

УДК 550.03:002:004(045)

<sup>1</sup>Н.И. Бахова, к.ф.-м.н., н.с.  
<sup>2</sup>О.А. Черная, к.ф.-м.н., с.н.с.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины

<sup>1</sup>E-mail: bakhova\_nataly@mail.ru<sup>2</sup>E-mail: oksana\_chornaya@mail.ru

*Рассмотрена структура геофизической среды как форма организации, упорядочения деформируемой твердой среды. Показаны закономерности иерархической дискретности геофизической среды. Установлено, что многокомпонентные системы Земли (литосфера, земная кора, горная порода и ее отдельные блоки) представляют собой открытые системы, а взаимодействия любой природной системы с ее окружением могут быть очень малыми. Отмечено, что благодаря наличию малых возмущений—«микропричин» геофизическую среду можно считать информационной открытой системой. Построены информационно-описательные модели геофизической среды на основе метода аналогий. Описаны природные средства защиты от информационного загрязнения.*

**Ключевые слова:** дискретная иерархичность геофизической среды, информационные свойства, самоорганизация литосферы, эволюция.

*Розглянуто структуру геофізичного середовища як форму організації, впорядкування деформованого твердого середовища. Показано закономірності ієрархічної дискретності геофізичного середовища. Установлено, що багатоконпонентні системи Землі (літосфера, земна кора, гірська порода та її окремі блоки) являють собою відкриті системи, а взаємодії будь-якої природної системи з її оточенням можуть бути дуже малими. Зазначено, що завдяки наявності малих збурень – «мікропричин» геофізичне середовище можна вважати інформаційною відкритою системою. Побудовано інформаційно-описові моделі геофізичного середовища на основі методу аналогій. Описано природні засоби захисту від інформаційного забруднення.*

**Ключові слова:** дискретна ієрархічність геофізичного середовища, еволюція, інформаційні властивості, самоорганізація літосфери.

### Постановка проблемы

Результаты исследований последних лет в геофизике подтверждают блочно-иерархическое устройство геофизической среды в твердой Земле, для которой характерен масштабный эффект, выраженный в иерархии блоков и структур – от нескольких тысяч километров до сантиметров.

Динамические структуры земной коры эволюционируют во времени, самоподобны на разных масштабных уровнях и обладают способностью перерабатывать поступающую извне энергию, распределяя ее потоки от крупных структур к мелким. Наряду с энергией от внешних источников (Солнце, приливы, тепловой поток из недр, тектонические движения) многокомпонентные системы Земли воспринимают и перерабатывают информацию.

Необходимые условия адекватного подхода к сложным контрастным природным явлениям требуют исследования информационных свойств

геофизической среды и средств защиты от информационного загрязнения.

С точки зрения современной геофизики земная кора – открытая динамическая диссипативная система, в которой под действием экзогенных и эндогенных источников энергии развиваются процессы самоорганизации. Самым мощным источником энергии и негэнтропии на Земле является солнечная энергия.

В конце 1970-х годов М.А. Садовским была разработана новая блочно-иерархическая модель геофизической среды в твердой Земле. В отличие от классической модели сплошного упругого тела новая модель отражает блочное строение, определяемое условиями существования среды [1].

Земная кора имеет неоднородное строение и разбита разломами и трещинами на блоки, линейные размеры которых подчиняются определенной иерархии.

Блоки, разделенные прослойками, образуют разномасштабные системы из отдельностей, которые разделены прослойками меньшего масштаба.

Наличие межблоковых промежутков (разломы, трещины), заполненных обломочным материалом и мелким грунтом, определяет деформационные свойства блочно-иерархичной среды и ее устойчивость к внешним воздействиям [1].

Блочное строение земной коры непрерывно подновляется, что свидетельствует о непрекращающемся деформировании. Благодаря наличию разномасштабных блоков среда приобретает дополнительные степени свободы и способность перестраивать свою структуру в зависимости от величины подводимой и диссипируемой энергии. Линейные размеры блоков группируются около некоторых фиксированных величин. Деформация словно осуществляет отбор «подходящей» механически значимой структуры из всего разнообразия неоднородностей [2].

Ученые пришли к выводу, что «вечны» не сами фиксированные отдельности-блоки, а их распределение. Более того, отдельности-блоки могут возникать в результате не только разрушения, разделения материала среды, но и консолидации частиц материала [2].

При испытании образцов породы экспериментатор должен изменять процесс деформирования среды в соответствии с их состоянием.

Относительно малому по объему структурному элементу необходимо предоставить свободу и время выбирать приспособительную реакцию. Любой произвольно выделенный объем должен рассматриваться термодинамически как открытая система [2].

Самоорганизующиеся системы сами собой могут расслаиваться на два уровня иерархии: динамический и информационный (управляющий) [3].

При исследовании сложных физических систем на первый план выступают структурные, информационные аспекты их поведения.

Динамика создает лишь основу для информационного развития.

На фоне силовой динамики поведение любой информационно открытой системы начинает определяться информационными свойствами системы, включая информационное отношение к внешнему миру [3].

Весь окружающий нас мир можно считать информационно открытой системой [3].

Признание за Землей свойств нелинейных диссипативных систем открывает новые перспективы в изучении Земли [4].

**Цель работы** – исследование информационных свойств геофизической среды.

#### **Анализ исследований и публикаций**

Опыт повседневной жизни и научное наблюдение природных явлений и социально-экономических процессов свидетельствуют о том, что многие системы с высоким уровнем сложности и большим количеством взаимодействующих подсистем обладают способностью к самоорганизации и эволюции при определенных взаимодействиях с окружающей средой. Несмотря на очевидность наблюдаемых фактов, научные исследования процессов самоорганизации сложны и требуют обширных знаний [5].

Теория самоорганизации – результат развития науки во второй половине XX в.

Исследования процессов самоорганизации впервые были начаты в кибернетике. Термин «самоорганизующаяся система» ввел в 1947 г. английский кибернетик У. Эшби.

