

**РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ ОБЩЕСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ «АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ» ПО ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

188309 Ленинградская область,  
г. Гатчина, пр. 25 Октября дом 16Б

**ОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ  
ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ, ЭКОНОМИКИ И ПРАВА»**

191014 Санкт-Петербург, Литейный 42

## **Гатчинские страницы**

*(Электронный журнал)*

**Вып. 2(11)**

*Главный редактор: Академик АИО Г. В. Никитина*

**Санкт-Петербург**

**2014**

**РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ ОБЩЕСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ  
«АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ» ПО ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

*188309 Ленинградская область,*

*г. Гатчина, пр. 25 Октября дом 16Б*

**НОУ ВПО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ,  
ЭКОНОМИКИ И ПРАВА»**

*Санкт-Петербург, Литейный 42*

*2014 год Выпуск 2(11).*

## **Гатчинские страницы**

*Электронный журнал. Издаётся с 2011 года.*

**Главный редактор: Академик АИО, профессор Г.В. Никитина**

### **Редакционный совет:**

*Ваграменко Я.А., Климов С.М., Никитина Г.В., Романенко В.Н., Супранюк С.Б.*

### **Редакционная коллегия:**

*Абрамович С.А., Бельфор. В.М., Добрускин Э.В., Корец В.В., Никитина Г.В.,  
Романенко В.Н., Супранюк С.Б., Иванова Г. Г.*

*Санкт-Петербург*

## Содержание

Глубокоуважаемый Романенко Владимир Николаевич! _____	4
Феномен Джозайя Вилларда Гиббса _____	7
Синергетика и процессы развития социальных систем _____	27
Влияние «хрупкости» техносферы на современную цивилизацию _____	38
Дорога к слову _____	48

## **Глубокоуважаемый (-ая) Романенко Владимир Николаевич!**

От имени президиума Российской Академии Естествознания (РАЕ) поздравляем Вас с награждением высшей наградой Российской Академии Естествознания и Европейского научно-промышленного консорциума - орденом [LABORE ET SCIENTIA - ТРУДОМ И ЗНАНИЕМ](#) и орденом [ПЕРВЫЙ СРЕДИ РАВНЫХ](#) !



Президиум Российской Академии Естествознания желает Вам здоровья, творческого долголетия, профессиональных успехов и новых научных открытий на благо Российской и мировой науки.

**Приглашаем Вас и Ваших учеников, коллег, соратников и последователей по Вашей рекомендации принять участие в проектах Российской Академии Естествознания** (раздел сайта <http://www.rae.ru/> НАГРАДЫ):

1) Президиум Российской Академии Естествознания совместно с Европейским научно-промышленным консорциумом приглашает Вас, Ваших учеников и коллег принять участие в конкурсе на соискание награды: Gold medal "European Quality" ([Золотая медаль «Европейское качество»](#)).

Награждение медалью Gold medal "European Quality" является общественным признанием достижений специалиста в области производства качественной научной продукции - фундаментальных и прикладных исследований, образовательных программ, учебно-методических изданий.

2) Президиум Российской Академии Естествознания приглашает Вас, Ваших учеников и коллег представить информацию о своей научной школе для размещения в проекте Академии Естествознания "[Основатель научной школы](#)"

3) Президиум Российской Академии Естествознания приглашает Вас, а также Ваших коллег представить информацию о Вашей кафедре в проекте Академии Естествознания "[Золотая кафедра](#)" за вклад в развитие Отечественного образования и лекторское мастерство.

Награждаются научно-педагогические коллективы; лично ученые и педагоги, имеющие степень доктора наук;  
лично заведующие кафедрами, имеющие степень доктора наук.

4) Президиум Российской Академии Естествознания приглашает Ваших коллег по Вашей рекомендации принять участие в выборах Почетных докторов наук ([DOCTOR OF SCIENCE, HONORIS CAUSA](#)) в рамках проведения научных мероприятий Российской Академии Естествознания 13-15 ноября [в Москве](#)

5) Президиум Российской Академии Естествознания и Аттестационная комиссия РАЕ приглашает наиболее достойных ученых по Вашей рекомендации принять участие в конкурсе на соискание Золотой Медали [«За новаторскую работу в области высшего образования»](#)

8) Президиум Российской Академии Естествознания приглашает Вас и наиболее достойных ученых по Вашей рекомендации принять участие в конкурсе на соискание почетного звания "[Заслуженный деятель науки и образования](#)" и почетного звания [Заслуженный работник науки и образования](#) и приглашает представить документы о научно-педагогической деятельности для соискания данного почетного звания.

9) Редакция научных журналов Академии Естествознания приглашает Вас к сотрудничеству в рамках Общероссийских научных журналов Академии Естествознания:

[Международный журнал экспериментального образования](#)  
[Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований](#)  
[Современные наукоемкие технологии](#)  
[Успехи современного естествознания](#)

а также приглашает опубликовать Ваши работы и работы Ваших учеников в журналах Академии Естествознания ИЗ ПЕРЕЧНЯ ВАК:

[СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ](#)  
[ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ](#)

и в журналах Академии Естествознания на английском языке:

[EUROPEAN JOURNAL OF NATURAL HISTORY](#)  
[INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED AND FUNDAMENTAL RESEARCH](#)

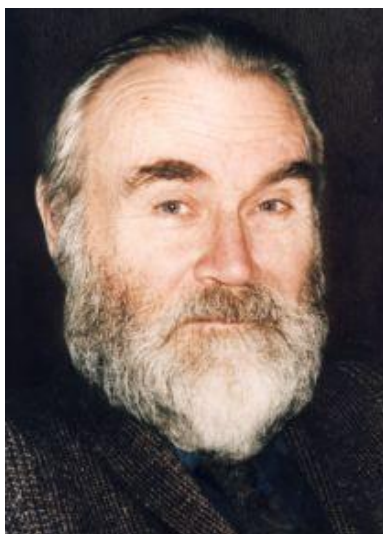
(Журнал издается совместно с немецким издательством Publishing house "Academy of Natural History")

[INTERNATIONAL JOURNAL OF EXPERIMENTAL EDUCATION](#)

Президиум Рае сообщает, что **Публикации в журналах Российской Академии Естествознания (РАЕ) обеспечат быстрый рост Вашего индекса Хирша - основной общепризнанной количественной характеристики продуктивности ученого.** Информация о журналах расположена на официальном сайте Академии <http://www.rae.ru/> в разделе сайта ИЗДАНИЯ.

Активное цитирование работ, опубликованных в журналах РАЕ, связано с высоким импакт-фактором и SCIENCE INDEX РИНЦ журналов Российской Академии Естествознания (РАЕ), а также ТИЦ сайтов журналов в поисковой системе Yandex и PRGoogle. Большую роль в увеличении уровня цитирования играет информационная доступность журналов. Все материалы (полные тексты статей) находятся в открытом бесплатном доступе на собственных сайтах журналов, в Российской электронной библиотеке, базе ВИНТИ. Каждый сайт журнала ежедневно обычно посещают около 3000 пользователей.

Журналы РАЕ имеют высокий Индекс научного цитирования (РИНЦ) по данным национальной информационно аналитической системы Российской научной электронной библиотеки (<http://elibrary.ru/>).



Последняя работа профессора, доктор технических наук  
**Вигдорович Валентина Наумовича**

### **ФЕНОМЕН ДЖОЗАЙЯ ВИЛЛАРДА ГИББСА**

В.Н. Вигдорович

Загадка Гиббса заключается в том, был ли он неправильно понятым или не оценённым гением. В конце XIX века американские и европейские учёные ещё слишком мало разбирались в химических и физических процессах, чтобы оценить открытие Гиббса.

Загадка Гиббса заключается так же и в другом: как случилось, что прагматическая Америка в годы расцвета рационализма и царствования эксперимента произвела на свет великого теоретика. Гиббс оказался счастливой случайностью и предвестником теоретических открытий, завершившихся экспериментальных исследований и обрушившихся на учёных в начале XX века.

Творчество Гиббса явилось ранней предтечей научно-технической революции.

**Джозайя Виллард ГИББС**, выдающийся представитель теоретического естествознания XIX века, родился 11 февраля 1839 года в Нью-Хейвене, штат Коннектикут, США. В истории науки не встретить учёного, жизнь которого тесно связана с одним единственным городом. В Нью-Хейвене он родился, учился, преподавал, создал свои труды, здесь он умер (28 апреля 1903 года) и похоронен. За исключением трёхгодичного пребывания в Европе (Париж, Берлин и Гейдельберг), непродолжительных поездок на научные конференции и летних путешествий, он не выезжал из родного города. Больше того, он прожил почти шестьдесят лет в одном и том же доме, от которого было полквартилы до школы, где он учился, один квартал до колледжа, где он провёл студенческие годы, два квартала до университетского кабинета, где он писал свои работы, и меньше двух кварталов до будущего места его захоронения.

