

УДК 550.03:002:004(045)

Н.И. Бахова, к.ф.-м.н., доц.

НЕГЭНТРОПИЙНЫЙ ПРИНЦИП ИНФОРМАЦИИ В ГЕОФИЗИКЕ

Национальный авиационный университет

E-mail: bakhova_nataly@mail.ru

Рассмотрены возможности применения теории информации для решения проблем геофизики. Предложена информационная модель замкнутой живой системы с точки зрения происходящих в ней внутренних взаимодействий.

Ключевые слова: информационные загрязнение, литосфера, негэнтропия, теория информации.

Розглянуто екологічні функції літосфери. Проаналізовано особливості впливу геофізичних полів літосфери природного й техногенного походження на стан біосфери та здоров'я людини. Освітлено фундаментальну проблему зменшення негативної ентропії, необхідної для життєдіяльності всього живого на Землі. Поставлено завдання вивчення особливостей інформаційної взаємодії геологічного середовища та біоти. Вивчено зв'язок між фізичною ентропією та інформацією. Показано можливості й труднощі застосування основ теорії інформації до наук про Землю. Запропоновано інформаційну модель замкнутої живої системи та правила інформаційного захисту на клітинному рівні.

Ключові слова: інформаційне забруднення, літосфера, негентропія, теорія інформації.

Постановка проблемы

Среди фундаментальных геофизических наук всевозрастающую роль приобретает геофизика биотехносферы, или экологическая геофизика.

Предметом изучения экологической геофизики является динамика взаимоотношений человека и биоты с верхней частью литосферы.

Литосфера обладает удивительной способностью обеспечивать и поддерживать на Земле энергоинформационные условия, пригодные для существования живых организмов.

Физика фундаментальных процессов, лежащих в основе разнообразных геологических явлений, поставила перед учеными новые проблемы:

– информационное загрязнение атмосферы, океана и околоземного космоса;

– катастрофическое уменьшение отрицательной энтропии, необходимой для жизнедеятельности всего живого на Земле.

Анализ исследований

Решение экологических проблем непосредственно связано с исследованием экологических функций литосферы – материальной основы биосферы.

На состояние здоровья человека оказывают влияние четыре экологические функции литосферы [1; 2]:

- ресурсная;
- геодинамическая;
- геохимическая;
- геофизическая.

Геофизическая экологическая функция литосферы отражает влияние свойств геофизических полей литосферы природного и техногенного происхождения на состояние биосферы и здоровье человека [1].

Общая гравитационная и температурная обстановка на Земле в процессе эволюции биосферы обеспечила устойчивое существование и приспособление живых организмов.

По отношению к процессам функционирования биоты активные участки земной коры обладают дискомфортными или благоприятными свойствами. С ними связывают гигантскую растительность, генетические отклонения, нарушения функционирования экосистем в целом [3].

Основными задачами экологической геофизики являются:

- исследование природных и техногенных быстрых (катастрофических) и медленных (эволюционных) процессов, происходящих в литосфере;

– разработка способов сохранения экологических функций литосферы;

– разработка методов защиты информационной устойчивости системы «литосфера–биота».

В центре внимания теории информации находится исследование взаимосвязи информации и физической энтропии. Учение об информации основано на законах теории вероятности.

Сходство между информацией и энтропией впервые было отмечено Л. Силардом в 1929 г., когда практическая ценность теории еще не была осознана [4].

Аналогия между информацией и энтропией для марковского процесса была открыта известным математиком и инженером К. Шенноном [5].

Понятие и термин «отрицательная энтропия» были введены австрийским физиком, одним из создателей квантовой механики Э. Шредингером в 1943 г. [6].

Позднее американский физик Л. Бриллюэн заменил термин «отрицательная энтропия» на термин «негэнтропия» и ввел его в теорию информации, сформулировав негэнтропийный принцип информации [4].

В кибернетике понятие информации выступает как одна из центральных категорий наряду с понятиями связи и управления.

Обязательным условием использования теории информации в других областях науки является глубокое понимание математической стороны теории информации. Очень редко удается открыть одновременно несколько тайн Природы одним и тем же ключом [5].

Наибольшую трудность представляет не использование физических и математических законов, а именно их выбор: какие законы и почему следует применять при анализе каждого конкретного явления.