Для создания вычислительных машин, способных моделировать различные стороны интеллектуальной деятельности человека, в конце 50-х годов прошлого столетия началось систематическое и глубокое изучение процессов самоорганизации.

Решающее значение для создания физики самоорганизации имели следующие научные дисциплины [5]:

- термодинамика необратимых процессов в открытых системах;
- нелинейная механика;
- физика лазеров;
- химическая кинетика сильно неравновесных процессов;
- динамика популяций;
- экология;
- теория управления;
- кибернетика.

В конце XX в. физика самоорганизации в открытых системах сформировалась в качестве самостоятельной научно-прикладной дисциплины, задача которой – изучение нелинейных процессов вдали от термодинамического равновесия [6; 7].

Классическая термодинамика обычно ассоциируется с забыванием начальных условий и разрушением структур.

Но существует макроскопическая область, в которой структуры могут возникать самопроизвольно, причем в рамках термодинамики [6; 7].

При переходе к неравновесным условиям появляются качественно новые типы решения, названные Г. Николисом и И. Пригожиным диссипативными структурами.

Диссипативные структуры поддерживаются за счет потоков энергии и вещества и демонстрируют способность неравновесности служить источником упорядоченности. Этот эффект был назван упорядоченностью через флуктуации.

Такое название подчеркивает отличие данного эффекта от больцмановского принципа упорядоченности, имеющего важное значение в понимании природы равновесных структур [6; 7].

В процессах геологической эволюции процессы самоорганизации играют ключевую роль.

Ранее считалось, что формирование структурных элементов в земной коре и горном массиве является всего лишь следствием деформационного процесса. Конечный облик структур использовался для реконструкции геологического прошлого и выяснения действующих источников сил и энергии [2]. Однако есть все основания рассматривать структуру природной среды как форму организации, упорядочивания деформируемой среды [1].

В 80-е годы прошлого столетия группой ученых во главе с М.А. Садовским было обнаружено, что в гранулометрическом составе материала, разрушенного разными способами, происходит группирование линейных размеров частиц или отдельностей около некоторых фиксированных, «преимущественных» величин. Ученые использовали результаты разнообразных измерений распределений твердых отдельностей следующим образом [2]:

– распределения, полученные при региональных геоморфологических анализах шурфовых проб, сравнивали с распределениями размеров блоков земной коры различных регионов и астрофизическими измерениями малых тел Солнечной системы;

– распределения частиц торфа, диспергированных различными методами, сопоставляли с гранулометрическими анализами дробления подземными взрывами горной породы;

– рассеяние сейсмических волн в земной коре рассматривали при анализе графиков повторяемости землетрясений.

Подтверждение существования иерархической дискретности были найдены во всех перечисленных случаях [2].

В диапазоне 0,75 мкм – 4200 км (12 порядков) последовательность фиксированных размеров отдельностей образует иерархическую систему, причем отношение размеров соседних отдельностей близко к постоянству [2]:

$$L_{K+1} : L_K \cong 3,5.$$

Полученное отношение фиксированных размеров позволяет сделать вывод, что какой бы ни был выбран масштаб при исследовании геофизической среды, всегда найдется еще больший структурный элемент среды.

Следовательно, использование метода усреднения механических величин (напряжений и деформаций) в выбранном объеме элемента приведет к ошибочному результату. Ошибка может достигать значения искомой величины [2].

Блочному строению земной коры принадлежит особая роль в развитии биосферы.

Межблочные промежутки с повышенной проницаемостью и пористостью являются естественными волноводами для выхода сейсмической энергии, распространения электромагнитного излучения, движения флюидов и газов.

Литосфера, земная кора, горная порода и отдельные ее блоки непрерывно воспринимают и перерабатывают потоки энергии.

Энергетические ресурсы Земли представлены в следующих видах энергии [8]:

– кинетической энергии скоррелированного движения различных частей вещества (поток солнечной радиации, энергия морских приливов, ветровая энергия);

– накопленной потенциальной энергии скоррелированных связей различных частей вещества (гравитационной, химической и ядерной энергии, физической в виде скрытой теплоты конденсации и замерзания воды);

– энергии теплового потока;

– энергии разности температур между экваториальными и полюсными областями поверхности Земли, между поверхностными и глубинными слоями океанов, морей и вод суши.

Процессы физической самоорганизации полностью определяются величиной внешнего потока энергии, подводимого к открытой физической системе, и особенностями окружающей среды [9].

Прекращение подачи энергии приводит к распаду всех самоорганизованных состояний.

В конечном итоге система постепенно перейдет в состояние максимальной неупорядоченности. Процессы самоорганизации могут возникнуть вновь только после восстановления заданного потока внешней энергии [9].

При неизменных видах внешних потоков энергии и накапливаемой потенциальной энергии никаких эволюционных изменений процессов физической самоорганизации и самоорганизованной критичности не происходит [10].

В.Г. Горшков и А.М. Макарьева обратили внимание на то, что определение «самоорганизация» неверно характеризует состояние в физических открытых системах. Процессы не самоорганизованы, а организованы величиной внешних потоков энергии, запасенной потенциальной энергии и характеристиками окружающей среды [9; 10].

Ученые пришли к выводу, что окружающая среда под воздействием внешних потоков энергии управляет всеми процессами физической самоорганизации [8–10].

Под окружающей средой понимается совокупность биотических, абиотических и социальных сред, совместно оказывающих влияние на человека.

В работах [8–10] показано, что самоорганизация и эволюция живых систем и самоорганизация физических систем во внешних потоках энергии имеют принципиально разную природу.

Биологические системы в противоположность физическим упорядоченным системам характеризуются молекулярными (а не макроскопическими) степенями свободы. Плотность молекулярных степеней свободы более чем на 20 порядков превосходит плотность микроскопических «ячеек памяти» любых открытых физических систем в разных потоках внешней энергии.

Таким образом, процессы физической самоорганизации не могут ни изменить окружающую среду направленным образом, ни управлять ею [8–10].

Механизм формирования и поддержания окружающей среды, пригодной для жизни, был назван биотической регуляцией [8].