В небольшом городке Сейбруке (штат Коннектикут, Хартфорд – столица штата) была создана Высшая академическая школа, которую перевели в Нью-Хейвен и где она стала называться Йельским колледжем (1718 г.) по имени купца Йеля, сына одного из основателей Нью-Хейвена, передавшего значительную сумму денег колледжу, ставшего Йельским университетом. С 1861 г. Йельский университет начал присуждать степень доктора. В 1863 г. степень доктора философии получил Гиббс – второй в истории Америки

доктор по естественным наукам (первый доктор получил эту степень по астрономии). Гиббс был назначен первые два года преподавать латынь и только на третий год смог взять курс по своему желанию – физику – в Йельском колледже и стал профессором математической физики Отделения философии и искусств Йельского университета (1871-1903 гг.). Коннектикутская академия искусств и наук (основана в 1799 г.) и Йельский университет предоставляли Гиббсу возможность публикаций (до его мировой известности).

Семья Гиббсов была одной из самых просвещённых в городе. Из предков Гиббса многие окончили Гарвардский (штата Массачусетс, Бостон – административный центр, Гарвардский университет – в пригороде), Принстонский (штат Нью-Джерси) и Йельский университеты, став впоследствии профессорами и даже президентами этих университетов. Но математиков, физиков или химиков по линии отца не было. В семье матери, урождённая ван Клев, встречаются естествоиспытатели: дед матери был профессором математики и физики, а отец – профессором физики и химии.

#### Афоризмы Гиббса.

Не существуют какие-нибудь намёки на причуды или на связанные с его именем анекдоты. Гиббсу приписывают несколько афоризмов, но все они связаны со стилем его мышления, с его научным методом. Однажды, участвуя в долгом обсуждении роли математики и языков, он немало удивил своих коллег, выразив желание высказаться (обычно он в таких случаях молчал). Но сказал всего три слова: **«Математика – это язык».**

В другой раз, объясняя, почему в своих работах он стремится к наибольшему общему охвату изучаемого явления, не требующему детализации механизма, он сказал: **«Целое проще части».**

Наконец, выступая на одном из заседаний математического клуба, Гиббса с юмором выразился: **«Математик может говорить, что ему хочется, но физик должен, хотя бы в какой-то мере, быть в здравом рассудке».**

#### Научные заслуги Гиббса и их оценка современниками.

Наиболее полное собрание сочинений Гиббса было издано в двух томах в США в 1928 году. Это издание затем было повторено в 1931 и 1948 гг. без изменений. Первый том содержал термодинамические работы, второй – работы по механике, векторному



анализу и электромагнитной теории света. В 1936 г. были изданы двухтомные комментарии к научным трудам Гиббса.

**Нобелевские премии учреждены в 1901 году. Первыми награждёнными по физике были Рентген (1845-1923) (Германия) – за открытие лучей (1901 год), Лоренц (1833-1928) и Зеeman (1865-1943) (оба из Нидерландов) – за открытие законов магнитооптики (1902 год), Беккерель (1852-1908), Пьер Кюри (1859-1906) и Мария Склодовская-Кюри (1867-1934) (все трое из Франции) – за открытие радиоактивности (1903 год). Первыми награждёнными по химии были Вант-Гофф (1852-1911) (Нидерланды) – за открытие законов кинетики и осмотические явления в растворах (1901 год), Фишер (1852-1919) (Германия) – за открытие действия ферментов (1902 год) и Аррениус (1859-1927) (Швеция) – за теорию электролитической диссоциации (1903 год). Джозайя Вилларда Гиббса среди них не оказалось.**

После смерти Гиббса были награждены нобелевскими премиями **Рэлей** (1842-1919) (Великобритания) (1904 год), **Ван-дер-Ваальс** (1837-1923) (Нидерланды) (1910 год), **Оствальд** (1853-1932) (Германия) (1909 год), **Нернст** (1864-1941) (Германия) (1920 год), **Планк** (1858-1947) (Германия) (1918 год), **Эйнштейн** (1879-1955) (США) (1921 год) и др.

Гиббс был избран членом Национальной академии США (1879 г.) и членом Американской академии наук и искусств в Бостоне (1880 год). [Бостон – административный центр штата Массачусетс. Музей изящных искусств в Бостоне – основан в 1630 г.] В течение своей жизни Гиббс получил девятнадцать наград и почётных дипломов, в том числе главную международную премию за научные достижения.

#### Первые работы Гиббса:

Диссертация на соискание учёной степени доктора философии «О форме зубьев цилиндрической зубчатой передачи» (1863 г.). Работа не опубликована, никакой роли в развитии техники не сыграла.

Диагноз и установление у себя астигматизма, расчет цилиндрических линз для очков и собственноручное их экспериментальное изготовление. Единственная экспериментальная работа за всю жизнь.

Разработка конструкции экономичной гидравлической турбины с простым и надёжным регулятором скорости. Работа не завершена.

Изобретение воздушного тормоза для железнодорожных вагонов. Работа завершена и получен патент (1866 г.) (наиболее усовершенствованную конструкцию пневматических тормозов создал американец Вестингауз, 1869 г. и они нашли применение после их автоматизации, 1872 г.).

Доклад на заседании Коннектикутской академии искусств и наук «Действительная величина единиц длины и других механических величин» (1866 г.). Первое выступление перед собранием учёных. В конце XVIII века крупнейшие учёные Франции – **Лагранж** (1736-1813), **Монж** (1746-1818), **Лаплас** (1749-1827), **Деламбер** (1749-1822) и др. – готовили реформу, в основу которой был положен метр, как одна десятиmillionная четверти парижского меридиана. Гиббс предложил, сохраняя привычные единицы массы, силы и времени, добиться равенства коэффициента пропорциональности единице соответствующим изменением единицы длины. Этот путь, также встретивший затруднение, не получил в дальнейшем развития, но сама постановка вопроса была оригинальной.

Подводя итог первого этапа исследовательской деятельности будущего учёного, отметим, что его первоначальные интересы не выходили за рамки механики. Это объясняется особенностью образования того времени, когда из всех разделов физики на первый план выдвигалась механика. Последняя книга Гиббса, являющаяся венцом его творчества и выпущенная за год до смерти, также следовала этому правилу.

#### Получение Гиббсом углублённого образования в Европе.

В это же время в Америке прочное место стало занимать научно-техническое образование. Американец, желавший серьёзно работать в науке, должен был в течение двух лет приобретать в Европе знания (даже получив докторскую степень в Америке). Гиббс вместе с двумя сёстрами отплывает в Европу.

Если в Париже – в Сорбоне и Коллеж-де-Франс – Гиббс уделил внимание изучению математики, то в Берлине преобладали физика и механика. Гиббс впервые прочёл труды **Лагранжа** (1736-1813), **Лапласа** (1749-1827) и **Пуассона** (1781-1840). Он знакомился с трудами **Гаусса** (1777-1855), **Якоби** (1804-1851), **Гамильтона** (1805-1865), **Френеля** (1788-1827), **Ампера** (1775-1836), **Грина** (1793-1841), **Томсона (Кельвина)** (1824-1907) и **Неймана** (1832-1925). Слушал лекции **Кундта** (1839-1894) и **Вейерштрассе** (1815-1897).

Удивление вызывает полное отсутствие в его заметках работ немецкого физика **Клаузиуса** (1822-1888), английского физика **Максвелла** (1831-1879) и австрийского физика **Больцмана** (1844-1906), сыгравших столь значительную роль в его последующем научном творчестве. Функция состояния энтропия ( $S$ ) была введена (в 1865 г.) **Клаузиусом** и рассмотрена (в 1872 г.) как вероятность пребывания системы в данном состоянии ( $S = k \ln$

И) **Больцманом**. Созданная трудами Клаузиуса, Максвелла и Больцмана, классическая статистическая физика нашла в работе Гиббса своё логическое завершение.

Приехав в Гейдельберг, Гиббс столкнулся с **Кирхгофом** (1824-1887) и **Бунзеном** (1811-1899), прославившимися открытием спектрального анализа. Там же блистал **Гельмгольц** (1821-1894), читавший курс о достижениях естественных наук. Сохранились воспоминания молодого **К.А.Тимирязева** (1843-1920), работавшего в Гейдельбергском университете у Кирхгофа и Бунзена. В то же время там училась **С.В.Ковалевская** (1850-1891), оставившая Россию, где женщинам был закрыт доступ в университеты.

Догадка о причинах, приведших Гиббса к открытиям в термодинамике.

Гиббс работал в одиночку и никогда не обсуждал полученных результатов. Он – основатель Нью-Хейвенского математического общества (в 1873 г.). Это говорит, что в Нью-Хейвене в то время не было достаточно компетентных лиц. Не ясно, на сколько его интерес к техническому вопросу о паровом двигателе повлиял на его переход к теоретическим проблемам. Возможно, тут имеет место аналогия: Садю **Карно** (1796-1832) – перешёл от изучения паровых машин к формулировке второго начала термодинамики, и **Клапейрон** (1799-1864) – перешёл от чтения курса прикладной механики к выводу уравнения состояния идеального газа и уравнения, устанавливающего связь между температурой и давлением при фазовых превращениях. Или всё объясняется большим значением этих вопросов после принципиальных работ Клаузиуса, Максвелла, Больцмана и др.

Статьи по термодинамике Гиббса в «Известиях Коннектикутской Академии наук»:

«Графические методы в термодинамике жидкостей» (1872 г.). Гиббс применяет термин «жидкость» понимая под ним жидкости и газы.