Если человек в определенной ситуации ведет себя подобно идеальному декодирующему устройству, то это является экспериментальным фактом, а не математическим выводом. Следовательно, необходима экспериментальная проверка такого поведения на фоне различных ситуаций [5].

Поиск путей применения теории информации в других областях науки осуществляется благодаря длительному процессу выдвижения новых гипотез и их экспериментальной проверке.

Эволюция человеческого общества происходит на основе баланса между энтропией (дезорганизацией) и негэнтропией (организацией).

В настоящее время связь между физической энтропией и информацией выступает на первый план. Где эта связь получает свое полное использование – тема предстоящих исследований.

Цель работы – изучение особенностей информационного взаимодействия геологической среды и биоты на основе теории информации.

Методика исследований

У физиков и математиков прошлых столетий можно найти много ценных предвидений и подсказок, полезных для ориентации в мире, где первостепенную роль приобретают информационные технологии.

Ученым прошлого столетия был неведом тот реальный, практический опыт воздействия научно-технических достижений на повседневную жизнь человека. Этот опыт приходится осмысливать сегодня, когда актуальной становится задача восстановления живого смысла суждений основоположников физических и математических наук.

Теория информации возникла в 30-х годах прошлого столетия и удивительно быстро нашла широкое применение в самых разнообразных областях человеческого знания:

- физике;
- химии;
- технических науках;
- биологии;
- медицине;
- философии;
- педагогике;
- экономике.

Первоначально развитию теории информации способствовало практическое решение некоторых основных проблем, возникающих при проектировании и эксплуатации средств, систем и каналов связи [4]:

- определение количества информации, содержащейся в передаваемом сообщении, например, в телеграмме;
- измерение количества информации, сообщаемой с помощью телеграфных сигналов;
- сравнение количества информации и объема сигнала;
- оценка эффективности кодирующих устройств.

Количественное определение информации выводится из статистических рассуждений.

Предположим, что в некоторой физической системе могут произойти P_0 равновероятных событий. Специальная информация о физической системе отсутствует, т.е.

$$I_0 = 0.$$

В случае равновероятных событий меньше возможностей выбора или неопределенности, чем в случае, когда имеются равновероятные события [4; 5].

Если о системе есть частичная информация, то число возможных событий уменьшается.

Единственное возможное событие реализуется при полной информации о физической системе.

Итак, имеем [4]:

– начальная ситуация:

$$I_0 = 0 \text{ при } P_0;$$

– конечная ситуация:

$$I_1 > 0 \text{ при } P_1.$$

Информация – это функция отношения числа возможных событий до и после получения информации.

Для обеспечения аддитивности информации, содержащейся в независимых ситуациях, выбирают логарифмический закон [4]:

$$I_1 = K \ln \frac{P_0}{P_1}, \quad (1)$$

где K – постоянная;

\ln – натуральный логарифм.

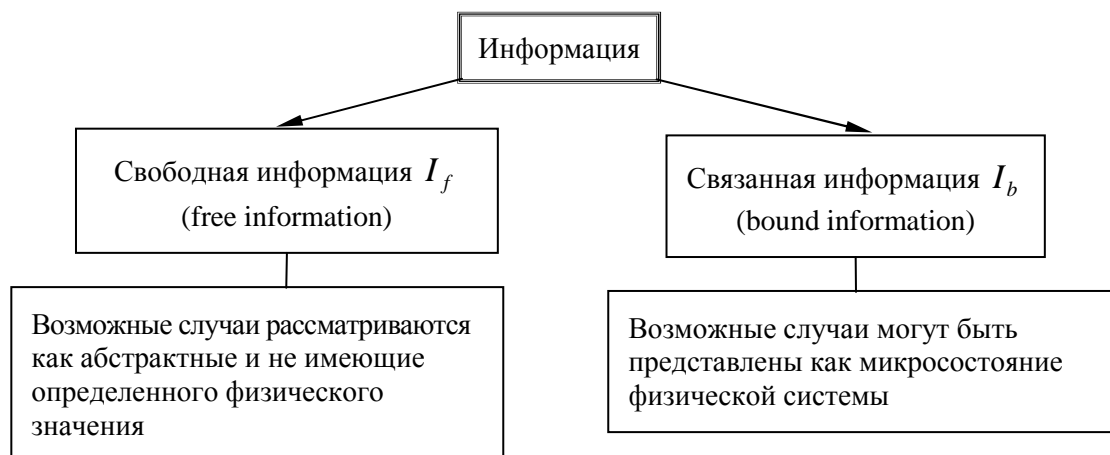
Необходимо ввести различие между двумя видами информации (см. рисунок).