Биотически регулируемые процессы определяют следующие характеристики окружающей среды [8]:

- температура, давление;
- спектральный состав доходящего до поверхности Земли солнечного излучения;
- режим испарения.

Биотическая регуляция возможна в следующих случаях [8]:

- виды сообщества сохраняют генетическую информацию об оптимальной для жизни окружающей среде;
- экологические сообщества содержат программу восстановления после внешних нарушений.

Таким образом, виды не могут адаптировать свою генетическую программу и приспособляться к произвольным изменениям окружающей среды. Любое изменение или ликвидация этой программы путем искусственного отбора, генной инженерии ухудшает или полностью разрушает биотическую регуляцию [8].

Для сохранения механизма биотической регуляции необходимо выработать стратегию сохранения территорий, покрытых ненарушенной биотой, огромная продуктивность которой позволяет ликвидировать флуктуации окружающей среды за 10 лет [8].

Биотическая регуляция действует на протяжении геологических масштабов времени, несмотря на непрерывное воздействие сильных геофизических и космических возмущений. Биота может останавливать эти воздействия, но полностью предотвратить их возникновение она неспособна [8].

В периоды оледенения площадь территорий, покрытых ненарушенной биотой, сокращалась менее чем в два раза. На восстановление окружающей среды требовалось 20 лет, на восстановление после обычных флуктуаций необходимо 10 лет. Такая скорость восстановления возможна вследствие того, что территории, покрытые ледниками и лишённые биоты, не вносили вклада в биохимические круговороты и не принимали участие в биотическом управлении [11].

К началу XXI в. человечеством освоено более чем 60 % суши. Эти территории покрыты сильно нарушенной биотой, которая, хотя и обладает прежней или большей продуктивностью, лишена способности к регуляции окружающей среды [11].

При дальнейшем сокращении ненарушенных территорий биотический потенциал может быть полностью утрачен, начнется быстрый и необратимый переход планеты в полностью непригодное для жизни состояние [11].

Определение критического соотношения между площадью территорий, освоенных человеком и занятых естественными системами, является важной задачей экологии [11].

Естественная биота периодически подвергается воздействию природных катастроф различного масштаба. Для максимально быстрого возвращения окружающей среды в нормальное состояние в биоте присутствуют «ремонтные» виды экологических сообществ. Геном каждого вида-«ремонтника» содержит информацию об оптимальной численности популяции, необходимой для восстановления экосистемы после внешних возмущений [8].

Генетическая программа восстановления может быть реализована только в возмущенной среде и возмущенном сообществе. После того, как состояние окружающей среды стабилизировалось, программа прекращает свою работу [8].

В период восстановления биотическое управление ослаблено или вовсе отсутствует. Если Природа по каким-либо причинам «задерживает» повторение катастроф, то виды-«ремонтники» остаются без «работы». «Безработные ремонтники» теряют свою генетическую квалификацию и подвергаются генетическому распаду.

Для «тренировки» видов-«ремонтников» сама биота должна содержать виды, которые периодически разрушают окружающую среду, тем самым активизируя восстановительную деятельность видов-«ремонтников». Если к «тренировочной» работе биоты добавить антропогенное давление на биосферу, то практически все виды, окружающие человека, являются видами-«ремонтниками» [8].

На рубеже XIX–XX вв. голландский ботаник и генетик Де Фриз обнаружил, что в потомстве совершенно чистосортных линий появляется очень небольшое число особей (две или три на десятки тысяч) с небольшим, но скачкообразным изменением. Факторы наследственности не трансформировались постепенно, а претерпевали резкие, скачкообразные изменения. Вид мог внезапно распасться на несколько новых видов. Это явление Де Фриз назвал мутацией.

Под скачкообразным изменением подразумевается только факт прерывистости, так как между неизменными особями и немного измененными особями нет промежуточных форм [12].

Мутационную теорию Де Фриза можно назвать квантовой теорией биологии, поскольку происхождение мутаций вызвано «квантовыми скачками» в генной молекуле.

Согласно квантовой теории промежуточные ступени между двумя соседними энергетическими уровнями атома запрещены [12].

Когда Де Фриз впервые опубликовал свое открытие в 1902 г., квантовая теория существовала всего два года.

У взрослого человеческого организма генная информация хранится в  $10^{19}$  генах. В результате внешних воздействий и изменений в наследственности происходят мутации.

При частоте мутаций  $10^{-8}$  (один ген на  $10^8$  неизменных генов) количество мутантных генов составляет  $10^{11}$  [13].

Количество генов, в которых произошли изменения, называется информационным давлением мутаций [13].

Наряду с физиологическим механизмом защиты организма от вредных внешних воздействий иммунная система организма направлена на борьбу с информационным давлением мутаций. При ослаблении иммунитета возникают опухолевые, наследственные заболевания [13].

В настоящее время введено понятие «информационный гомеостаз» – гармоничное постоянство внутренней информационной среды и информационной регуляции устойчивости основных физиологических функций организма человека [13].

Физика фундаментальных процессов, лежащих в основе разнообразных геологических явлений, требует решения задачи информационного загрязнения среды обитания и катастрофического уменьшения отрицательной энтропии, необходимой для жизнедеятельности всего живого на Земле [14].

XXI в. унаследовал от прошлого столетия печальную парадигму отношения естественной науки к живой Природе:

– научные знания и техника наравне с естественными силами Природы будут определять дальнейшую судьбу нашей планеты;

– в результате развития науки и техники человеческая деятельность по своей мощи сравнима с геологическими факторами.

В соответствии с общим законом распада, согласующемся с обобщенным принципом Карно, любая система, в которой записана информация, с течением времени вырождается, а сама информация может постепенно терять свою ценность [15].

Распад происходит намного медленнее для мертвой (записанной) информации, чем для живой [15].

Живая информация всегда поступает с энергией, необходимой для ее извлечения.

Мертвая информация не связана ни с энергией, ни с неэнтропией. Для того чтобы обнаружить такую информацию, необходимо снабдить ее энергией [15].