«Метод геометрического представления термодинамических свойств при помощи поверхностей» (1873 г.). Здесь находим обобщение идей, развитых в первой статье.

«О равновесии гетерогенных веществ» (1876 г. – первая часть, 1878 г. – вторая часть).

Здесь Гиббс выступает как основоположник термодинамики гетерогенных систем. Разработанный Гиббсом **метод термодинамических потенциалов** обладает несравненно большей простотой и общностью. Гиббсу принадлежит введение **понятия химического потенциала**. Математически химический потенциал выражают частные производные термодинамического потенциала по числу молей данного компонента системы. При этом

полагают, что постоянными сохраняются значения независимых параметров и количества всех остальных компонентов. Данное Гиббсом применение метода к проблемам **учения о равновесии и устойчивости** показывает его высокую эффективность для новых сложных задач. Он придал термодинамике ту современную форму, которую, как можно предполагать, она сохранит навсегда.

Другая особенность термодинамических работ Гиббса – широкое **применение вариационных принципов**. С их применением пошло дальнейшее развитие теоретической физики.

Введение чётко определённых **понятий компонента и фазы** принадлежит целиком Гиббсу и является основой его термодинамики. **Правило фаз** – крупное достижение Гиббса, одно из наиболее красивых следствий его теории равновесия. Оно послужило основой для классификации различных случаев химического равновесия.

Гиббсом установлено существования **критического состояния**, при котором исчезает различие в двух сосуществующих фаз, и изучена их устойчивость.

Записав первое и второе начало термодинамики в виде:  $d\varepsilon = td\eta - pdv$ , где  $\varepsilon$  – энергия,  $t$  – температура,  $\eta$  – энтропия,  $p$  – давление и  $v$  – объём, Гиббс даёт способ графического определения теплоты и работы. Соотношение между объёмом, энтропией и энергией системы при постоянстве давления и температуры изображается поверхностью, которую Гиббс назвал **термодинамической поверхностью**.

Гиббсом разработано **наглядное изображение трёхкомпонентных систем** с помощью треугольников.

При вычислении термодинамических потенциалов для смеси газов появляется член, который не зависит от природы смешиваемых компонентов, а лишь от их относительных концентраций. Подобных членов нет при смешении одинаковых газов. Отсюда и возникает так называемый **парадокс Гиббса**, отсутствие непрерывного перехода от смешения различных к смешению тождественных газов. Гиббс не считает это парадоксом, так как справедливо полагает, что смесь одинаковых газов принципиально отлична от смеси различных газов, но всё же, по его мнению, остаётся замечательный факт.

**Теория капиллярности** – один из самых ярких и оригинальных разделов термодинамики Гиббса. Поверхностный слой имеет очень малую, но конечную толщину. Для применения термодинамики к поверхностному слою его нужно отделить от объёмных фаз как самостоятельную подсистему. Гиббс решает эту задачу с помощью введения **разделяющей поверхности**, которая делит реальную систему двух фаз на совокупность двух фаз с чёткой границей раздела. Вариация термодинамического потенциала будет зависеть от изменения формы поверхности.

Имеет большое значение развитая Гиббсом термодинамика плёнок. Он объяснил **адсорбцию** в плёнках.

Метод Гиббса применим к **электролитам**. Естественной областью для применения термодинамики являются электрохимические цепи, содержащие электролиты. Гиббс даже предлагает термодинамическую **теорию идеального электрохимического прибора**.

Метод Гиббса указал путь дальнейшего обобщения термодинамики различных сред: диэлектриков, магнетиков, сверхполупроводников. Особенно важным оказалось **обобщение термодинамики на теорию равновесия электромагнитного поля и вещества**.

#### Распространение работ Гиббса.

Гиббс составил список из пятисот семи имён учёных, живших в двадцати странах. Он написал двадцать монографий и каждую из них лично послал тем учёным из своего списка, для которых они представляли интерес. Первым, кто отозвался на работы Гиббса, был Максвелл (организатор и первый директор с 1871 г. Кавендишской лаборатории Кембриджского университета). Он даже собственноручно изготовил несколько моделей термодинамической поверхности для воды и один экземпляр послал Гиббсу, что явилось данью уважения к таланту тогда ещё молодого учёного. Эта модель находилась в кабинете Гиббса. Когда его спрашивали, кто изготовил модель, он скромно отвечал: «Один друг», стесняясь признаться, что этим другом был великий Максвелл.

В дальнейшей разработке приняли на первых этапах нидерландцы и англичане, немцы и французы, русские и американцы. Эти работы вызвали восхищение таких титанов мысли, как Максвелл, Больцман и Планк, Ван-дер-Ваальс, Вант-Гофф и Рэлей, Гельмгольц, Джозеф Джон **Томсон** (1856-1940) и **Пуанкаре** (1854-1912).

#### Работы Гиббса в период мировой известности:

Доклад «Об общих уравнениях оптики, выведенных из электромагнитной теории света» (1882 г.). Доклад «Об определении орбит планет и комет» (1897 г.).

Статья «О двойном преломлении и дисперсии цветов в совершенно прозрачной среде» (1882 г.). Статья «О двойном преломлении в совершенно прозрачной среде, вызывающей явление круговой поляризации» (1882 г.). Статья «Общие уравнения монохроматического света в среде любой степени прозрачности» (1883 г.).

Дважды выступал Гиббс на собраниях Американской ассоциации содействия прогрессу науки: «О фундаментальной формуле статистической механики, с приложениями к астрономии и термодинамике» (в Монреале, 1884 г.) и «О кратной алгебре» (в Буффало, 1885 г.).

Пьер Дюгем написал статью (1884 г.) и книгу (1886 г.), основанную на идеях Гиббса. Они сами успеха не имели, но по ним химик Ле Шателье узнал, что полученный им в 1884 г. закон смещения равновесия в зависимости от внешних факторов является лишь частным случаем общего положения, найденного за десять лет до этого Гиббсом.

С развитием кинематографии были связаны и его доклады «Об аллюрах лошади» и «О движениях, при которых животные могут падать на лапы» (1894 г.).

Безусловно, самой значительной работой Гиббса последних лет его жизни была книга «Основные принципы статистической механики, излагаемые со специальным применением к рациональному обоснованию термодинамики» (1902 г.). В предисловии Гиббс так и говорит: **«Законы термодинамики легко могут быть получены из принципов статистической механики, неполным выражением которых они являются».**

Гиббс перекинул мост между методом формальной термодинамики и атомно-молекулярной теорией. Он сумел подойти к атомистическому истолкованию термодинамических методов, показал, что существуют такие статистические аналоги термодинамических потенциалов, которые являются функциями масс атомов или молекул, их скоростей, энергии взаимодействия и положения в пространстве, а также их геометрических свойств, т.е. **положил начало статистической термодинамике**. Здесь Гиббс выступил вровень с Больцманом, связавшим энтропию с вероятностью данного состояния.

Когда определяют свойства данной системы, то, во-первых, фактически это относится к громадному количеству атомов или молекул и, во-вторых, по отношению к тому времени, в течение которого ведутся измерения. С точки зрения атомно-молекулярной теории ясно, что в системе должны происходить события, не характеризующиеся этими средними величинами. Здесь Гиббс указывает **границы приложимости понятий термодинамики**.

Броуновское движение позволяет наблюдать процессы, которые нельзя обнаружить при помощи измерения средних величин. Гиббс указал общий метод вычисления **флуктуаций** (отклонений от средней концентрации). Этот метод уже через два года после смерти Гиббс был применён Эйнштейном для решения задачи о броуновском движении.

Следует ли рассматривать все атомы или молекулы как некоторые индивидуальности, или можем их считать все тождественными? Эти два способа рассмотрения приводят к различным результатам, причём результаты с отказом от индивидуализации атомов или молекул лучше отражают свойства вещества. Замечание Гиббса **о тождественности и индивидуализации частиц вещества** осталось незамеченным, и возникла новая статистика, предложенная индийским физиком Шатьендранатом **Бозе** (1894-1974) (он работал у Марии Складовской-Кюри в Париже в 1924-1925 гг.) и развитая Эйнштейном, которая исходила из этой же точки зрения. В книге «Статистическая термодинамика» имеется такой параграф «Крах классической статистики и парадокс Гиббса».<sup>1</sup>

Широкое распространение идей Гиббса в России относится к временам, когда о Гиббсе стали писать **Д.И. Менделеев** (1834-1907), **И.А. Каблуков** (1849-1919), **Д.П. Коновалов** (1856-1929), **Н.С. Курнаков** (1860-1941) и другие русские учёные. Перевод

---

<sup>1</sup> Результаты, описанные Эйнштейном в статьях «Кинетическая теория теплового равновесия и второго начала термодинамики», «Теория основ термодинамики» и «К общей молекулярной теории теплоты» и полученные Эйнштейном независимо от Гиббса, о работах которого он в то время не знал.

Американский учёный Норберт **Винер** (1894-1964) [Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. – М.: Советское радио, 1968. – с. 97.] связывает несводимость Гиббса и Лебега с тем, что один работал в США, а другой во Франции над перепересекающимися областями знаний, статистической механикой и теорией интегрирования.