Связанная информация – это специальный случай свободной информации.

Введение различия между двумя видами информации необходимо для нахождения непосредственной связи между информацией и энтропией [4]. Термин «энтропия» здесь применяется в обычном термодинамическом смысле.

В определенных физических задачах возникает только связанная информация I_b .

Следовательно, именно информация I_b взаимосвязана с энтропией.



Виды информации

Для установления соотношения между связанной информацией и энтропией неизолированной системы равновероятные случаи рассматривают как микросостояния (см. таблицу).

Соотношение между связанной информацией и энтропией

Связанная информация	Статистический вес	Энтропия
Начальное положение $I_{b_0} = 0$	P_0	$S_0 = k \ln P_0$
Конечное положение $I_{b_1} > 0$	$P_1 < P_0$	$S_1 = k \ln P_1$

С получением информации, уменьшающей число микросостояний, энтропия убывает.

Связь между информацией и уменьшением энтропии системы очевидна. Согласно выражению (1) имеем [4]:

$$I_{b_1} = k(\ln P_0 - \ln P_1) = S_0 - S_1, \quad (2)$$

или

$$S_1 = S_0 - I_{b_1}, \quad (3)$$

где k – постоянная Больцмана.

В термодинамических единицах можно записать

$$K = k.$$

В термодинамике энтропия физической системы часто описывается как мера случайности системы. Это понятие можно переформулировать: любая физическая система определена не полностью. Известны лишь значения некоторых макроскопических переменных. Положения и скорость всех молекул, образующих систему, определить невозможно.

Следовательно, энтропия – это мера недостатка информации о микроскопической структуре системы [4].

Из равенства (2) следует, что связанная информация равна убыванию энтропии S и увеличению негэнтропии N , где негэнтропия определяется как отрицательная энтропия:

$$N = -S.$$

Это положение составляет негэнтропийный принцип информации [4].

В соотношении (3) связанная информация представляет собой отрицательное слагаемое в полной энтропии физической системы.

Таким образом, получение информации о физической системе соответствует понижению энтропии этой системы.

Теория информации Л. Бриллюэна исключает оценку информации человеком.

Такое исключение является серьезным ограничением теории. Это та цена, которую необходимо заплатить за возможность построения объективной теории информации.

Определение информации не может и не должно делать различия между очень важной информацией и обычной новостью, не имеющей никакой ценности.

Ценность информации является субъективным элементом, относящимся к наблюдателю.

Информация как физически измеряемая величина должна быть доступна и одинакова для всех наблюдателей [4].

Очень часто решение физических проблем вынуждает ученого-математика удалиться от реального мира настолько, насколько это возможно, и работать в области, где царствует чистая абстракция.

Математики изучают не предметы, а только их форму и отношения между ними.

Для математиков безразлично будут ли одни предметы замещены другими и каково их материальное содержание [7].

Человеческий ум создал математику с наименьшими заимствованиями извне по сравнению с другими своими творениями.

Некоторые математические исследования (о постулатах, воображаемых геометриях) чрезвычайно полезны, так как эти размышления уклоняются от наиболее общепринятых представлений и, следовательно, от Природы и прикладных вопросов.

Таким способом человеческий ум постепенно освобождается от тирании внешнего мира, что позволяет ему познать свою внутреннюю сущность [7].

Математик не может воспринять все факты, которые предоставляет ему Природа. Более того, он сам создает факты. Именно математик строит новые комбинации из отдельных ее частей. Какая-нибудь одна такая комбинация сама по себе не имеет значения, несмотря на то, что ученому стоило большого труда ее создать. Если же эта комбинация займет место в ряду аналогичной ей комбинации и ученый подметит эту аналогию, перед ним будет уже не факт, а закон [7].

Для того, чтобы привыкнуть к совершенной математической строгости, нужна продолжительная, а порой изнурительная подготовка.