Несбалансированное поступление и восприятие информации из окружающей и внутренней среды может привести к тому, что иммунная система организма будет вынуждена «отсоединиться» и «выскользнуть» от подавляющего действия информации и «примкнуть» к гармоничной информационно устойчивой среде [16].

Литосфера Земли (материальная база биосферы) обладает способностью обеспечивать и поддерживать энергоинформационные условия, необходимые для существования жизни на Земле. Но любые жизненно необходимые условия, особенно информационные, должны быть надежно защищены.

Литосфера – это надежно защищенная информационно открытая система. В отличие от человека литосфера не может себе позволить «захлебнуться» потоками мертвой информации. Возникает вопрос: к чему «примкнуть» планете Земля, с орбиты сойти она не может.

Слаженная работа системы литосфера–биота в течение геологических промежутков времени свидетельствует о том, что управление структурами литосферы и биоты скоррелировано. Для такой бесперебойной работы в течение миллионов лет должна существовать взаимозащита: в биоте запрограммирована защита литосферы, а в литосфере – защита биоты.

Можно провести аналогию между видами «ремонтниками» биоты и тектоническими блоками-«ремонтниками».

Сейсмические наблюдения подтверждают выражение: «Камня на камне не оставить». Землетрясения, надвиги, любые подвижки земной коры могут быть вызваны именно информационным загрязнением. Это очень сильные разрушительные реакции, потому что деформационный процесс сам отбирает механически значимые неоднородности.

Для исследования средств геофизической защиты от информационного загрязнения используем математические основания квантовой механики.

### Методика исследований

Разум человека всегда испытывает потребность познания первоэлементов мироздания: как выглядит граница между неодушевленным миром

и жизнью, с помощью какого метода ее можно распознать. Нельзя одним ключом открыть дверь в мир живой и мир неодушевленный. По крайней мере, должно быть два ключа – живой и неодушевленный. Но есть еще ключ, который назовем свободой воли, или свободой действий, или свободным выбором между несколькими альтернативами.

Свобода воли является имманентным, т.е. внутренне присущим свойством всего мира [3].

Свобода воли – это не произвол, это способность принимать решения и свободно действовать в рамках суровых физических законов. Акт воли – непосредственно сам выбор из нескольких альтернатив [3].

Свобода действий может реализовываться только в точках бифуркации, где динамическое поведение объекта существенно зависит от малых возмущений, т.е. сигналов, которые приходят либо от внешнего окружения, либо от других динамических систем [3].

Неустойчивое положение 1 материальной точки на вершине «холма» между двумя потенциальными ямами и два устойчивых положения 2, 3, которые соответствуют стационарным состояниям, показаны на рис. 1.

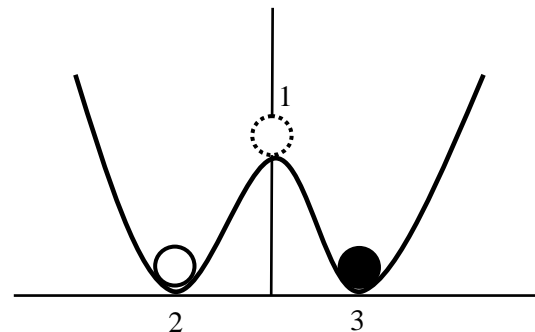


Рис. 1. Неустойчивое (1) и устойчивые (2, 3) положения материальной точки

Неустойчивость начального состояния заставит соскользнуть материальную точку в одну из потенциальных ям. Соскальзывание происходит не избирательно, а спонтанно. Следовательно, спонтанно произойдет и нарушение симметрии [3].

Рассмотренный пример бифуркации из классической физики можно представить как результат эволюции, стартующей с малого начального возмущения, которое является совершенно случайным, не связанным ни с какими причинами [3].

Таким образом, мир в целом с множеством связей (возмущений), воспользовавшись своим ключом–свободой воли, «принял решение» о спонтанном нарушении, выбрав положение 2 или 3.

Окружающий мир, где соблюдается единство необходимого и случайного, с учетом квантовых процессов становится береженным.

У микрочастиц элементы информационного поведения проявляются через коллапсы волновых функций – неравновесный и сильно нелинейный процесс [3].

Неравновесные коллективные параметры порядка (динамические переменные) добавляются по мере укрупнения и усложнения структур. Вблизи точек ветвления коллапсы волновых функций и бифуркации динамических переменных можно рассматривать как проявление свободы воли [3].

Волновая функция «выжидает», совершая цепочку обратимых унитарных преобразований, чтобы «намерения» превратить в «решения», и осуществляет коллапс. Квантовая потенциальность превращается в классическую актуальность [3].

Следовательно, волновая функция является всего лишь «показателем намерений» (возможностей) у частицы проявить то или иное значение физической величины.

Реальная физическая величина появляется только при измерении или самоизмерении после коллапсов намерения с записью соответствующей величины в измерительном приборе [3].

Чтобы понять на качественном уровне, как эволюционирует земная Природа, для описания атомов, молекул и поля, из которых состоит наше окружение, используем волновую функцию, которая подчиняется уравнению [3]

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = H\Psi + M\Psi, \quad (1)$$

где  $i$  – мнимая единица;

$\hbar$  – постоянная Планка;

$\Psi$  – волновая функция;

$t$  – время;

$H$  – оператор Гамильтона;

$M$  – оператор коллапсов.

Эволюция чистого состояния для всего вещества Земли, включая биосферу, описывается уравнением

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = H\Psi. \quad (2)$$

При интегрировании уравнения (2) получим

$$\Psi(t) = \exp\left(-\frac{iHt}{\hbar}\right)\Psi(0),$$

где  $\Psi(0)$  – начальный вектор состояния.

Для количественного описания реально протекающих процессов с учетом теплового движения необходимо использовать дополнительное статистическое усреднение, которое неявно предполагает наличие коллапсов. В таком случае эти коллапсы из чистого состояния создадут смешанный ансамбль [3].

Если принять факт существования коллапсов и не использовать статистическое усреднение, то оператору  $M$  необходимо придать статус случайного оператора. По сути дела оператор  $M$  является аналогом набора беспричинных волевых актов.

