев циркадианной системы организма, т.е. привести к их взаимной, или, как принято говорить, внутренней, десинхронизации. Внутренняя десинхронизация часто сопровождается ухудшением сна, потерей аппетита, повышенной раздражительностью, снижением работоспособности. Вся эта симптоматика объединяется понятием десинхроноза, что переводится как болезнь десинхронизации (*vóσos*, «нозос» – «болезнь»).

Приведем примеры. На протяжении многих лет в Институте медико-биологических проблем РАН проводилось изучение циркадианных ритмов организма здорового человека в различных условиях жизни и деятельности, в том числе в обычных социально-бытовых условиях, при ограничении социальных контактов, в изоляции от привычного физического и социального окружения (в сурдокамерах и других изолирующих помещениях). Участниками исследований были, как правило, научные сотрудники – мужчины и женщины молодого и среднего возраста (30–40 лет).

Изучались суточные вариации следующих физиологических показателей: частота сердечных сокращений (ЧСС), температура тела, почечная экскреция калия, натрия и воды. Эти исследования позволили глубже изучить закономерности протекания ритмических процессов организма, получить количественные характеристики биоритмологической (циркадианной) «нормы» физиологических показателей. Полученные данные имеют большое значение для оценки состояния организма человека в любое время суток. Это особенно важно в клинической практике, а также в тех сферах деятельности, где используется двух- и трехсменный труд с предсменным медицинским контролем (авиация, наземный транспорт, предприятия энергетического комплекса и др.).

В томах 2–5 «Атласа временных вариаций...» рассмотрена спектрально-временная структура некоторых процессов. Мы постараемся объяснить некоторые проявления переменной полиритмичности. На рис. 1 представлены временные ряды частоты сердечных сокращений (ЧСС), полученные у практически здоровых людей в условиях изоляции и сопутствующего ограничения объема социальных

контактов с внешними абонентами. Видно, что циркадианный ритм – наиболее четкий. Он прослеживается с небольшими изменениями в течение всего периода наблюдений. Кроме того, можно наблюдать и околопятисуточные ритмы, выраженность которых непостоянна: в отдельные периоды исследования они проявляются, а в другое время выступают менее отчетливо или даже совсем исчезают, как это видно на верхних СВАН-диаграммах.

Для циркадианного ритма синхронизирующим фактором (датчиком времени) выступал 24-часовой распорядок сна-бодрствования, который был предельно стереотипным: каждые сутки испытуемые ложились и вставали в одно и то же время. Значения ЧСС регулярно снижались и повышались в соответствии с этим распорядком, поэтому суточный ритм ЧСС оказался хорошо выраженным.

Что касается околопятисуточного ритма ЧСС, его можно объяснить влиянием пятисуточной цикличности физических тренировок; в рамках каждого цикла нагрузки день ото дня различались как по величине, так и с точки зрения распределения по мышечным группам. Судя по нестабильности околопятисуточного ритма ЧСС, синхронизирующий эффект распорядка физических тренировок в ходе исследования выступал то сильнее, то слабее. Можно предположить, что такая картина была обусловлена непостоянством отношения испытуемых к физическим тренировкам: интерес к ним то повышался, то снижался, а вместе с этим увеличивались и уменьшались нагрузки, и соответственно варьировала сила их синхронизирующего воздействия.

В данном примере показана роль *внешней* десинхронизации в происхождении переменной полиритмичности. Не менее интересно рассмотреть феномен *внутренней* десинхронизации, обусловленной воздействием стресс-факторов различной природы. Количество исследований, относящихся к этому вопросу, очень велико и ведутся они не одно десятилетие – так, ряд их описан уже в монографии Б.С. Алякринского 1975 г.¹. Накопленный материал свидетельствует о том, что разнообразные по своему характеру стрессовые воздействия приводят к нарушениям суточных ритмов жизненных функций. К числу таких воздействий относятся: отклонения от привычного распорядка сна-бодрствования; изменение светового режима (чередования света и темноты); хирургические вмешательства; различные виды облучений; физические нагрузки и т.д.

Изменения циркадианных ритмов при стрессе могут выражаться в трансформации ритма в непериодические колебания, а также в исчезновении исходных и появлении новых ритмических составляющих, в частности, ультрадианных (с периодом от 0,5 ч до 20 ч) или инфрадианных (от 28 ч до 2,5 сут). Возможны случаи сохранения циркадианной периодичности, но с изменением положения акрофаз (максимумов и минимумов) вплоть до инверсии) суточной кривой, т.е. смещения максимальных значений в зону исходных минимумов, а минимальных значений – в зону исходных максимумов; в динамике температуры тела такая картина была отмечена у сотрудников арктических экспедиций в периоды полярного дня и полярной ночи, а в динамике содержания в крови аминокислот – в экспериментах с мышами, где причиной инверсии было хирургическое удаление надпочечников (двусторонняя адреналэктомия). Известно, что инверсия суточного ритма артериального давления со сдвигом суточных максимумов с дневных на ночные часы может наблюдаться при гипертонической болезни.