В «Замечаниях к работам П.Герца» «О механических основах термодинамики» Эйнштейн пишет: «Замечу только, что, по-моему, следует предпочесть предложенный Гиббсом в его книге путь, исходным пунктом которого является канонический ансамбль. Если бы книга Гиббса была мне известна в то время, я вообще не стал публиковать упомянутые работы, а ограничился бы рассмотрением некоторых частных вопросов» (Эйнштейн А. Собрание научных трудов. В 4-х т. – М.: Наука, 1966. – Т. 3. – § 3, § 4, § 5 и § 28. – С. 34, 50, 67 и 252.)

трудов Гиббса начался с 1939 г. [1-4]. Биографический очерк и полный список научных трудов Гиббса опубликован на русском языке в 1964 г. [5].

#### Увековечение памяти Гиббса в России.

В связи со столетием со дня рождения Гиббса была опубликована статья «Метод геометрического изображения термодинамических свойств веществ при помощи поверхностей» в «Успехах физических наук» и в том же номере журнала была напечатана речь **П.А.Ребиндера** на торжественном собрании, посвящённом этой дате [6]. В том же году журнал «Успехи химии» опубликовал перевод автореферата работы «Равновесие гетерогенных веществ» с обширными примечаниями **В.К.Семенченко** [7], см. также его статью к 50-летию со дня смерти Гиббса [8].

**Отделение химии и наук о материалах Российской Академии наук (РАН) в рамках Международной конференции аспирантов и студентов «Ломоносов 2003» по секции «Фундаментальное материаловедение» отдельным заседанием Факультета наук о материалах Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова провело научную сессию памяти Гиббса (28 апреля 2003 г.).**

**Национальный комитет по численным данным для науки и техники при Президиуме РАН, Научный совет РАН по комплексной проблеме «Теплофизика и теплоэнергетика», Московский энергетический институт (технический университет) и Институт высоких температур РАН также отметили знаменательную дату (29 апреля 2003 г.).**

На родине Гиббса, в современной Америке, пользуются термодинамическими методами, гораздо более несовершенными, чем методы Гиббса. Он является субъектом гордости и популярности, он имеет больше культовый статус. В России и Европе значение работ Гиббса оценено гораздо глубже. При жизни Гиббса его работы вышли только в немецком переводе Оствальда (1892 г.) и во французском переводе Ле Шателье (1899 г.).

Термодинамика Гиббса очень проста и очень сложна. Проста она потому, что Гиббсу удалось найти наиболее компактные и изящные соотношения. **«Одной из основных задач теоретического исследования в любой области знания, – писал Гиббс, – является установление такой точки зрения, с которой объект исследования проявляется с наибольшей простотой».** Сложна же она из-за того, что термодинамика Гиббса есть обширная, но цельная система, требующая единства её восприятия без отвлечения от отдельных её положений. Дилетантский подход к изучению Гиббса невозможен. Гиббс писал весьма конспективно и трудным языком.

Многие положения теории Гиббса были прояснены в более поздних исследованиях и для их прояснения были найдены эффективные логические приёмы.



Несмотря на обширность и мощь работ Гиббса, они оставили ряд проблем, которые были разработаны значительно позже. Термодинамика Гиббса – это термодинамика открытых систем, термодинамика же закрытых и частично открытых систем стала разрабатываться позднее.

Огромная заслуга Гиббса заключается в том, что он разработал статистические методы, которые позволяют находить статистические средние, совпадающие со значением средних по времени.<sup>2</sup>

Для формулировки основных постулатов Гиббс ввёл понятие *ансамбля*. Ансамблем называют большое число систем, которые имеют одинаковые значения свойств, соответствующие определенному термодинамическому состоянию данной системы, но находятся в различных квантовых состояниях. Ансамбли, соответствующие изолированным системам, называют *микроскопическими*; ансамбли, представляющие собой замкнутые изотермические системы, – *каноническими*. Открытые системы (с переменным числом частиц вещества) соответствуют *большому каноническому ансамблю*.

Позднее **Н.С.Крыловым** (1917-1947) был дан глубокий физико-математический анализ понятия энтропии, основанный на учёте взаимодействия частиц ( $f$ ), на идее нормированного топологического пространства ( $L_2$ ) и связанного с ним понятия вероятности ( $P_k$ ), на идее времени релаксации ( $\tau$ ) и размешивания ( $\sigma$ ), в результате которого эргодические системы являются частным случаем.<sup>3</sup> Понятие вероятности по Крылову ( $P_k$ ) базируется на понятие меры Анри **Лебега** (1875-1941), появившееся только в 1903 году, когда Гиббса уже не было в живых. Трактовка вероятности Крыловым ( $P_k$ ) является фундаментальной поскольку сходится с трактовкой вероятности **А.Н.Колмогорова** (1903-1987).<sup>4</sup> Сочетание величин  $f$ ,  $P_k$  и  $\tau$  позволило обосновать идею размешивания  $\sigma$ . Понятие размешивание приводит к рассмотрению геодезических поверхностей с помощью инструментария тензорного анализа. Из работ французского математика Эли **Картана** (1869-1951) по изучению пфаффовых форм (по имени немецкого

---

<sup>2</sup> Залевски К. Феноменологическая и статистическая термодинамика. Краткий курс лекций. / Перевод с польского Н.Г.Рябцева. Под редакцией Л.А.Серафимова. – М.: Мир, 1973. – 168 с. См. Дополнение к русскому изданию «Метод ансамблей Гиббса», стр. 148-164.

<sup>3</sup> Крылов Н.С. Работы по обоснованию статистической физики. – М.-Л.: Наука, 1950. – 208 с.

<sup>4</sup> Колмогоров А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Сборник статей. – М.: Наука, 1986. – 534 с.

математика Иоганна **Пфаффа** – 1765-1825) также следуют идентичные математические вхождения в тензорный анализ.<sup>5</sup>

Одновременное рассмотрение  $P_k$  и  $\tau$  может служить введением определения вероятностной сути времени релаксации. Глубокое понимание  $P_k$  и  $\tau$  делает ясным причины ошибок Гиббса и Пуанкаре по грубой и тонкой энтропии.<sup>6</sup> Если оба, анализируя энтропию для газов (микромир) и для планет (макромир), то Н.С.Крылов обосновал статистическую природу времени в обоих мирах. Здесь налицо равномасштабность трёх гигантов научной мысли.

К настоящему времени написаны обстоятельные монографии. Но интересная деталь: ни одна из них не перекрывает полностью оригинальные работы Гиббса. Всё ещё остаётся ряд вопросов, обсуждение которых нигде и никем, кроме Гиббса, не проводилось. Работа Гиббса служит источником идей и вдохновения для новых поколений исследователей, а подчас и источником неожиданных открытий.

Пародокс Гиббса. Подробно вопрос рассмотрен Б.М.Кедровым [9].

Принцип Ле Шателье-Брауна. Строгое доказательство принципа (см. работу А.И.Русинова и М.М.Шульца [10]) и исправление неточностей в переводе трудов Гиббса находим в работах А.М.Тойка [11-13].

Теория капиллярности. Показано, что условия Остроградского-Эйлера и трансверсальности тождественны равенству Лапласа и условиям на контуре мениска (равенства Юнга) [14]. Развита работа для закрытых и частично открытых систем [15].

Теория диаграмм состояния. Выведены новые типы диаграммы состояния [16, 17], определён темп кристаллизации [18] и проанализировано относительное положение линий фазового равновесия [19].

Исследование предельных случаев критических и высокочистых состояний. Из общих воззрений на процессы разделения и очистки следует, что получение абсолютно чистого вещества невозможно, поскольку для этого требуются бесконечно большие затраты энергии. Это подтверждается практикой химико-металлургической очистки веществ. Выражение для полезной работы разделения и очистки выводится из

---

<sup>5</sup> Картан Э. Избранные труды. Пер. с фр. Под ред. А.Б.Сосинского. – М.: МЦНОМ, 1998. – 391 с.

<sup>6</sup> Пуанкаре А. Избранные труды. В 3-х т. / Пер. под ред. Н.Н.Боголюбова. 1971-1974. – Т. 3. Математика. Теоретическая физика. Анализ математических и естественнонаучных работ Анри Пуанкаре. – М.: Наука, 1974. – 769 с.

рассмотрения так называемого **идеального каскада** [по Нобелевскому лауреату Гаролду Клейтону **Юри** (1893-1981) (Англия, 1939 г.), Дираку и Пейерлсу (Англия, 1940 г.), Коэну и Каплану (США, 1941 г.)], занимавшимся разделением радиоактивных изотопов, и приводит к представлению о так называемом **разделительном потенциале**. Величина полезной работы разделения, оцениваемая термодинамически и по разделительному потенциалу, отличается. Это отличие следует из термодинамических представлений о совершенной диафрагме («демоны Максвелла») и из записи Гиббсом уравнения химического потенциала на основании предполагаемого сходства в поведении производных для зависимостей **давления, температуры и химического потенциала (функции!) от концентрации (аргументы!)**. Абсолютно чистое вещество предполагалось существующим. Таким образом, противоречие теории и практики обнаруживается, может быть сформулировано и требует преодоления. Опережая рассмотрение, можно выдвинуть гипотезу о необходимости для обхода противоречия (но не для его преодоления) записывать термодинамическое уравнение химического потенциала через относительные концентрации, сохраняя форму зависимости и лишь заменяя ими абсолютные концентрации.