Годами ученый кропотливо создает изящные узоры формул на математическом льду.

Не овладев математическими традициями и обычаями, ученый рискует складывать ледяные кубики-комбинации без результирующего хода.

Математическое доказательство представляет собой не просто какое-либо нагромождение силлогизмов. Известно, что эти силлогизмы расположены в строгом порядке.

Порядок расположения элементов оказывается гораздо более важным, чем сами элементы. Если ученый обладает чувством этого порядка, он сможет обозревать одним взглядом все рассуждения в целом. При этом исследователю не стоит опасаться, что он забудет какой-нибудь элемент. Каждый элемент сам по себе займет назначенное ему место без всякого усилия памяти исследователя [7].

Эта знаменитая информационная технология одного из величайших математиков планеты А. Пуанкаре носит название «общий ход рассуждения». Именно общий ход рассуждения руководит памятью ученого.

Вернемся к физическим проблемам, требующим своего разрешения.

Итак, возрастание энтропии сопровождается каждым процессом, происходящим в Природе.

Трение, теплопроводность, диффузия, вязкость, джоулево тепло – это некоторые из основных механизмов, которые увеличивают энтропию.

Энтропия неживой изолированной системы достигает своего максимально возможного значения в состоянии термодинамического равновесия. В состоянии с максимальной энтропией, когда в системе прекращаются все необратимые процессы, газ «забывает» о стенках сосуда и столкновениях, так как ему нечем «заплатить» за информацию о характере ударов.

Живые системы избегают быстрого перехода в инертное состояние «равновесия».

Живой организм в процессе своей жизни производит положительную энтропию и непрерывно ее увеличивает, приближаясь к смертельно опасному состоянию максимальной энтропии. Но организму удастся избежать от энтропии, которую он производит [6].

Переведем на язык статистической теории удивительную способность живого организма, с помощью которой он задерживает переход к термодинамическому равновесию (см. формулу 2).

Живая система должна привлекать к себе отрицательную энтропию, чтобы компенсировать ею увеличение энтропии, которую производит система в процессе жизнедеятельности. Таким образом, живой организм поддерживает себя на постоянном и достаточно низком уровне энтропии [6].

Анализ результатов

Энергия – общая форма движения материи.

Время – всеобщая форма бытия материи.

Информация является одной из фундаментальных и наиболее актуальных проблем в условиях научно-технического прогресса.

Энергия может рассеиваться, преобразовываться. Энергию можно потерять, заработать, получить в различных процессах энергообмена.

Время можно плодотворно выиграть и бездарно прожечь.

Информацию можно хранить, передавать, копировать кодировать и т.д.

В связи с опасным информационным загрязнением окружающей среды необходимо остановиться на копировании и кодировании.

Если речь идет об информации организма человека, то возникают основополагающие вопросы: куда копировать собственную информацию и где хранить копии.

Что касается кодов информации, то можно не утруждать себя строгими доказательствами и смело постулировать: коды индивидуальны, сверхнадежно защищены и принадлежат только одному человеку.

Если кто-либо усомнится в таком постулате, то будет вынужден доказывать и обосновывать понятие «множественность кодов», которое равносильно понятию «свободный доступ».

Вся информация о человеке, структурах, процессах в его окружающей среде, возможных взаимодействиях с внешним миром и изменениях, вызванных этим взаимодействием, заложена в геноме человека. Копий генома не существует. Человек достаточно хорошо защищен от проникновения внутрь чужеродных носителей информации.

Система, обеспечивающая информационную защиту, называется информационным иммунитетом. Основные функции иммунитета заключаются в обеспечении организма шумами и информационными масками, надежно защищающими истинную информационную картину.

Итак, термодинамический теоретический аппарат «органически» вписался в энергетику живого организма. Живые системы способны самостоятельно поддерживать и увеличивать свою высокую степень упорядоченности в среде с меньшей степенью упорядоченности.

Общество постоянно балансирует между энтропией и неэнтропией.

Развитие, эволюция общества – это слишком отдаленные горизонты для наших исследований.

Первоосновой любого общества является семья. Когда вся семья вместе, тогда и душа на месте – гласит мудрая пословица. Каждый человек на Земле желает найти свою половину.