Все эти нарушения с высокой вероятностью можно квалифицировать как признаки внутренней десинхронизации или, во всяком случае, как реальные предпосылки ее развития. Но в то же время факты показывают, что при стрессовых воздействиях может наблюдаться и противоположный эффект – взаимная синхронизация ритмов отдельных функциональных структур организма. Дело в том, что в состоянии относительного благополучия органы функционируют не сразу всей своей массой, а частями, каждая из которых представляет собой группу клеток, объединенных общим ритмом

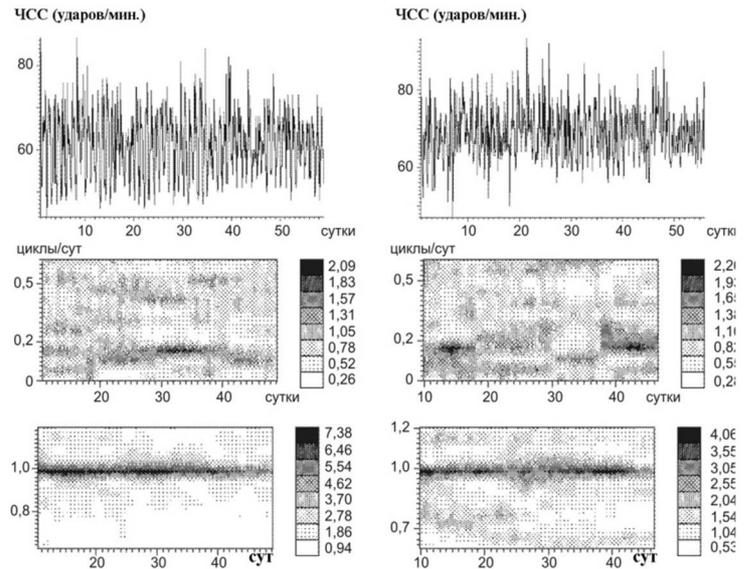


Рис. 1. Временные ряды и СВАН-диаграммы ЧСС у двух испытуемых практически здоровых мужчин в условиях ограниченных социальных контактов.

¹ Алякринский Б.С. Основы научной организации труда и отдыха космонавтов. М.: Медицина, 1975. 208 с.

работы и отдыха. Ритмы клеточных объединений не синхронизированы друг с другом – в то время как одни активны, другие пребывают в покое. Это явление, описанное выдающимся отечественным патофизиологом Г.Н. Крыжановским, получило название закона перемежающейся активности функциональных структур. На основе попеременной работы клеточных структур обеспечивается устойчивое непрерывное функционирование органа и оптимальный ритм работы функциональных ассоциаций, обеспечивающий им, с одной стороны, высокую эффективность, а с другой – полноценный отдых. В состоянии стресса закон перемежающейся активности утрачивает силу, функциональные структуры переходят к общему для всех рабочему ритму и, таким образом, начинают действовать синхронно. Такая синхронизация рассматривается как неблагоприятное явление, как признак особо напряженной работы органа и предпосылка развития его перенапряжения.

Нужно, однако, заметить, что синхронизирующий эффект стресса не всегда несет с собой повреждение. Синхронизация, обусловленная внешним воздействием, может играть не просто положительную, но жизненно необходимую роль. Примером такого рода является электроимпульсная терапия – воздействие кратковременного одиночного электрического импульса на сердце при его остановке или возникновении фибрилляции. В состоянии фибрилляции ритмические сокращения сердечной мышцы заменяются беспорядочными подергиваниями отдельных групп мышечных волокон. Фибрилляция желудочков является смертельно опасной, потому что она приводит к прекращению насосной функции сердца и, следовательно, к остановке кровообращения. Электрический импульс синхронизирует работу мышечных волокон, заставляя их одновременно сокращаться и так же одновременно расслабляться, что в случае успешной дефибрилляции приводит к восстановлению сердечной деятельности. Под действием электрического разряда сердечная мышца впадает в состояние оцепенения (шока) и некоторое время бездействует, а затем сократительная функция восстанавливается, но уже на основе нормального ритма (рис. 2).

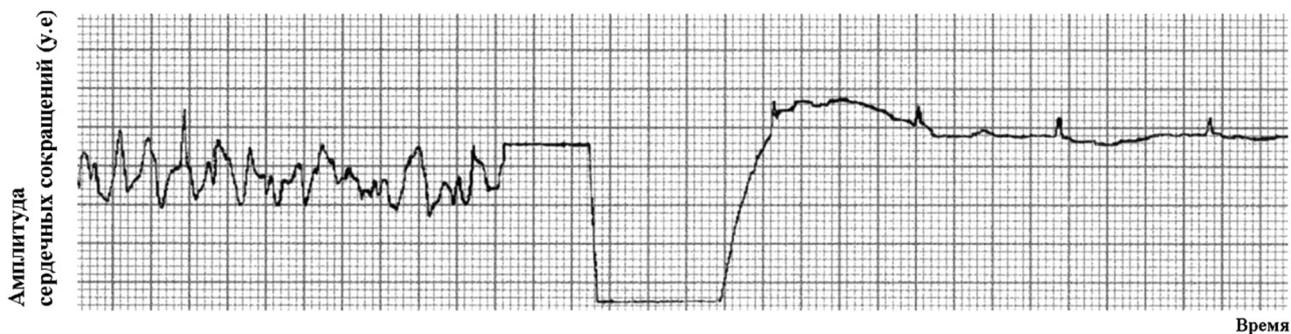


Рис. 2. Фрагмент электрокардиограммы, иллюстрирующий процесс, когда фибрилляция желудочков переходит в организованный ритм после дефибрилляции.

К сказанному следует добавить, что в реакцию организма на стрессорное воздействие вовлекается не только период, но и амплитуда жизненных ритмов. Увеличение амплитуды периодических процессов организма при стрессе наблюдалось в многочисленных исследованиях. Но бывают случаи, когда под влиянием стресса амплитуда сглаживается вплоть до полной утраты ритма. Такая ситуация наблюдалась в одном из наших исследований на фоне многочасового (свыше 60 час.) непрерывного бодрствования испытуемых (рис. 3).