Заслуживает внимания **факт «квантуемости» физико-химических систем по признаку их компонентности (N)**. Непрерывность перехода  $(N - 1) \Leftrightarrow N \Leftrightarrow (N + 1)$  нарушается разрывами, которые заслуживают всестороннего обсуждения. По мере приближения к «ординате химического индивида» идеальная модель «разбавленного раствора» всё меньше оправдывается по двум причинам. Одна из них – это ограниченная чувствительность и точность аналитических методов (практическая причина), другая – теоретическая причина, которую следовало бы определить как **ПОСТУЛАТ «повсеместного присутствия химических элементов»** и как **ТЕОРЕМУ «недостижимости полного разделения смеси химических веществ»** или **«недостижимости абсолютной химической чистоты веществ»**. [По аналогии: основоположника квантовой теории Планка и основоположника современной физической химии Нернста, соответственно, внесших в науку постулат и теорему о недостижимости абсолютного нуля температуры].

Термодинамическая система должна рассматриваться цельной и единой.

Учтём в изобарно-изотермическом потенциале (свободная энергия Гиббса – G) механическую (барическую), тепловую (температурную) и химическую составляющие:

$$i = N$$

$$dG = dG_{\text{мех}} + dG_{\text{тепл}} + dG_{\text{хим}} = V dP - S dT + \sum_{i=1} x_i d\mu_i.$$

$$i = 1$$

Здесь:  $dG_{\text{мех}}$ ,  $dG_{\text{тепл}}$  и  $dG_{\text{хим}}$  – механическая, тепловая и химическая составляющие потенциала,  $V$  и  $P$  – объём и давление,  $S$  и  $T$  – энтропия и температура,  $\mu_i$  и  $x_i$  – химический потенциал компонента  $i$  и его мольная доля. Обращаем внимание, что  $dP$ ,  $dT$  и  $d\mu$  – факторы интенсивности (напряжённости энергии), а  $V$ ,  $S$  и  $x_i$  – факторы экстенсивности (проявления энергии).

Усматриваем симметрию предельных изменений параметров:

$V \Rightarrow \infty$  $P \Rightarrow 0$	<p>Эта граница механической составляющей может быть определена уравнением идеального газа Менделеева-Клапейрона: <math>pV = RT</math>.</p>
$V \Rightarrow 0$  $P \Rightarrow \infty$	<p>Эта граница механической составляющей может быть определена теорией сверхсжатия и критических состояний. Кинетические затруднения не позволяют реализовать процессы, разрешённые I и II началами термодинамики. По уравнению Клаузиуса-Клапейрона <math>\Delta H = T \Delta V (dP/dT)</math>, где <math>\Delta H</math> – изменение энтальпии, при <math>\Delta H \Rightarrow 0</math> и <math>\Delta V \Rightarrow 0</math> имеем <math>(dP/dT) \Rightarrow 0/0</math> (т.е. неопределённость) и возможен гиперкритический переход. Этот вопрос подробно рассмотрен академиком И.И.Новиковым [20-23].</p>
$S \Rightarrow 0$  $T \Rightarrow 0$	<p>Эта граница тепловой составляющей может быть определена постулатом Планка (теоремой Нернста):</p> $\lim_{T \Rightarrow 0} (\partial G / \partial T) = \lim_{T \Rightarrow 0} (\partial H / \partial T) = 0 \text{ и } \lim_{T \Rightarrow 0} (\partial G / \partial T) = \lim_{T \Rightarrow 0} (S) = \lim_{T \Rightarrow 0} (C) = 0,$ <p>где <math>C</math> – теплоёмкость. Ряд термодинамических свойств конденсированных систем <math>\{G, F</math> – изохорно-изотермический потенциал (свободная энергия Гельмгольца), <math>H, U</math> – внутренняя энергия, <math>S, C</math> и др.<math>\}</math> вблизи абсолютного нуля температуры перестают зависеть от температуры, из-за чего достижение абсолютного нуля в определённом</p>

	смысле становится невозможным.
$S \Rightarrow \infty$ $T \Rightarrow \infty$	Эта граница тепловой составляющей может быть определена поведением систем при высоких температурах (теорией плазменного состояния вещества). Как и при $S \Rightarrow 0$ и $T \Rightarrow 0$ значительно возрастает вклад электронной составляющей теплоёмкости.
$i = N$ $(\sum_{i=2}^N x_i) \Rightarrow 0 \quad (x_1 \Rightarrow 1)$ $i = 2$ $(\mu_1 \Rightarrow -\infty)$  и  $i = N$ $(\sum_{i=2}^N x_i) \Rightarrow 1 \quad (x_1 \Rightarrow 0)$ $i = 2$  $(\mu_1 \Rightarrow +\infty)$	Эта граница изменения химической составляющей может быть определена постулатом повсеместного присутствия химических элементов (теоремой недостижимости абсолютной чистоты вещества):  $\lim_{\substack{i=N \\ \sum_{i=2}^N x_i \Rightarrow 0}} (\partial G / \partial \sum_{i=2}^N x_i) = \lim_{\substack{i=N \\ \sum_{i=2}^N x_i \Rightarrow 0}} (\partial H / \partial \sum_{i=2}^N x_i) = -\infty$  Так как $d \sum_{i=2}^N x_i = -dx_1$ , то $\lim_{x_1 \Rightarrow 1} (\partial G / \partial x_1) = \lim_{x_1 \Rightarrow 1} (\partial H / \partial x_1) = +\infty$

Этот вопрос подробно рассмотрен [24-27].

Дальнейшие рассуждения показывают, что «эффект квантуемости» кажущийся и исчезает при записи химических потенциалов через относительные концентрации, заменяя ими абсолютные концентрации. С привлечением теории информации возможно обоснование этого положения. Статистическая энтропия (информационная, если использовать  $\log_2$ )

$$S_{\text{стат}} = \sum_{i=1}^{i=N} x_i \ln x_i$$

и термодинамическая энтропия  $S_{\text{терм}}$  взаимосвязаны соотношением Больцмана-Шеннона:

$$S_{\text{терм}} = k S_{\text{стат}},$$

где  $k$  – постоянная Больцмана. Используя оценку полезной энергии (и работы) разделения (и смешения) энтропией  $S_{\text{терм}}$  и разделительным потенциалом  $\Phi = (2x_i - 1) \ln(x_i / (1 - x_i))$  (функция ценности), получаем различающийся результат:

$$\begin{aligned} A_{\Phi} - A &= \sum_{j=1}^{j=M} M_j \sum_{i=1}^{i=N} (2x_i - 1) \ln(x_i / (1 - x_i)) - M^0 \sum_{i=1}^{i=N} (2x_i^0 - 1) \ln(x_i^0 / (1 - x_i^0)) - \\ &\quad - (\sum_{j=1}^{j=M} M_j \sum_{i=1}^{i=N} x_i \ln x_i - M^0 \sum_{i=1}^{i=N} x_i^0 \ln x_i^0) = \\ &= M^0 \sum_{i=1}^{i=N} x_i^0 \ln(1 - x_i^0) - \sum_{j=1}^{j=M} M_j \sum_{i=1}^{i=N} x_i \ln(1 - x_i). \end{aligned}$$

Здесь:  $M_j$  и  $M^0$  – масса фракций и загрузки,  $x_i$  и  $x_i^0$  – исходная и конечная концентрации компонентов (мольные доли) и  $j$  и  $i$  – число фракций и компонентов.

Эта разность стремится к бесконечности при  $x_i \Rightarrow 1$ . Другими словами, оба критерия ( $A_{\Phi}$  и  $A$ ) сильно расходятся при оценке работы разделения в области малых концентраций. Противоречие, с которым мы сталкиваемся, в теории разделения и очистки, может быть сформулировано как конечность термодинамически оцениваемой энергии (и работы) разделения и очистки и её бесконечность, что совпадает с рыночной зависимостью цены от чистоты веществ. Это противоречие прогрессирует в области малых концентраций и допускает трактовку в терминах теории информации.

Исследование базы надёжности микро- и наноэлектронных изделий, работающих на Земле и в Космосе. Развитие своих идей Гиббс подтолкнул сам. В предисловии к «Основным принципам...» [4, с. 352-353] он пишет: «... что теорию свойств веществ, теорию молекулярного взаимодействия, которая бы охватила явления термодинамики, излучения и электрические явления и другие тайны мироздания, он не затрагивает, и признаёт неполноценность всякой теории, не учитывающей это».