Таким образом, вектор состояния  $\Psi(t)$  становится случайной величиной [3].

Как следует из уравнения (1), реальная физическая величина включает [3]:

– причинно-следственную лоренц-инвариантную эволюцию вектора состояния, т.е. эволюцию «намерений»;

– случайную «волевою» последовательность действий, т.е. коллапсов.

Коллапсы  $M$  осуществляют неравновесную и необратимую эволюцию системы. На Земле они могут происходить как сами по себе (спонтанно), так и наряду с коллапсами квантов солнечного излучения.

С точки зрения микроскопического мира следует различать два аспекта эволюции мира [3]:

– причинно-следственный;

– «волевой», т.е. спонтанно действующих.

Добавление макроскопических бифуркаций не меняет качественной картины мира и только расширяет диапазон возможных сценариев его развития. Но история выбирает единственный сценарий – один-единственный мир [3].

Методика проведенных исследований заключается в создании наглядных информационно-описательных моделей на основе мысленных экспериментов. Информационно-описательные модели явлений построены с учетом квантовых особенностей поведения сложных систем.

Логическая схема построения рассуждений на основе метода аналогий сглаживает контрасты между простотой средств (карандаш, бумага, научный материал) и сложностью поставленной проблемы.

## Результаты исследований

Научный материал был исследован заново. Новые методические приемы, даже при том же самом научном материале, привели к новым результатам – не только более точному описанию того или иного явления, а и раскрытию совершенно новых сторон явлений, фактов, закономерностей.

Что или кто находится между живым и не живым – из этого затруднения невозможно выйти ценой компромиссов.

Согласно уравнению (1) оператор коллапсов  $M$  «вмешивается» в эволюционный процесс по закону случая. Запрет оператору  $M$  (т.е.  $M=0$ ) совершать какие-либо вмешательства в причинно-следственную лоренц-инвариантную эволюцию вектора состояния  $\Psi(t)$  предполагает, что коллапсы полностью управляемы и их воздействие на оператор Гамильтона  $H$  запрещено. Такое предположение вполне разумно – Вселенная обладает «полным волновым пакетом акций».

Назовем оператор  $H$  самым непримиримым детерминистом.

Причинно-следственная связь выражается очень просто: причина – жизнь, следствие – тоже жизнь.

Непримиримый детерминист находится на «полном энергетическом содержании» у Вселенной.

Итак, границей между живым и неодушевленным миром является непримиримый детерминист – оператор Гамильтона  $H$ , не подверженный воздействию случайных коллапсов-искусшений.

Информационное загрязнение привело к тому, что человек, с одной стороны, вынужден защищаться от информации, а с другой – искать живую информацию, чтобы решить ту или иную проблему.

В материальном мире скорость материального тела и волны не может превышать скорости света.

Представим, что сверхсветовая квантовая коммуникация возможна. Процентное соотношение живой и негативной информации вряд ли изменится. Информационное загрязнение мгновенно охватит не только Землю, но и всю Вселенную.

Вселенной наверняка предусмотрены средства защиты от «перспектив» освоения сверхсветовых коммуникаций.

В классическом макроскопическом мире информационная безопасность определяется комплексом взаимосвязанных мер, направленных на перекрытие каналов несанкционированного доступа и защиту информационной системы от модификации, искажения, утечки информации и взлома самой системы [17].

Высокий уровень информационной безопасности обеспечивается большим числом дополняющих друг друга уровней защиты.

В геоинформатике информационная защита включает следующие уровни [17]:

- концептуальный;
- структурный;
- алгоритмический;
- программный;
- аппаратный;
- физический.

В 1935 г. А. Эйнштейн, Б. Подольский и Н. Розен сформулировали свой знаменитый парадокс, на разрешение которого было затрачено немало сил.

Пара частиц, волновая функция которой не распадается на произведение функций каждой из частиц, называется ЭПР-парой. Обе частицы скоррелированы между собой, и поэтому измерение, проводимое над одной из частиц, автоматически изменяет состояние второй частицы, даже если они находятся далеко друг от друга.

Система, состоящая из двух частиц, должна рассматриваться как одно целое и описываться одной волновой функцией  $\Psi$  [3].

Состояния, у которых волновая функция не распадается на произведение индивидуальных функций, Э. Шредингер назвал «entangled states». Перевод этого термина имеет несколько вариантов: в работе Б.Б. Кадомцева [3] – «запутанные состояния» или «повязанные состояния», в работе Р. Пенроуза [18] – «перепутывание».

Парадокс ЭПР и связанные с ним неравенства ирландского физика Дж. Белла свидетельствуют о наличии нелокальных взаимодействий (отсутствии локальной реальности), т.е. бессилового переносе информации на большое расстояние. Кроме того, не исключается возможность передачи информации со сверхсветовой скоростью.

В связи с этим в научной литературе неоднократно обсуждался вопрос о возможности создания «сверхсветового телеграфа». Было введено понятие квантовой коммуникации – возможность мгновенной передачи информации при коллапсе скоррелированных нелокальных волновых функций [3].



Рассмотрим феномен ЭПР-пар с точки зрения информационной безопасности Вселенной.

Известно, что корреляции одиночных ЭПР-пар нельзя использовать для мгновенной передачи информации [3].

Вариант ЭПР-эксперимента, предложенный Бомом, предполагает, что две отдельные частицы со спином  $\pm 1/2$  и суммарным моментом, равным нулю, разлетаются из общего центра  $x = 0$ .

Измерения поляризации спина одной из частиц на расстоянии  $x = L$  от точки рождения пары должно сопровождаться регистрацией второй частицы на расстоянии  $x = -L$  со спином противоположного знака. В момент измерения корреляция между спинами устанавливается мгновенно, т.е. между частицами возникает информационная связь [3].

Однако измерение, проводимое над первой частицей, является чисто случайным: его невозможно заранее предсказать и контролировать.

Непредвиденность направлений, в которых предполагается проводить измерения, является существенным отличием квантового измерения от классического. Определенное значение спина появляется только в момент измерения в виде коллапса волновой функции в одно из состояний. Этот коллапс мгновенно переносится на вторую частицу.