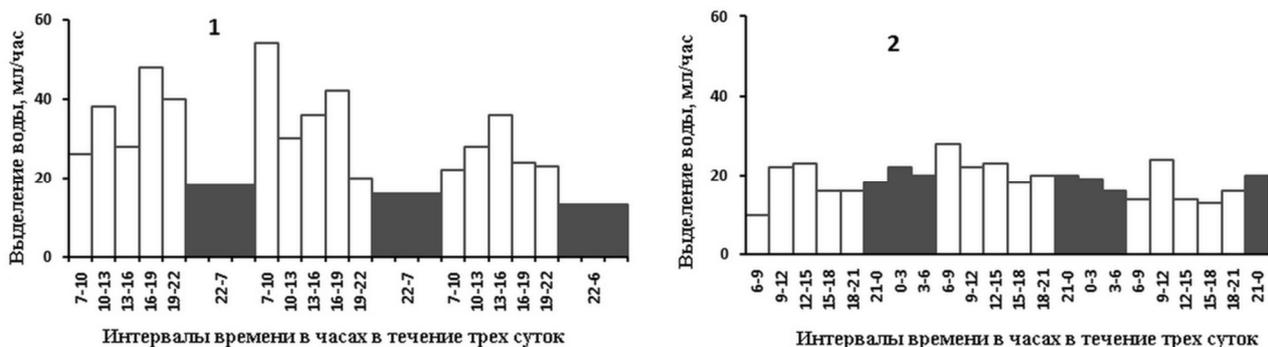


Рис. 3. Динамика почечной экскреции воды (мл/час) у испытуемого К. в течение трех суток жизни в обычном режиме (1) и последующего многочасового непрерывного бодрствования (2). Светлые столбики – дневные значения; темные участки – показатели, полученные в поздние вечерние и ночные часы. Абсцисса – временные интервалы, соответствующие графику сбора порций мочи (часы); ордината – экскреция воды.

Ритмы в геологии и геофизике

В геофизике – так же, как и в медицине, – говорят о стрессе, т.е. о напряжении горных пород, которое может иметь разную природу (тектоническую, космическую, техногенную), разную силу и продолжительность. Одной из причин стресса, которую мы всегда фиксируем, служит, как известно, подготовка землетрясений. Причиной стресса могут служить также сильные землетрясения, после которых режим временных вариаций геофизических полей изменяется, и происходит де- или ре- или трансинхронизация геофизического процесса. В этом случае под де- или ресинхронизацией будем понимать изменение ритмического режима процесса, в частности, исчезновение или появление ритма, вызванного лунно-солнечными приливами и отливами. При этом, могут происходить как хаотизация спектрально-временной структуры, так и ее упорядочение.

В мире геологических объектов одновременно существует множество ритмов, находящихся в определенных иерархических соотношениях. Однако в этой иерархии доминируют по амплитуде лишь немногие ритмы. В главе С.Л. Афанасьева во 2-м томе «Атласе временных вариаций»¹ приводится таблица, где указаны продолжительности циклов геологических событий – от 160 минут до миллиардов лет. Известны ритмы в сейсмологии – о них писали С.А. Федотов, И.В. Кириллова, Т.П. Тамразян, В.В. Ламакин и др. Ссылки на эти и многие другие работы можно найти во многих сейсмологических публикациях, в том числе в цитируемом «Атласе временных вариаций».

Основные причины ритмических геодинамических процессов заключаются в воздействии на горные породы внутренних тектонических сил и различных внешних факторов. К внешним факторам относятся, в частности, приливные процессы, гео- и гелиомагнитные поля, изменения скорости вращения Земли, антропогенные воздействия. Среди ритмов, которые наблюдаются в геофизике, можно назвать колебания с периодами 0,5 сут, 1 сут, около 13 сут, около 27 сут; 0,5 года, 1 год, 2–3 года, 5–6 лет, 10–12 лет, 18–20 лет и др. Можно утверждать, что ритмы многих геофизических процессов синхронизированы с внешними ритмическими факторами, в частности с ритмами, обусловленными вращением Земли вокруг Солнца и вокруг своей оси.

Однако многие сейсмические и другие ритмы в природных сферах выражены слабо, интерферируют один с другим и обнаруживаются лишь при специальном анализе. При перестройках процессов могут возникать новые доминирующие ритмы, которых не было прежде, а существовавшие до этого ритмы – исчезать. Суперпозиция ритмов обуславливает сложную форму временных рядов. (Заметим, что эффектом конструктивной суперпозиции мы ранее объяснили образование так называемых «бухт» в некоторых временных рядах, которые прежде трактовались как предвестники землетрясений²). Ритмы в геологических процессах, так же, как и в организме человека, могут нарушаться при воздействии на эти процессы внешних источников.

Приведем пример конкретных фактических данных.

Чуйское землетрясение 2003 г. и изменение динамики сейсмического режима. Приведем пример перестройки временного ряда числа землетрясений в Горном Алтае, хотя его трудно считать *ресинхронизацией*. На рис. 4 приведена карта горного региона Республики Алтай и местоположение эпицентра сильного землетрясения. На рис. 5 представлен временной ряд числа землетрясений класса 8 и выше с посуточным опросом в Кош-Агачском районе. Четко видно, что ряд делится на промежутки «до» и «после» сильного землетрясения (шока). До землетрясения были отдельные слабые и редкие толчки. А после этого землетрясения число толчков увеличилось, и они стали происходить значительно чаще.