В.К.Семенченко [3, с. 000-000] считает, что изменение изобарно-изотермического потенциала или свободной энергии Гиббса –  $G$  – всегда равно работе, совершаемой

системой при данных условиях. Поэтому, вводя наряду с давлением (P) другие возможные силы, он записывает полное фундаментальное уравнение Гиббса. Например, напряжённость электрического (E) и магнитного (H) поля, и соответствующие им координаты – электрическую (P<sub>эл</sub>) и магнитную (P<sub>магн</sub>) поляризацию:

$$dG = dG_{\text{мех}} + dG_{\text{тепл}} + dG_{\text{эл}} + dG_{\text{магн}} + dG_{\text{хим}} =$$

$$= V dP - S dT + P_{\text{эл}} dE + P_{\text{магн}} dH + \sum_{i=1}^{i=N} x_i d\mu_i.$$

Это уравнение Семенченко допускает расширительное применение уравнения Гиббса для адиабатического размагничивания при получении сверхнизких температур. Однако Гиббсом не найдено явной функциональной зависимости термодинамического потенциала G от термодинамических переменных P, T, E, H и  $\mu_i$ , в виде полого дифференциала (пфаффовской формы). Но в работах Гиббса удаётся найти выражение для изохорно-изотермического потенциала (или свободной энергии Гельмгольца – F) («силовая функция» – по Гиббсу), т.е. термодинамический потенциал в функции переменных V, S, P<sub>эл</sub>, P<sub>магн</sub> и X<sub>i</sub>.

В теории надёжности современной электроники найдут применение оба уравнения. В особенности для космического применения. Целесообразно использовать уравнения, учитывающие влияние солнечных и галактических лучей в Космосе, т.е. учение Гиббса о сортах частиц и статистику этих частиц (статистику Бозе-Эйнштейна).

\*

Работы Гиббса сохранили значение до настоящего времени. Мы изучаем их не ради только исторического интереса, но потому, что из огромного количества выводов, которые они содержат или намечают, использована только небольшая часть, а большая часть драгоценного материала, ещё не разработанного, ждёт исследователей, которые использовали бы его, чтобы дать миру новые замечательные труды, достойные великой памяти Гиббса.

## ЛИТЕРАТУРА

**1. Гиббс Дж.В.** Метод геометрического изображения термодинамических свойств веществ при помощи поверхностей. Пер. с англ. Э.П.Шубина. Под. ред. и с примеч. Н.В.Астахова. // Успехи физических наук. – 1939. – Т. 21. – Вып. 4. – С. 382-407.

**2. Гиббс Дж.В.** Основные принципы статистической механики, излагаемые со специальным применением к рациональному обоснованию термодинамики. Пер. с англ. К.В.Никольского. – М.-Л.: Гостехиздат, 1946. – 203 с. [Серия «Классики естествознания».]

**3. Гиббс Дж.В.** Термодинамические работы. Пер. с англ. Под ред. (со вступительной статьёй и примечаниями) проф. В.К.Семенченко. – М.-Л.: Гостехиздат, 1950. – 492 с.

**4. Гиббс Дж.В.** Термодинамика. Статистическая механика. Пер. с англ. В.Г.Панкратова и М.Ю.Новикова с биографическим очерком Гиббса У.И.Франкфурта и обзором научного творчества Гиббса Д.Н.Зубарева. – М.: Наука, 1982. – 584 с. [Серия «Классики науки».]

**5. Франкфурт У.И. и Фрэнк А.И.** Джозайя Виллард Гиббс (1839-1903). М.: Наука, 1967. – 279 с.

**6. Ребиндер П.А.** Джошиа Виллард Гиббс. // Успехи физических наук. – 1939. – Т. 21. – Вып. 4. – С. 377-381.

**7. Семенченко В.К.** Работы Гиббса по статистической механике. // Успехи химии. – 1939. – Т. 8. – Вып. 5. – С. 625-672 и 673-686.

**8. Семенченко В.К.** Д.В.Гиббс и его основные работы по термодинамике и статистической механике (к 50-летию со дня смерти). // Успехи химии. – 1953. – Т. 22. – Вып. 10. – С. 1278-1284.

**9. Кедров Б.М.** Три аспекта атомистики. I. Парадокс Гиббса. Логический аспект. II. Учение Дальтона. Исторический аспект. III. Закон Менделеева. Логико-исторический аспект. – М.: Наука, 1969. – 294, 307 и 307 сс.

**10. Русинов А.И. и Шульц М.М.** О сокращённом принципе Ле Шателье-Брауна. // Вестник ЛГУ. Серия физики и химии. – 1960. – № 4. – С. 60-65.



**11. Тойкка А.М. и Сусарев М.П.** Принцип Ле Шателье-Брауна и взаимосвязь между несопряжёнными термодинамическими параметрами. // Журнал физической химии. – 1976. – Т. 50. – № 8. – С. 1929-1931.

**12. Тойкка А.М.** Некоторые формулировки принципа Ле Шателье – Брауна. // Журнал физической химии. – 1990. – Т. 64. – №.11. – С. 2557-2559.

**13. Toikka A.M. and Jenkins J.D.** Conditions of thermodynamic equilibrium and stability as a basis for the practical calculation of vapour-liquid equilibria. // Chemical engineering journal. – 2002. – Vol. 89. – P. 1-27.

**14. Вигдорович В.Н. и Вольпян А.Е.** К применению термодинамического метода в теории капиллярности. – В сб.: Поверхностные явления в металлургических процессах (Труды межвузовской конференции), с. 70-73. – М.: Металлургия, 1963. – 268 с.

**15. 100 лет теории капиллярности Гиббса.** / Под ред. А.И.Русинова. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. – 210 с.

**16. Крестовников А.Н. и Вигдорович В.Н.** Рассмотрение особого случая, при котором возможны новые типы диаграмм состояния двухкомпонентных систем. // Журнал физической химии. – 1957. – Т. 31. – № 6. – С. 1345-1351.

**17. Вигдорович В.Н.** О непрерывном переходе диаграмм состояния двухкомпонентных систем синтектического типа к диаграммам состояния с дистектической точкой (при изменении давления). // Журнал физической химии. – 1962. – Т. 36. – № 2. – С. 332-335.

**18. Вигдорович В.Н., Розин К.М. и Крестовников А.Н.** Исследование темпа (интенсивности) кристаллизации фазовых превращений. // Журнал физической химии. – 1961. – Т. 35. – № 8. – С. 1752-1758.

**19. Вигдорович В.Н. и Крестовников А.Н.** Об относительном расположении линий фазовых равновесий на диаграммах состояния двухкомпонентных систем. // Журнал физической химии. – 1960. – Т. 34. – № 9. – С. 1991-1995.

**20. Новиков И.И.** Особые состояния вещества и их классификация. // Теплофизика высоких температур. – 1997. – Т. 35. – № 4. – С. 670-673.

**21. Новиков И.И.** Критическая точка : Теория и эксперимент. // Теплофизика высоких температур. – 2001. – Т. 39. – № 1. – С. 47-52.

**22. Новиков И.И.** Свойства вещества в критической области (теория и эксперимент). // Теплофизика высоких температур. – 2001. – Т. 39. – № 3. – С. 400-404.

**23. Новиков И.И.** Уравнение Гиббса для критических фаз – основа общей теории критических явлений. – В сб.: Материалы X Российской конференции по теплофизическим свойствам веществ, с. 30-33. – Казань: Бутлеровские сообщения, 2002. – 345 с.

**24. Ноддак Ида.** О повсеместном присутствии химических элементов. Пер. с нем. под ред. Б.М.Беркенгейм. // Успехи химии. – 1937. – Т. 6. – № 3. – С. 380-393.

**25. Нисельсон Л.А.** Физико-химические основы получения высокочистых вещества. // Высокочистые вещества. – 1991. – № 4. – С. 14-30.

**26. Вигдорович В.Н., Вольпян А.Е. и Нисельсон Л.А.** К термодинамике разделения и смешения веществ в области малых концентраций. – В сб.: Материалы Всесоюзного совещания по методам получения особо чистых веществ (30 марта – 1 апреля 1965 года), с. 40-47. – М.: Изд-во НИИ ТЭХИМ, 1967. – 280 с.

**27. Нисельсон Л.А. и Вигдорович В.Н.** Энтропия и информация как показатель процессов разделения веществ. – В сб.: Материалы Всесоюзного совещания по методам получения особо чистых веществ (30 марта – 1 апреля 1965 года), с. 48-54. – М.: Изд-во НИИ ТЭХИМ, 1967. – 280 с.

## Синергетика и процессы развития социальных систем

Фоменко Вячеслав, профессор



«Самая большая беда для науки превратиться в моду

С.Цвейг

Развитие точных наук всегда было примером как для естественных, так и, особенно, для общественных наук. Поэтому не прекращались усилия по приложению идей и методов точных наук к экономическим, социальным, экологическим и другим общественным проблемам, что порождало так называемые междисциплинарные исследования и науки (наиболее яркий пример – кибернетика). Ожидалось, что можно алгеброй познать музыку, и достичь той же строгости и предсказательности, которые достигнуты в физике и математике. Но, несмотря на определённые успехи на этом пути, приходило понимание, что эти проблемы обладают слишком высоким уровнем сложности, чтобы получить удовлетворительные абстрактные модели. Казалось, единственным препятствием являются чисто математические трудности, которые со временем будут преодолены, особенно с применением компьютеров, методов кибернетики. Но «берег точности» всё отодвигался.