Таким образом, измеренный суммарный момент двух частиц оказывается равным нулю [3].

Несмотря на то, что между частицами существует мгновенная нелокальная связь, использовать такую связь для передачи информации невозможно.

Для передачи информации необходимо усреднять сигнал по многим частицам. Вероятности измерения спина у правой и левой частицы равны  $1/2$  для значений спина  $\pm 1/2$ .

Следовательно, измерения над одной частицей не могут повлиять на статистику выхода значений спина  $\pm 1/2$  у второй частицы, т.е. передать информацию с помощью одиночных ЭПР-пар невозможно [3].

Р. Пенроуз полагает, что с квантовым перепутыванием связаны две совершенно разные загадки [18]:

- само явление перепутывания: как согласиться с ним и выразить его в виде идей, понятных любому человеку, – человек должен осознать, что перепутывание это жизненно необходимое, неотъемлемое свойство самой Вселенной;

- согласно квантовой механике перепутывание представляет собой вездесущее явление во Вселенной, так как подавляющее большинство квантовых состояний относится именно к перепутанным.

Сформулированные загадки вызывают практические вопросы [18]:

- почему вездесущие эффекты крайне редко наблюдаются и их нелегко убедительно продемонстрировать;

- почему никто не испытывает влияния перепутывания и обычные объекты повседневного опыта выглядят как отдельные независимые предметы.

Шредингеровская эволюция системы из начального перепутанного состояния почти всегда приводит к увеличению перепутанности. С течением времени становятся перепутанными все новые и новые части Вселенной.

Шредингеровская эволюция сама по себе не дает нам какого-либо выхода или направления пути из этого «заросшего водорослями» океана перепутанных состояний [18].

В исследованиях Р. Пенроуза есть и ответ на загадки, который называется информационными ресурсами, скрытыми в эффектах перепутывания [18].

Р. Пенроуз обратил внимание на возникновение определенных ощущений присутствия чего-либо таинственного и скрытого от взоров, когда исследователь сталкивается с почти полной «информацией», заключенной в волновой функции многочастичной системы [18].

Ощущение – исходный уровень процесса отражения свойств предметов и явлений, результат воздействия объективной реальности на органы чувств [13; 19].

В процессе эволюции живых организмов ощущение развивается на основе свойства раздражительности в связи с образованием нервной системы.

Раздражительность – это простейшая, присущая всему живому способность отвечать определенной формой реакции на разнообразные воздействия [13].

Ощущения являются элементарным психическим процессом и одновременно основой формирования и развития более сложных процессов [13]:

- восприятия;
- воображения;
- мышления.

Если внимательно прислушаться к своему организму и проанализировать его ощущения, которые развиваются от воздействия любого явления или объекта с «полной информацией», то возникает ощущение защиты.

ЭПР-пара, принадлежащая живому миру или неодушевленному миру, является парой самодостаточной, наделенной всей необходимой информацией.

Абсолютно надежный способ защиты от несанкционированной записи информации – это отсутствие ячеек памяти (молекулярных, микроскопических и неизвестных науке). На ЭПР-пару нельзя записать никакую информацию – нет ячеек памяти.

Информационному загрязнению довольно трудно «пробираться» сквозь перепутанные состояния. Более того, информация не может быть записана из-за отсутствия ячейки памяти.

Рассмотрим вопрос создания квантовых телеграфов.

Квантовая механика имеет статистический характер.  $\Psi$ -функция не позволяет определить местоположение частицы в пространстве или траекторию, по которой движется частица.

Согласно Борну квадрат модуля  $|\Psi|^2$  определяет вероятность нахождения частицы в пределах некоторого объема пространства.

Коллапс волновой функции – это свойство окружения квантового объекта, а не самого объекта. Именно внешний мир сначала превращает  $|\Psi|^2$  в набор вероятностей  $p_i$ . Затем в процессе неравновесной эволюции внешний мир превращает их в набор из нулей и одной единицы для того состояния, в котором происходит коллапс. Коллапсы происходят спонтанно и не поддаются управлению извне при рассмотрении отдельных элементарных актов [3].

Фактической основой для положительного ответа на вопрос о принципиальной возможности управления квантовыми коллапсами является пример цепной реакции в атомном реакторе [3].

Цепная реакция построена на элементарных квантовых переходах, каждым из которых управлять нельзя. Управлению поддаются только вероятности переходов.

Вероятности переходов, умноженные на большое число участников процесса, становятся соответствующими макроскопическими переменными уравнений ядерной кинетики.

Таким образом, управление становится возможным, если в процесс включается много участников [3].

Проект создания квантового телеграфа, который подразумевает «работу» многих участников процесса, выглядит неубедительно – может получиться «испорченный» квантовый телеграф.

Если в Природе по каким-либо причинам передача информации осуществляется со сверхсветовой скоростью, то вероятность квантовых переходов автоматически должна приравняться единице. Слишком велика ценность информации, передаваемой со сверхсветовой скоростью. Вселенная не может использовать «энтропию» на «посредников»-участников процесса. В противном случае придется рассматривать процессы самоорганизации «посредников».

Квантовая коммуникация на больших расстояниях запрещена в силу основного принципа квантовой теории: вероятность тех или иных результатов соприкосновения волновой функции с внешними приборами с большой точностью следует закону  $p \sim |\Psi|^2$ .

Квантовые системы, разлетаясь друг от друга на далекие расстояния, эволюционируют обратно согласно уравнению Шредингера. Измерения в одной из систем не влияют на статистику результатов во второй системе.

Однако возможность квантово-корреляционной коммуникации не исключена, если оставаться внутри некоторого интервала измерения [3].

В необратимых системах с непрерывным спектром (простой газ или газ свободных электронов) происходит малое систематическое отклонение от закона  $p \sim |\Psi|^2$  для отдельных частиц. Это отклонение может быть использовано для передачи информации со сверхсветовой скоростью. Однако время подготовки такой системы для передачи информации ограничено временем релаксации, например, временем столкновения электронов в системе [3].