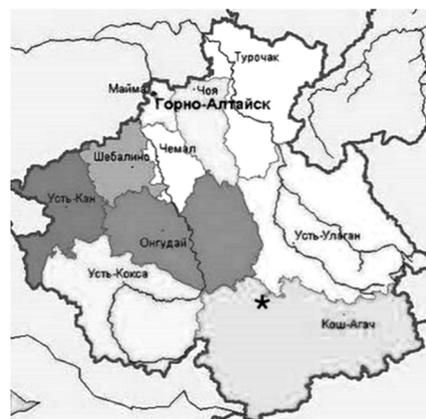


Рис. 4. Карта Горного Алтая. Звездочкой показано положение эпицентра Чуйского землетрясения.

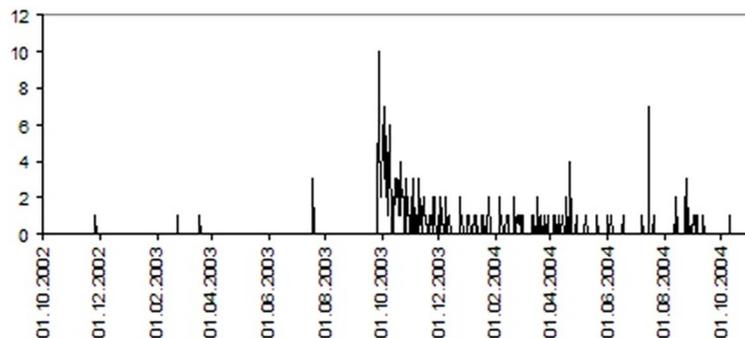


Рис. 5. Временной ряд числа землетрясений с $K \geq 8$ в Кош-Агачском районе Горного Алтая.

¹ Афанасьев С.Л. Природные циклы // Атлас временных вариаций... Т. 2. С. 88–94. См. также: Он же. Мегациклитная геохронологическая шкала // Циклы природы и общества. Вып. 1-2. Ставрополь: Ставропольский университет, 1995. С. 83–91.
² Гамбурцев А.Г. Сейсмический мониторинг литосферы. М.: Наука. 1992. 200 с.

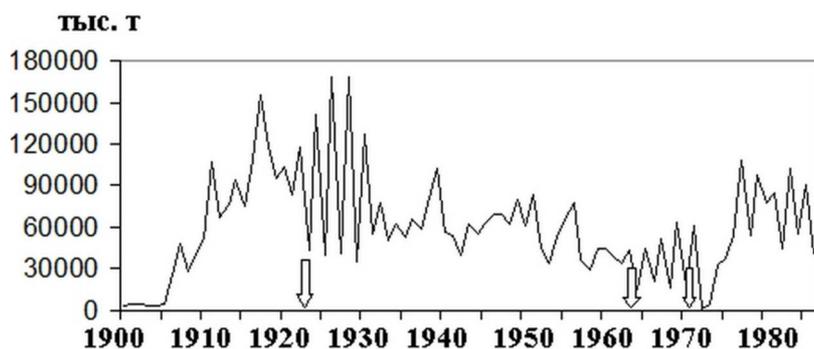


Рис. 6. Временные ряды уловов тихоокеанской горбуши (СССР). Стрелочками показано примерное время сильнейших землетрясений в регионе.

Землетрясения на Дальнем Востоке и динамика улова лососевых.

Этот пример, показывающий разнообразие ритмических процессов и проявления десинхронизации, взят из главы В.Г. Собко в «Атласе временных вариаций»¹. На рис. 6 представлены временные ряды, описывающие особенности динамики уловов горбуши в Тихом океане. В динамике уловов горбуши сильно выражен квазидвухлетний ритм с большой амплитудой.

На временном ряде исключительно

четко видны перестройки и смены ритмов. Можно осторожно предположить, что перестройки динамики уловов горбуши связаны с сильными землетрясениями, в частности в Японии (1923 г., $M = 8,3$), в Японии (1964 г., $M = 7,5$) и на Аляске (1964 г., $M = 8,5$). В динамике уловов горбуши сильно выражен квазидвухлетний ритм с большой амплитудой. Можно предположить, что популяции горбуши и кеты эволюционируют по своим собственным режимам и на них вряд ли влияет человеческая деятельность.

Этот пример показывает, что в ритмической структуре, казалось бы, сходных процессов может быть большая разница. На временных рядах (особенно на тех, которые касаются горбуши) четко видны перестройки и смены ритмов. Можно осторожно предположить, что перестройки динамики уловов горбуши связаны с сильными землетрясениями, в том числе происшедшими под дном Татарского пролива ($M = 7-8$) и в Японии в 1923 г. ($M = 8,3$) или с другими сейсмическими событиями – менее сильными, но территориально более близкими.

Лунно-солнечные приливы, землетрясения и высокочастотный сейсмический шум. Можно говорить о сезонных ритмах сейсмичности, об изменениях сейсмичности и геофизических полей при вариациях орбитального движения Земли, Луны и Солнца, при вариациях гео- и гелиомагнитной активности. Ритмические изменения в горных породах можно считать синхронизированными с некоторыми (например, приливными) внешними воздействиями. Однако такая синхронизация выражена гораздо слабее, чем в медицине. Практически нет такого ритмического времядатчика (кроме смены сезонов и смены дня и ночи), реакция на который со стороны, например, вариаций сейсмоэмиссионного шума или уровня подземных вод и т.д. прослеживалась бы непрерывно или достаточно долго и уверенно – не хуже, чем в медицине.