Каждому историческому периоду в развитии науки свойственны свои специфические идеалы научного знания и методологические подходы к осмыслению действительности. В науке Нового Времени - классической науке - идеалами научного знания служили простота, линейность, исключение неопределенности. Классический, господствующий по сей день подход к управлению сложноорганизованными системами основывается на линейном представлении об их функционировании. Согласно этому представлению результат внешнего управляющего воздействия есть однозначное и линейное, предсказуемое следствие приложенных усилий. Чем больше вкладываешь, тем больше должна быть отдача.

В конце XX века стало ясно, что не только в общественных системах, но и в областях, традиционно относимых к физике и математике, имеются процессы и явления, демонстрирующие весьма сложное, принципиально **непредсказуемое поведение**, что в Природе нет места «лапласовскому детерминизму». В существенной части этому

пониманию способствовали исследования по неравновесной термодинамике, нелинейным системам, теории «детерминированного» хаоса, теории катастроф, фракталам, теории систем и др. В результате родилось новое междисциплинарное направление (наука), получившее название **синергетика**.

Если искать предельно краткую характеристику синергетики как новой научной парадигмы, то такая характеристика включила бы в себя четыре основные идеи: **нелинейность, открытость, диссипативность, самоорганизация**.

**Открытость** - это наличие внешних источников как необходимое условие существования неравновесных состояний, в противоположность замкнутой системе, неизбежно стремящейся, в соответствии со вторым началом термодинамики, к однородному равновесному состоянию.

**Диссипативность** является фактором "естественного отбора", разрушающим все, что не отвечает тенденциям развития; это "молоток скульптора", которым тот отсекает все лишнее от глыбы камня, создавая скульптуру.

**Нелинейность** это необычная реакция на внешние воздействия, когда "правильное" воздействие оказывает влияние на эволюцию системы большее, чем воздействие более сильное, но не адекватно организованное ее собственным тенденциям.

Представляется вероятным, что именно нелинейные открытые диссипативные системы лежат в основе большинства физических, биологических, социальных явлений. Не случайно многие общие принципы эволюции можно отнести к самым различным объектам живой и неживой природы. Это и регенерация (восстановление собственной структуры, нарушенной внешним воздействием), и морфогенез, сопровождаемый своеобразным "дефектом массы", обуславливающим большую эффективность одних структур по сравнению с другими.

Научная картина мира включает в себя принцип единства, проявляющийся в существовании законов, справедливых для самых разнообразных уровней существования, от микромира до Метагалактики, от неживой природы до человека и общества. В классической науке такими законами были, например, закон сохранения энергии, второе начало термодинамики... В современной пост-классической науке ими могут стать **законы коэволюции** нелинейных открытых диссипативных систем.

В настоящее время общество, человечество является одной из наиболее сложных самоорганизующихся систем. Необходимость рассмотрения человечества как единой системы признается сегодня большинством демографов и социологов. Однако системное поведение было свойственно человечеству практически с момента возникновения. Это подтверждается тем фактом, что закон роста населения Земли оставался неизменным в течение миллионов лет, а отклонения от него были кратковременны и невелики. Социальные, экологические, демографические исследования показывают, что **человечество вступило сейчас в период глобального кризиса (5)**. Рост населения Земли происходит в рутинном режиме с обострением, причем момент обострения оценивается примерно 2025 годом. Это означает, что закон роста должен неизбежно смениться новым законом в течение ближайших десятилетий.

Экологические, энергетические, экономические, социальные, политические кризисы, наблюдаемые сейчас в мире - это разные проявления всеобщего глобального кризиса, связанного, в частности, **со сверхбыстрым ростом человечества в преддверии момента обострения**. Поэтому сейчас как никогда стоит вопрос о постановке и решении глобальных проблем, порожденных кризисом.

Человек находится в состоянии смятения перед феноменом сложного. Как ориентироваться в современном сложном и нестабильном мире? Как понять **границы предсказуемости и принципиальной непредсказуемости сложных систем**? Какова природа сложного, и каковы законы его развития? Ситуация ожиданий и забот сегодняшнего времени затрагивает каждого из нас. Как вывести общество из тисков социального кризиса и поставить его на путь цивилизованного прогресса? Каковы условия быстрого экономического роста? Как избежать нависших над человечеством катастроф, угрожающих самому его существованию?

### **Что же даёт синергетика для решения этих проблем?**

Синергетика в ее нынешнем виде, конечно, еще далеко не во всех случаях способна стать основой для конкретных и действенных моделей выхода из кризисных ситуаций. Но с позиций синергетики открываются возможности поиска **универсальных принципов самоорганизации и коэволюции сложных систем**. А такого рода знание исключительно важно для конкретного моделирования эволюционных процессов и катастрофических ситуаций в экономике и экологии, в политике и социальной сфере.

Можно считать, что характерным состоянием общественно-социальной системы являются неравновесность, нестабильность, колебания между хаосом и порядком, организацией и дезорганизацией, а ключевыми параметрами те, которые характеризуют неравновесность, дифференциацию, неустойчивость, разнородность. В этой связи порождаются экономическое и социальное неравенство, конфликты и противостояния самого разного характера.

Такая картина - не для слабых, но для сильных, обладающих здравым смыслом и пробивными способностями. Это **мир перманентного социального неравенства** (в социальном и экономическом положении, способностях, опыте, возможностях, общественном признании и др.). Такая дифференциация, собственно, и **порождает динамику развития общества** не только в силу материально-природных ограничений, но и в силу синергетических законов процессов в обществе как системе. В этом контексте **утопические идеи уничтожения социального, общественного неравенства** могут привести к хаосу и смерти общества.

Существование и не единственность структур-аттракторов, своеобразных "целей" эволюции системы ставит вопрос об отыскании спектра этих С-аттракторов и их областей притяжения. Нужно понимать механизмы самоорганизации сложной системы. Существенную роль играет здесь хаос, "свобода воли", неупорядоченное поведение на микроуровне, приводящее к появлению на макроуровне диссипативных процессов. Именно **диссипативные процессы объединяют составные части системы в единое целое**, способствуют их совместному развитию. Это - передача информации, миграции людей, это распространение болезней и рыночные отношения. Без таких явлений каждая часть системы замыкается на себя, выпадает из общей структуры.

Необходимо целенаправленное управление процессом развития как человечества в целом, так и отдельных стран. Популярное мнение о том, что одни только внутренние механизмы системы (например, рынок) "вынесут" нас к устойчивому конечному состоянию, не учитывает, что **такое состояние не единственно**. На какую именно структуру-аттрактор вынесет нас эволюция? Не исключено, что это будет состояние полного хаоса, анархии, или напротив, жесткий авторитарный режим. Чтобы этого не произошло, надо знать, какие структуры можно построить на среде, которую представляет собой современное общество.

Нужно выявить тенденции системы, отвечающие стремлениям и потребностям человека и общества, и целенаправленно развивать их, а

**не тратить средства, ресурсы, энергию на создание структуры, чуждой среде, неизбежно подверженной разрушению.**

Очень важно учесть также текущее состояние системы. Одна и та же система при различных начальных условиях может проявлять совершенно разные, даже противоположные тенденции развития, стремиться к различным "целям" - С-аттракторам, и действовать в одном случае по аналогии с другим неэффективно или даже бессмысленно. Поэтому нельзя, например, непосредственно переносить опыт развития западных стран на израильскую или российскую "среду", слишком различны начальные условия (а возможно, и сами среды).

Еще сложнее изменить путь эволюции у системы, уже приблизившейся к асимптотической стадии развития, к своему С-аттрактору. Пороговость воздействия играет здесь первостепенную роль. **Прежний С-аттрактор "не отпускает" систему, и нужно приложить существенные усилия, чтобы преодолеть существующие тенденции, выйти из его области притяжения** (пожалуй, ярким примером является борьба с палестинским террором – терракт-реакция Израиля - терракт...).

**Длительное, но слишком слабое или неправильное топологически воздействие будет лишь пустой тратой времени и энергии, система вновь вернется на прежний путь.**

Темп развития цивилизации вблизи момента обострения настолько велик, что микроскопические случайности выходят на макроуровень. Небольшая группа террористов в состоянии поставить под угрозу существование всего человечества, не говоря уже о политике целых государств.

В этой ситуации человечество неизбежно должно знать и использовать принципы коэволюции сложных систем, законы их сосуществования и совместного развития. Прежде всего, **нужно отказаться от принципа выравнивания, "гомогенизации" системы.** В сложную структуру могут объединяться структуры самого разного уровня развития.

Что же делать, как избежать распада, как активизировать механизмы "релаксации", продлевающие жизнь системы?

Для этого нужно поднять уровень сложности, степень нелинейности среды.

Такого рода "воспитание среды" также часто встречается в самоорганизующихся системах. Не этим ли занимаются люди каждый

день, воспитывая своих детей? Если уподобить мозг ребенка *tabula rasa*, чистой странице, то воспитание есть не просто заполнение ее знаниями и умениями, но, прежде всего совершенствование самого материала этой страницы с тем, чтобы она самостоятельно могла рождать идеи и представления, строить на своей среде модели внутреннего и окружающего мира.