Если принять, что характерное время релаксации необратимой квантовой системы равно  $\tau$ , то на расстояниях  $L \leq c\tau$  квантово-информационная связь, не ограниченная скоростью света  $c$ , возможна.

Расстояние  $L \leq c\tau$  ограничено не из-за превышения скорости сигнала над скоростью света, поскольку предварительно необходимо создать коррелированную квантовую систему, т.е. «канал связи» [3].

В коррелированно-квантовых системах сверхсветовая связь не противоречит релятивистскому принципу причинности. Попытка образования причинной петли приводит к созданию составной квантовой системы, внутри которой продолжает действовать принцип причинности [3].

Таким образом, квантовая механика дает «разрешение» на создание «канала связи». Однако решение о том, «удерживать» причинную петлю или образовывать составную квантовую систему, принимает геофизика и геология в зависимости от того, что будет передаваться по «каналу связи»: живая информация или информационное загрязнение.

Геофизическое средство защиты – это «дorzный» деформационный процесс.

Остановимся подробнее на принципе его работы.

Согласно теории относительности скорость материального тела и волны не может превышать скорости света  $c$ . Следовательно, сверхсветовая связь ( $V > c$ ) не связана с переносом энергии на расстояние и должна иметь совершенно иную природу.

Предположив, что сверхсветовая скорость возможна, рассмотрим случай одномерного распространения сигнала:

$$x = Vt, \quad (3)$$

где  $x$  – координата, вдоль которой сигнал распространяется;

$V$  – скорость распространения сигнала.

Если сигнал отправлен из точки  $x = 0$  в момент времени  $t = 0$ , рассмотрим процесс распространения сигнала с позиции наблюдателя, который движется со скоростью  $v$ .

Пространственно-временные координаты  $(x', t')$  движущегося наблюдателя связаны с координатами  $(x, t)$  преобразованием Лоренца [3]:

$$\begin{aligned} x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}; \\ t' &= \frac{t - (xv/c^2)}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}. \end{aligned} \quad (4)$$

Подставив выражение (3) в преобразования (4), получим

$$\begin{aligned} x' &= \frac{V - v}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}} t; \\ t' &= \frac{1 - (vV/c^2)}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}} t. \end{aligned}$$

Найдем скорость сигнала в движущейся системе координат

$$V' = \frac{V - v}{1 - (vV/c^2)}. \quad (5)$$

Как видно из соотношения (5), при  $V < c$  и  $v \geq V$  происходит смена знака скорости  $V'$ . Иными словами, наблюдатель, обгоняя сигнал, видит его отстающим, т.е. распространяющимся в противоположную сторону [3].

В случае распространения электромагнитной волны, когда  $V = c$ , согласно соотношению (5) получаем известный результат. Свет в любой системе координат распространяется со скоростью света:

$$V' = c.$$

Этот постулат является основой теории относительности.

Теперь перейдем к варианту  $V > c$ .

Из соотношения (5) находим, что скорость сигнала  $V'$  бесконечна и система координат  $(x', t')$  движется со скоростью

$$v = \frac{c^2}{V} < c.$$

Система координат, в которой сигнал распространяется с бесконечной скоростью, каким-то образом должна быть выделена. Примем ее за неподвижную систему координат. При переходе к пределу  $V \rightarrow \infty$  из соотношения (5) получим [3]:

$$V' = -\frac{c^2}{v}. \quad (6)$$

Согласно соотношению (6) в системе координат, движущейся вправо, сигнал распространяется влево. При  $v < 0$  сигнал распространяется вправо  $V' > 0$ . В случае  $v \rightarrow 0$  имеем  $V' \rightarrow \pm\infty$ , т.е. сигнал распространяется сразу в обе стороны с бесконечной скоростью. Может показаться, что выражение (6) противоречит принципу причинности [3].

Действительно, пусть распространение сигнала с  $V' > 0$  наблюдается из системы координат, движущейся со скоростью  $v < 0$ . Если отправитель сигнала находится в точке  $x' = 0$  при  $t' = 0$ , то получатель примет сигнал в точке  $x' = L$  при  $t = L/V' > 0$ . В данном случае причинно-следственная связь не нарушается.

Но когда наблюдатель со скоростью  $v > 0$  увидит сигнал, скорость распространения которого  $V' < 0$ , причина и следствие поменяются местами.

Следовательно, необходимо ввести дополнительные ограничения, благодаря которым принцип причинности можно сохранить [3].

Предположим, что существуют два события  $A$  и  $B$ , между которыми есть причинно-следственная связь. Выберем систему координат, в которой сигнал распространяется с бесконечной скоростью. Тогда два события  $A$  и  $B$  произойдут в одно и то же время  $t = 0$  и будут расположены на пространственном отрезке  $AB$  длиной  $L$  (рис. 2) [3].

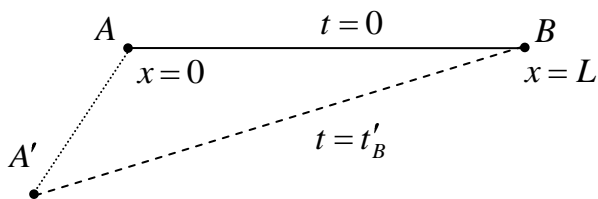


Рис. 2. Два события  $A$  и  $B$ , происходящие одновременно в момент времени  $t = 0$

Предположим, что события  $A$  и  $B$  наблюдаются из системы координат  $(x', t')$ , скорость движения которой  $v > 0$ . Тогда из соотношения (4) при  $t = 0$ ,  $x = L$  можно получить

$$t' = t'_B = -\frac{Lv}{c\sqrt{c^2 - v^2}} < 0.$$

Таким образом, наблюдатель увидит сигнал  $B$  раньше, чем  $A$ .

В точке  $x = 0$  времени  $t'_B$  соответствует время  $t_{A'}$  события  $A'$ , равное

$$t_{A'} = \frac{L}{V'} = -\frac{vL}{c^2}.$$

Отсюда следует, что наблюдатель  $B$  может повлиять при желании на событие  $A$ .