Яркие примеры геодинамических ритмов – это полусуточные и суточные изменения ускорения силы тяжести и связанные с ними вариации некоторых геофизических параметров. Этот эффект можно считать синхронизированным с лунно-солнечными приливами и отливами.

Учитывая это, рассмотрим случай, касающийся «загадочного» поведения временного ряда и СВАН-диаграммы сейсмического шума приливного происхождения по материалам статьи Дьяконова с соавт.² В этой статье приведены данные повторных измерений ускорения силы тяжести (а также соответствующие теоретические графики) и эндогенных высокочастотных сейсмических шумов в скважине на Ашхабадском прогностическом полигоне. Анализируя эти данные, мы увидели, что заметная реакция геологической среды на приливы переменна. Рассмотрим рис. 7. Спектрально-временной анализ показал, что для теоретических рядов ускорения силы тяжести четко прослеживаются полусуточные и суточные ритмические составляющие. Для экспериментальных рядов ускорения силы тяжести в явном виде видны только полусуточные, а суточные – едва намечаются. На СВАН-диаграмме сейсмоакустического шума выделяется также только полусуточный ритм, но лишь в последней трети срока (а весь срок составляет 1,5 месяца).

Можно предположить, что исчезновение и появление ритмических изменений амплитуд шумов с периодами, свойственными приливному воздействию, могло быть вызвано проявлением десинхронизации, которая произошла до начала наблюдений и последующей ресинхронизации, возможно, вызванной шоком – сильными Кум-Дагскими землетрясениями в марте-апреле 1983 г.³, в результате которых

¹ Собко В.Г. Динамика численности популяций Тихоокеанских лососевых // Атлас временных вариаций... Т. 3. С. 432–434.

² Diakonov V.P., Kargyev B.S., Khavroshkin O.B., Nikolaev A.V., Rykunov L.N., Seroglasov R.R., Trojanov A.K., Tsyplakov V.V. "Manifestation of Earth Deformation Processes by High-Frequency Seismic Noise Characteristics." *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 63.3-4 (1990): 151–162.

³ Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1974. 54 с.

вариации шумов приливного происхождения исчезли, а затем вновь появились. Возможно, эти результаты в какой-то степени разрешают старые споры геофизиков о том, реагирует ли геологическая среда на приливные воздействия. Можно с уверенностью утверждать, что да, реагирует, но характер реакции среды в разное время неодинаков. Среда может отвечать на воздействия то сравнительно сильно, то слабо. Слабые реакции могут «прятаться» от глаз наблюдателя.

Реакция сейсмических (и ряда других) параметров на приливные воздействия всегда переменна во времени, но не всегда выражена на временных рядах. Лучше всего реакция на приливные воздействия проявляется на Луне, где действует приливная сила со стороны Земли, но и в этом случае наблюдаются очень сильные изменения амплитуд во времени. Амплитуда прилива, возбуждаемого Землей на Луне, в десятки раз больше, чем Луной на Земле. Кроме того, многие факторы, влияющие на результаты, получаемые на Земле, на Луне отсутствуют (ветровые, штормовые и техногенные помехи). Поэтому есть основания ожидать, что проявление ритмичности в лунной приливной сейсмичности окажется более четким и упорядоченным по сравнению с земной, и что устанавливать на Луне причинно-следственные связи легче, чем на Земле.

Приливные лунотрясения – глубокофокусные, многочисленные и слабые. Нами исследован каталог глубокофокусных лунотрясений (каталог НАСА), зарегистрированных четырьмя станциями сети «Аполлон»¹. Исходные данные (временные ряды количества глубокофокусных лунотрясений) включают около 8000 сейсмических событий, зарегистрированных в течение 8 лет. Доказано, что этот тип лунотрясений обусловлен приливными воздействиями; его особенностью является временной режим – ритмические вариации сейсмических параметров, – в том числе околосекулярный и околосекулярный. Анализ СВАН-диаграмм, построенных по данным станций «Аполлон-12, 14, 15, 16» показал, что характер вариаций сейсмических параметров на Луне изменяется во времени. Примеры таких диаграмм показаны на рис. 8. Видно, что наиболее устойчив по периодам и выдержан во времени околосекулярный ритм. Полумесячный ритм столь же, а порой и более интенсивен, но менее стабилен во времени. Низкочастотный ритм с периодом около 180–200 сут (1,8–2,0 цикла/год) слабо проявляется только до 1974 г. Мы видим, что наблюдаемые ритмы то соответствуют приливным гармоникам, то не соответствуют. Наблюдаются вариации периодов ритмических составляющих, уменьшение их амплитуды вплоть до исчезновения.

Таким образом, характер вариаций сейсмических параметров на Луне изменяется во времени. В разные промежутки времени Луна либо реагирует на приливные воздействия лунотрясениями, либо не реагирует, причем разные участки Луны имеют индивидуальные режимы сейсмичности. Это позволяет говорить о проявлениях самоорганизации и хаотизации. Имеет место смена режимов: то упорядоченное протекание процессов и их соответствие приливным гармоникам, то наоборот, их хаотизация.