Согласна ли с таким желанием рациональная наука – так ставится сегодня вопрос.

Дело в том, что с увеличением энтропии борется организм человека, но не его сознание.

Сознание человека сохраняет «суверенитет» относительно неэнтропийного принципа информации.

Итак, физика двух половин. Единое целое расщепляется только пополам. Каждая половина владеет информацией друг о друге. Между ними существует нелокальная связь. Это явление ученые назвали парадоксом Эйнштейна–Подольского–Розема (ЭПР-парадокс).

В живых организмах все гораздо сложнее: знают о своей половине клетки организма.

Сознание предъявило претензии Вселенной по поводу нарушения его права на свободный выбор: или половин должно быть больше одной, или стереть информацию о другой половине.

Переведем «заявление» половины о нарушении его свободолюбия на строгий математический язык.

Предположение о «множественности половин» априори абсурдно.

Каждую живую «половину»-систему можно образно представить как независимую задачу. Рассмотрим две независимые задачи. Первая задача имеет P_{01} априори равновероятных решений, вторая – P_{02} .

Каждое решение первой задачи спарено с некоторым решением второй. Тогда общее число начальных решений определяется следующим образом [4]:

$$P_0 = P_{01} P_{02},$$

или

$$I_1 = K \ln(P_{01} P_{02}) = I_{11} + I_{12},$$

где

$$I_{11} = K \ln P_{01},$$

$$I_{12} = K \ln P_{02}.$$

Общее количество информации, необходимое для решения обеих задач, равно сумме отдельных информационных I_{11} и I_{12} .

Право свободного выбора налицо. Каждая половина владеет достаточной информацией для выполнения своих собственных функций, но решение общих задач ей не под силу – половина не владеет общим количеством информации.

В случае стирания информации, например $I_{11} = 0$, нарушается баланс между энтропией и неэнтропией. Такая ситуация смертельно опасна.

Логично, что другая половина-«труженица» выкупит информацию «свободолюбивой» половины и надежно замаскирует.

Платить энтропией надо и за совершенную работу, и за любое измерение.

«Свободолюбивая» половина может вернуть свою собственную информацию. Для этого ее необходимо распознать под информационной маской и иметь достаточно «энтропийных» средств для оплаты перезаписи.

Научное мировоззрение формировалось на базе представлений об исключительной возможности рационального постижения Вселенной. Случилось так, что и научное мировоззрение разделилось пополам. С одной стороны – безрадостный рационализм, мертвый язык алгоритмов, с другой – наука двух половин.

Эта борьба не должна привести к окончательной победе одной из борющихся сторон. Но это не означает, что борьба бесплодна, так как при каждом новом сражении перемещается само поле сражения и в результате каждый раз совершается шаг вперед [7].

Выводы

Сделаны первые шаги из «ничейной земли» абсолютной информации [4] на геофизическую родину. Представители точных наук относят геофизику к наукам неточным.

Да, есть расчеты с большими погрешностями. В этом и заключается премудрость геофизики – человек будет крепче стоять на ногах с огромным багажом теории информации только на геофизической земле.

Будем считать погрешности геофизики шумами, столь необходимыми для усиления информационного иммунитета.

Информационное поле живой системы чутко реагирует на любые изменения в самой системе и ее окружении. От информационного поля живой системы зависит ее окружающая среда.

Литература

1. Трифонов В.Г. Геодинамика и история цивилизаций / В.Г. Трифонов, А.С. Караханян. – М.: Наука, 2004. – 668 с.
2. Трофимов В.Т. Экологическая геология: учеб. для вузов / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг. – М.: Геоинформмарк, 2002. – 416 с.
3. Виноградов Б.В. Примеры связи растительности и почв с новейшей тектоникой / Б.В. Виноградов // Ботанический журнал. – 1955. – № 6. – С. 837–844.
4. Бриллюэн Л. Наука и теория информации / Л. Бриллюэн. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1960. – 392 с.
5. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – М.: Изд-во иностранной лит., 1963. – 832 с.
6. Шредингер Э. Что такое жизнь? / Э. Шредингер. – М.; Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 92 с.
7. Пуанкаре А. О науке / А. Пуанкаре. – М.: Наука, 1990. – 735 с.