Если не ввести дополнительных ограничений на сигналы, то принцип причинности немедленно исчезнет [3].

Любой сигнал на материальном носителе из точки  $B$  в точку  $A$  не может быть передан быстрее, чем за время  $\Delta t = L/c$ . В таком случае  $\Delta t > -t_{A'}$ . Сочетание сверхсветового сигнала из  $A$  в  $B$  вместе со световым сигналом из  $B$  в  $A$  не нарушает принципа причинности.

Итак, необходимо принять следующие дополнительные ограничения относительно квантовых коммуникаций [3]:

- каждая вновь вводимая система координат  $(x', t')$  соответствует реально существующему макроскопическому телу;
- сверхсветовой сигнал не может распространяться вспять по времени каждой из двух систем, информационно связанных друг с другом.

Возникает вопрос, зачем нужны эти несложные, но изнурительные переводы сигналов из одной системы координат в другую. У нас есть одна система координат – та, в которой мы живем и строим свое будущее. Для чего вводить другую систему, да еще с наблюдателем? Не исключено, что это нужно только наблюдателю, который создает «другое» будущее. Назовем это «другое» будущее загрязненным будущим.

Единственная возможность уберечься от загрязненного будущего – это удерживание причинной петли. Оператору Гамильтона  $H$  безразлично, где причина и где следствие – и там, и там жизнь. Человек не может удерживать причинную петлю – это под силу земной коре, способной перестраивать свою структуру.

Из изложенного вытекает логическое предположение, что на Земле есть места, способные создавать причинную петлю, препятствуя тем самым «преследованию» загрязненного будущего.

Такие священные места называют еще землей обетованной, где жизнь встречается с жизнью, со своим собственным живым будущим.

Это предположение принадлежит живому будущему геофизики и геологии, хотя научных доказательств еще нет.

Исходя из многоуровневой информационной защиты, можно сделать другое предположение – человек, который родился на участке земной коры, удерживающей причинную петлю, обладает такими же способностями – создавать причинную петлю.

## Выводы

Современная технократическая цивилизация исторически поставила перед собой задачу покорения Природы, полного овладения ее законами и установки своей искусственно управляемой «линейной» игры, которая привела человечество к кризису во всех сферах жизни. «Нелинейная» Природа наглядно показывает свои методы защиты.

Информационное моделирование на основе мысленных экспериментов и метода аналогий позволило сделать несколько смелых предположений относительно границы между миром живым и миром неодушевленным, противодействия земной коры информационному загрязнению.

Рассмотрен парадокс А. Эйнштейна, Б. Подольского, Н. Розена с точки зрения информационной безопасности Вселенной. Междисциплинарное взаимодействие наук (геофизики, геоинформатики, экологии, квантовой механики) убедительно показывает свои результаты.

## Литература

1. *Садовский М.А.* Геофизика и физика взрыва / М.А. Садовский // Избранные тр. – М.: Наука, 2004. – 440 с.
2. *Садовский М.А.* От сейсмологии к геомеханике. О модели геофизической среды / М.А. Садовский, В.Ф. Писаренко, В.Н. Родионов // Вестник АН СССР. – 1983. – № 1. – С. 82–88.
3. *Кадомцев Б.Б.* Динамика и информация / Б.Б. Кадомцев. – 2-я ред. – М.: Ред. журн. Успехи физических наук, 1999. – 394 с.
4. *Геншафт Ю.С.* Земля – открытая система: геологические и геофизические следствия / Ю.С. Геншафт // Физика Земли. – 2009. – № 8. – С. 4–12.
5. *Эбелинг В.* Физика процессов эволюции / В. Эбелинг, А. Энгель, Р. Файстель. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 328 с.
6. *Николис Г.* Самоорганизация в неравновесных системах / Г. Николис, И. Пригожин. – М.: Мир, 1979. – 512 с.
7. *Пригожин И.* От существующего к возникающему / И. Пригожин. – М.: Наука, 1985. – 93 с.
8. *Горшков В.Г.* Физические и биологические основы устойчивости жизни / В.Г. Горшков. – М.: ВИНТИ, 1995. – 470 с.
9. *Горшков В.Г.* К вопросу о возможности физической самоорганизации биологических и экологических систем / В.Г. Горшков, А.М. Макарьева // ДАН. – 2001. – Т. 378, № 4. – С. 570–573.
10. *Информация в живой и неживой природе* / В.В. Горшков, В.Г. Горшков, В.И. Данилов-Данильян и др. // Экология. – 2002. – № 3. – С. 163–169.
11. *Горшков В.Г.* В повестке дня – стратегия выживания человечества / В.Г. Горшков, А.М. Макарьева, К.С. Лосев // Вестник РАН. – 2006. – Т. 76, № 4. – С. 309–314.
12. *Шредингер Э.* Что такое жизнь? / Э. Шредингер. – М.; Ижевск: Науч.-изд. центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 92 с.
13. *Еремин А.А.* Ноогенез и теория интеллекта / А.А. Еремин. – Краснодар: Советская Кубань, 2005. – 356 с.
14. *Бахова Н.И.* Негэнтропийный принцип информации в геофизике / Н.И. Бахова // Вісник НАУ. – 2011. – № 4. – С. 132–138.
15. *Бриллюэн Л.* Наука и теория информации / Л. Бриллюэн. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1960. – 392 с.
16. *Бахова Н.И.* Інформаційне перехрестя в науках про землю / Н.І. Бахова // Вісник НАУ. – 2012. – № 1. – С. 225–232.
17. *Геоинформатика* / А.Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов, В.Я. Цветков. – М.: МАКС Пресс, 2001. – 349 с.
18. *Пенроуз Р.* Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной / Р. Пенроуз. – М.; Ижевск: Науч.-изд. центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. – 911 с.
19. *Философский энциклопедический словарь.* – 2-е изд. / редкол.: С.С. Аверинцев, Е.А. Араб-Оглы, Л.Ф. Ильичев и др. – М.: Советская энцикл., 1989. – 815 с.

Статья поступила в редакцию 20.06.2012.