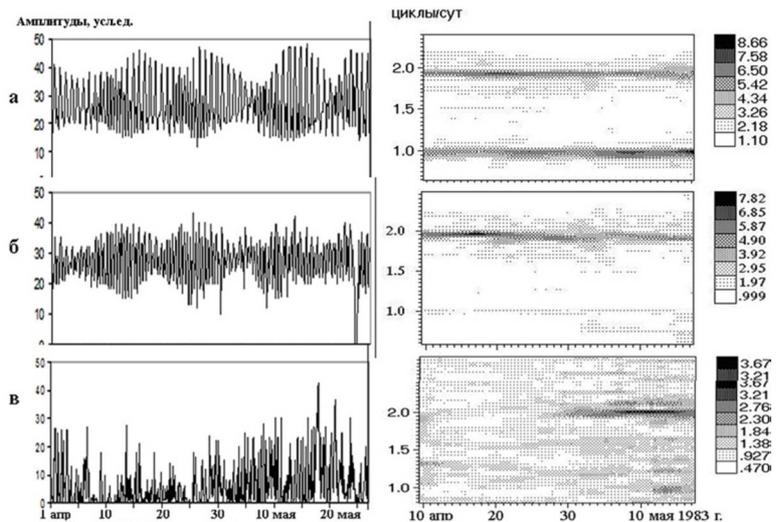


Рис. 7. Временные ряды и СВАН-диаграммы вариаций теоретических (а) и экспериментальных (б) значений ускорения силы тяжести и интенсивности сейсмоакустических шумов (в), зарегистрированных в скважине на Ашхабадском прогностическом полигоне.

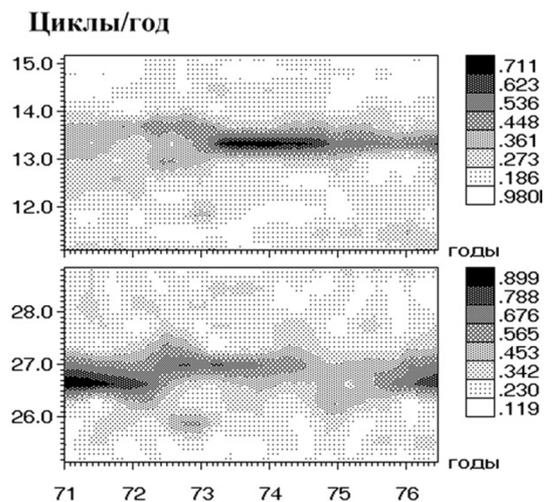


Рис. 8. СВАН-диаграммы временного ряда числа приливных лунотрясений, по данным станции «Аполлон-12».

¹ Атлас временных вариаций... Т. 3.

Возможными причинами изменения спектрально-временного режима лунной сейсмичности являются реакции на сильные луноотрясения (предположение о влиянии падения больших метеоритов вряд ли годится, потому что львиная доля энергии, высвободившейся при падении метеорита, должна уйти на образование поверхностных волн и вряд ли может повлиять на режим глубокой лунной сейсмичности).

В табл. 1 приведены максимальные величины длительности прослеживания колебаний от глубокофокусных луноотрясений за полугодовые интервалы времени с начала 1971 г. до середины 1977 г. Из таблицы следует, что, начиная с 1973–1974 гг., длительность сигнала при луноотрясениях заметно возрастает. Можно думать, что более продолжительная регистрация сильного луноотрясения соответствует большей его магнитуде. Не исключено, что изменения спектрально-временной структуры лунного сейсмического процесса (рис. 8) также связаны с изменениями мощности луноотрясений. Сильное луноотрясение могло вызвать де-, или ресинхронизацию, или транссинхронизацию режима последующих приливных луноотрясений. Предположение о влиянии падения метеоритов, по-видимому, не годится, потому что львиная доля энергии, высвободившейся при падении метеорита, должна уйти на образование поверхностных волн и вряд ли может повлиять на режим глубокофокусной лунной сейсмичности.

Таблица 1

Максимальные величины длительности прослеживания колебаний от глубокофокусных луноотрясений за полугодовые промежутки времени

Год № полугодия	1971 ₁	1971 ₂	1972 ₁	1972 ₂	1973 ₁	1973 ₂	1974 ₁	1974 ₂	1975 ₁	1975 ₂	1976 ₁	1976 ₂	1977 ₁
	Длительность записи сигнала, мин	46	67	59	51	44	40	59	43	80	79	75	82

Анализ сигналов, зарегистрированных при глубоких луноотрясениях, показал, что максимальная длительность соответствует одному из луноотрясений в ноябре 1973 г. (табл. 1). Можно думать, что более продолжительная регистрация сильного луноотрясения соответствует большей магнитуде. Не исключено, что изменения спектрально-временной структуры лунного сейсмического процесса связаны с изменениями мощности луноотрясений. Сильное луноотрясение могло вызвать де- или ресинхронизацию режима последующих приливных луноотрясений.

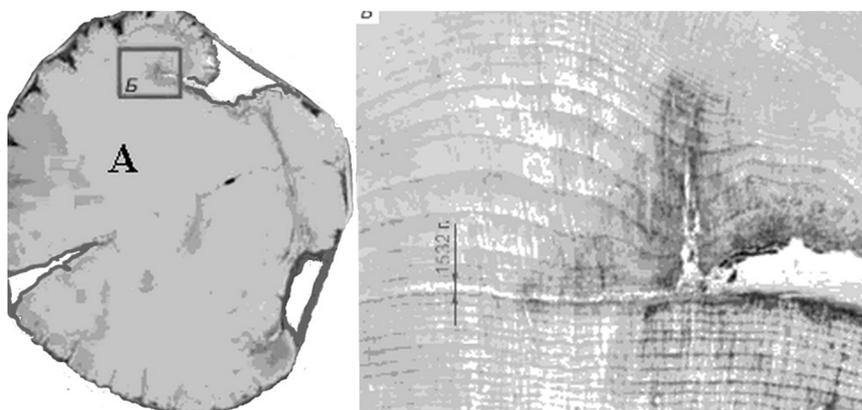


Рис. 9. Спил травмированного дерева (А) и изменение структуры годичных колец после получения травмы (Б) предположительно в 1532 г. в результате сильного землетрясения. Некоторые результаты на эту тему приведены в тт. 2 и 3 «Атласа временных вариаций».

числе с землетрясениями¹. Приведем интересную иллюстрацию из этой работы. На рис. 9 приведены фотографии спила дерева – фрагмент показывающий след от травмы дерева, предположительно травмированного камнепадом в результате сильного землетрясения 1532 г. в Горном Алтае. Без всякой обработки на рисунке видна колоссальная разница между шириной древесных колец до и после сейсмического события. Представляется, что этот феномен можно отнести к явлению ресинхронизации, когда изменение динамики процесса проявилось в его амплитуде.

Дендрохронология и землетрясения. Рассмотрение особенностей изменения динамики ширины древесных колец в разных районах земного шара показало чрезвычайно разнообразную картину, в которой ясно видно, что ритмы изменения ширины колец разнообразны для разных деревьев, разных регионов (и отдельно взятых локальных участков) и разных промежутков времени. В ряде работ показаны связи особенностей дендрологических временных рядов с природными явлениями, в том

¹ См., напр.: Агатова А.Р., Непоп Р.К., Баринов В.В., Назаров А.Н., Мыглан В.С. Первый опыт датирования сильных голоценовых землетрясений Горного Алтая с использованием длительных древесно-кольцевых хронологий // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 9. С. 1344–1355.

Приведем иллюстрацию трансинхронизации – смены одной ритмичности в кольцах дерева на другую, взятую из этой работы (рис. 10). В разное время выделяются ритмы 13–14 лет и менее четко – около 30 лет (в левой части нижней диаграммы) и около 4–5 лет в правой части нижней диаграммы). Возможно, что более высокочастотный ритм был синхронизирован с 11–12-летним ритмом солнечной активности, и десинхронизирован в результате землетрясения на Камчатке в 1841 г. Еще одно сильное землетрясение на Камчатке произошло в 1923 г. Возможно, что с ним было связано появление более высокочастотного ритма – 4–5 лет

Социальные процессы и события

Перечислим некоторые события мирового масштаба, без комментариев, – читатель сам прекрасно понимает, к каким последствиям в жизни общества (в том числе в деле перестройки ритмов жизни отдельных людей, коллективов и стран) привели громадные события в современной истории:

- Октябрьский переворот
- Великая Отечественная война
- Хиросима и Нагасаки
- Смерть Сталина
- Перестройка и развал СССР

Можно вспомнить и значимые события меньшего масштаба, например, дефолт 1998 г. который привел к всплеску числа случаев гипертонической болезни, пожар на Останкинской башне, в результате которого стало меньше передач криминального характера и, как следствие, сократилось число криминальных происшествий в Москве. Упомянем здесь также «великое обесточивание северо-востока США 1965 года»¹ – это событие оказало на население США и Канады воздействие, выраженное в сильном всплеске рождаемости через 9 месяцев.

Заключение

Ритм является фундаментальным свойством динамики процессов в природе и обществе. Феномен ритма одинаково присущ как живым, так и неживым системам, и эта общность – один из факторов, обеспечивающих единство мирового порядка. Можно думать, что все ритмические процессы, независимо от принадлежности к конкретному виду природных или социальных явлений, отмечены как специфическими чертами, так и общими закономерностями. К числу общих закономерностей относится переменная полиритмичность, отражающая бесконечное разнообразие частотно-амплитудных характеристик ритмических процессов, обусловленное не только их специфическими особенностями, но и способностью изменять численные значения своих параметров, исчезать и возникать. Есть основания полагать, что если не все, то, по крайней мере, некоторые механизмы формирования переменной полиритмичности также являются универсальными. С этих позиций можно рассматривать явления синхронизации, десинхронизации, ресинхронизации и трансинхронизации и их причастность не только к живым, но и к неживым, в частности, геофизическим и геологическим системам. Эти явления могут быть обусловлены действием различных факторов, имеющих по отношению к конкретной системе как внутреннюю, так и внешнюю природу. В том, что касается живых систем, это могут быть заболевания, физические нагрузки, высокие или низкие температуры окружающего воздуха, психический стресс и многое другое. В социальной сфере такими факторами являются события регионального и глобального масштаба – революции, войны и т.п., а в геологии и геофизике – природные катастрофы, например, падение крупного метеорита, извержение вулкана или землетрясение.

Нельзя исключить влияния на ритмические процессы и менее сильных событий. Воздействие может быть слабым, но достаточным для того, чтобы послужить триггером, способным изменить исходный динамический режим. Возможно, роль таких воздействий велика, но часто нам эти воздействия неизвестны. Для ряда объектов можно установить бесспорные причинно-следственные связи.

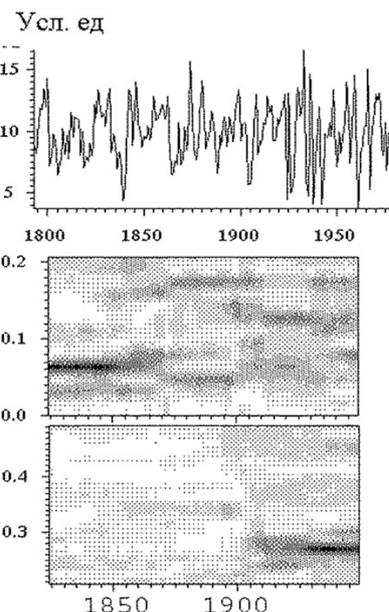


Рис. 10 Дендрологические шкалы и СВАН-диаграммы индексов древесных колец. Камчатка, долина р. Правый Толбачик, 1300–1400 м над уровнем моря.

¹ Лодзинский И. Жара, молния и случайность [Электронный ресурс] // Политбюро. 2003. 25 авг. № 31. С. 48–49. Информационный портал X-Libri. Режим доступа: <http://www.x-libri.ru/elib/smi01424/00000001.htm>.

Представляется, что не всегда есть смысл искать причинно-следственные связи изменения ритмической динамики какого-либо процесса с конкретным сейсмическим событием, поскольку их в сейсмоактивных местах бывает много, а де-, или ресинхронизацию, или транссинхронизацию может вызвать не самое сильное землетрясение, т.к. большую роль играет удаленность очага и готовность субъекта реагировать на воздействие.

Выскажем еще одно соображение, касающееся поставленного вопроса. Явления де-, ре- и транссинхронизации могут происходить не только при шоковых, быстро протекающих нагрузках, но и при медленных процессах, таких, как превращение ребенка в юношу или девушку, старение живого организма, накопление напряжений в горных породах. Мы постараемся позже вернуться к этому вопросу.

Благодарности. Авторы благодарят А.В. Шитова за любезно предоставленный каталог землетрясений в Горном Алтае.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агатова А.Р., Непоп Р.К., Баринов В.В., Назаров А.Н., Мыглан В.С. Первый опыт датирования сильных голоценовых землетрясений Горного Алтая с использованием длительных древесно-кольцевых хронологий // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 9. С. 1344–1355.
2. Алпатов А.М. Толковый словарь терминов // Хронобиология и хрономедицина / Под ред. Ф.И. Комарова и С.И. Рапопорта. М.: Триада-Х, 2000. С. 482–488.
3. Алякринский Б.С. Основы научной организации труда и отдыха космонавтов. М.: Медицина, 1975. 208 с.
4. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 2. Циклическая динамика в природе и обществе / Науч.-ред. совет: Пред. Н.П. Лаверов. М.: Научный Мир, 1998. 432 с.
5. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 3. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий / Науч.-ред. совет: Пред. Н.П. Лаверов. М.: Янус-К, 2002. 652 с.
6. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 4. Человек и три окружающие его среды / Науч.-ред. совет: Пред. Н. П. Лаверов. М.: Светоч Плюс. 2009. 336 с.
7. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 5. Человек и три окружающие его среды / Науч.-ред. совет: Пред. Н.П. Лаверов. М.: Янус-К, 2013. 720 с.
8. Афанасьев С.Л. Мегациклическая геохронологическая шкала // Циклы природы и общества. Вып. 1-2. Ставрополь: Ставропольский университет, 1995. С. 83–91.
9. Афанасьев С.Л. Природные циклы // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 2. Циклическая динамика в природе и обществе / Науч.-ред. совет: Пред. Н.П. Лаверов. М.: Научный Мир, 1998. С. 88–94.
10. Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике. М.: Наука, 1981. 352 с.
11. Гамбурцев А.Г. Сейсмический мониторинг литосферы. М.: Наука. 1992. 200 с.
12. Лодзинский И. Жара, молния и случайность [Электронный ресурс] // Политбюро. 2003. № 31. С. 48–49. Информационный портал X-Libri. Режим доступа: <http://www.x-libri.ru/elib/smi01424/00000001.htm>
13. Собко В.Г. Динамика численности популяций Тихоокеанских лососевых // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 3. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий / Науч.-ред. совет: Пред. Н.П. Лаверов. М.: Янус-К, 2002. С. 432–434.
14. Черешнев В.А., Гамбурцев А.Г., Сигачев А.В., Верхотурова Л.Ф., Горбаренко Е.В., Гамбурцева Н.Г. Внешние воздействия – стрессы – заболеваемость. М.: Наука. 2016. 167 с.
15. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1974. 54 с.
16. Diakonov V.P., Karyev B.S., Khavroshkin O.B., Nikolaev A.V., Rykunov L.N., Seroglasov R.R., Trojanov A.K., Tsyplakov V.V. "Manifestation of Earth Deformation Processes by High-Frequency Seismic Noise Characteristics." *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 63.3-4 (1990): 151–162.
17. Green J.K., Konings A.G., Alemohammad S.H., Berry J., Entekhabi D., Kolassa J., Lee J.-E., Gentine P. "Regionally Strong Feedbacks between the Atmosphere and Terrestrial Biosphere." *Nature Geoscience* 10 (2017): 410–414.
18. Walliser O.H. "Patterns and Causes of Global Events." *Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic*. Berlin, Heidelberg: Springer, 1996. 7–19.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11—2011:

Черешнев, В. А., Степанова, С. И., Гамбурцев, А. Г., Гамбурцева, Н. Г. Синхронизация, десинхронизация, ресинхронизация и транссинхронизация процессов в природе и обществе / В.А. Черешнев, С.И. Степанова, А.Г. Гамбурцев, Н.Г. Гамбурцева // Пространство и Время. — 2017. — № 2-3-4(28-29-30). — С. 289—300. Стационарный сетевой адрес: 2226-7271provst_st2_3_4-28_29_30.2017.93.