В отношении человеческой цивилизации это можно проиллюстрировать другим примером. Согласно теории роста населения Земли, предложенной С.П.Капицей, в течение длительного периода скорость роста была пропорциональна квадрату числа людей. Это означает, что главную роль в развитии человеческой цивилизации играли парные контакты между людьми: мужчина - женщина, правитель - правитель, ученик - учитель, слуга - господин...

Следствием этого был гиперболический закон роста  $N = C / (T_0 - T)$  с моментом обострения  $T_0$  около 2025 года.

На протяжении 6 миллионов лет человеческой истории были выделены 11 периодов замедления и ускорения развития человечества. Эти колебания могут быть обусловлены наличием в модели эволюции человеческой цивилизации нелинейных диссипативных факторов. Однако период колебаний сокращался с приближением к моменту обострения, что указывает на недостаточно сильную степень нелинейности системы.

Различные сценарии перехода через момент обострения и прогнозы дальнейшего развития человечества предполагают существенное замедление роста (или даже уменьшение численности людей), но не дают ответа на вопрос о дальнейших тенденциях системного поведения, сохранявшегося до этого в течение миллионов лет.

Однако, возможно, вопрос надо ставить не об эволюции системного поведения, **а об изменении самой системы**, которую представляет собой человеческая цивилизация. Информационное общество, формирующееся в течение последних десятилетий, коренным образом изменило характер взаимоотношений между людьми. Парные взаимодействия еще играют существенную роль, однако на смену им идут взаимодействия коллективные, когда благодаря средствам массовой информации, компьютерным сетям, новейшим средствам связи и транспорта в общении могут принимать участие десятки и сотни людей.

Это ведет к существенному увеличению степени нелинейности системы, и переход к новым соотношениям между источником и



диссипацией, между производством и распространением информации, материальных ценностей, людей, по-видимому, и представляет собой сущность нынешнего переломного периода в развитии человечества.

Таким образом, применение принципов коэволюции сложных систем, законов развития нелинейных открытых диссипативных сред, правил построения на них сложных эволюционирующих структур, быть может, позволит сформировать новый конструктивный подход к решению глобальных проблем, стоящих перед современной наукой, перед всей человеческой цивилизацией.

В последние годы на Западе быстро развивается так называемая "**наука сложности**" (science of complexity). В настоящее время она не стала еще достаточно строгой дисциплиной, а представляет собой скорее собрание методик, метафор, интеллектуальных приемов и философских взглядов на моделирование и изучение сложных систем. Центральным моментом в этом комплексе является необходимость предсказывать поведение систем, не поддающихся точному описанию и моделированию - например, экономических, социальных, природных.

Последние исследования в области математики показали, что непредсказуемыми могут быть не только "траектории" движения таких сложных систем, которые сложнее, чем моделирующие их системы, но и очень простые системы, действующие по определенным рекуррентным механизмам, например, фракталы. Однако поведение таких систем, оказывается, можно описывать, как пучок вероятных траекторий в фазовом пространстве.

Сложные системы практически всегда ведут себя подобным образом. В зависимости от небольших возмущений их поведение в определенных точках (точках бифуркации) может разветвляться и идти далее по расходящимся ветвям. В случае сложных систем легко доказать, что при любых вычислительных возможностях, доступных при использовании имеющихся в Солнечной системе количества вещества и энергии, **невозможно достичь точности, необходимой для однозначного предсказания их поведения.**

Социальные системы, по всей видимости, ведут себя подобным образом.

В большинстве случаев существует ограниченное количество траекторий, по которым может направляться эволюция системы и предсказание этих траекторий вполне реально.

По всей видимости, большую роль должно сыграть построение структурных, содержательных моделей человеческих сообществ и их

элементов. Практическая роль социологии должна необычайно возрасти в том случае, если она сможет **предсказывать различные варианты** течения социальных процессов в зависимости от поведения общества. Слишком дорого обходятся недостаточно проработанные социальные эксперименты.

Будущее открыто и не единственно, но оно не является произвольным. Существует ограниченный набор возможностей будущего развития; для всякой сложной системы существует дискретный спектр структур-аттракторов ее эволюции. Этот спектр определяется исключительно ее собственными свойствами.

В нелинейных ситуациях нестабильности и ветвления эволюционных путей человек играет решающую роль в выборе наиболее благоприятной – и в то же время осуществимой в данной среде – будущей структуры, одной из спектра возможных структур-аттракторов.

Из-за неизбежных элементов хаоса, флуктуаций, наличия странных аттракторов имеются определенные **границы нашего проникновения в будущее, существует горизонт нашего видения будущего**. В то же время синергетический подход позволяет нам видеть реальные черты будущей организации путём анализа сегодняшних пространственных конфигураций сложных структур, возникающих в определенного типа быстрых эволюционных режимах.

Сориентироваться в изменяющихся социальных ситуациях и приспособиться к каскадам экологических, политических, научных сдвигов в мире – весьма непросто. Это приводит к росту хаотических элементов в общественном сознании и культуре.

Неясно, как жить сегодня и что ожидает нас завтра. Утрачены ориентиры, неясно к чему готовиться и каких моральных правил следует придерживаться в своей деятельности. Остро встает вопрос о том, для чего вообще жить.

Темные глубины сдерживаемых культурой и исторической традицией животных инстинктов начинают диктовать свою естественную политику выживания. Эту стадию усиления неопределенности и хаоса отражают современное искусство, массовая культура, философия.

В настоящей статье мы рассматриваем некоторые ключевые характеристики мышления, ориентированного на будущее. Они, с нашей точки зрения, таковы:

■ рассмотрение множественных возможностей будущего развития, альтернативного будущего, точнее альтернативных перспектив;

■ ориентация не только на желаемое, но также и **на достижимое будущее**. Надо отказаться от попыток достигнуть недостижимого, невозможного в принципе, того, что не соответствует внутренним потенциям соответствующей сложной системы;

■ понимание горизонта нашего видения будущего. Неизбежные неопределенности и неустранимые хаотические элементы, имеющиеся странные аттракторы **делают будущее принципиально невычислимым и открытым для нас**, причем эти неопределенности обусловлены самой природой сложного мира, в котором мы живем;

■ понимание общих законов интеграции, коэволюции и взаимосогласованного устойчивого развития различных сложных структур в мире;

■ осознание возможности влияния на неограниченно отдаленное от нас будущего сложной организации в ходе нашей сегодняшней активности.

**Выход в будущее неоднозначен.** Будущее странно и причудливо, как сейчас говорят, это – fuzzy future. Будущее вызывает трепет, оно связано с добрыми надеждами.

**С точки зрения классической науки**, развитие понимается как линейное и поступательное, без альтернатив. Пройденное представляет лишь исторический интерес. Если и есть альтернативы, то они всего лишь случайные отклонения от магистрального течения, подчинены этому течению, определяемому общими законами эволюции универсума. Все альтернативы в конечном счете сводятся, вливаются, поглощаются главным течением событий.

Мир предопределён причинно-следственными связями. Причинные цепи носят линейный характер, а нетождественное причине следствие, по крайней мере, пропорционально ей. По причинным цепям-путям ход развития может быть просчитан неограниченно в прошлое и в будущее. Развитие ретро-сказуемо и пред-сказуемо. Настоящее определяется прошлым, а будущее – настоящим и прошлым.

**Оказывается всё далеко не так.** Будущие состояния сложных систем ускользают от нашего контроля и предсказания. Будущее неоднозначно. Никому не дано, начиная с определенного конкретного

момента развития системы, предсказать точно, какой путь эволюции выберет система.

Самоорганизация в сложных системах свидетельствует о **невозможности установления за ними жесткого контроля. Этим системам нельзя навязать путь развития.** Управление ими может рассматриваться лишь как способствование присущим им тенденциям развития.

И в то же время существуют определенные спектры «целей» развития, наличные во всякой открытой и нелинейной среде (системе). Если мы выбираем произвольный путь эволюции, мы должны отдавать себе отчет, что этот путь может быть и неосуществим в данной среде с определенными ее внутренними свойствами. Не какие угодно структуры могут самоподдерживаться как метастабильно устойчивые в данной системе. Только определенные структуры **из спектра потенциально возможных** могут возникнуть, ибо они «разрешены» собственными свойствами системы, соответствуют им. Это – своего рода **эволюционные правила запрета.**

Из-за неустранимых элементов хаоса и наличия странных аттракторов в поведении сложных систем существуют определенные **пределы нашего проникновения в будущее.** Существует горизонт нашего видения будущего даже для достаточно простых физических и химических эволюционирующих систем и, тем более, для экологических, социальных, человеческих систем.

Существование странных, или хаотических, аттракторов один из фундаментальных фактов в теории самоорганизации сложных систем. Странные аттракторы открыты к настоящему времени практически всюду, в самых различных областях природного и человеческого мира, начиная с метеорологии и физики плазмы и кончая нейрофизиологией, изучением различных типов активности человеческого мозга.

Некоторые человеческие действия обречены на провал. Действия не приведут к успеху, когда и поскольку они не согласованы с внутренними тенденциями развития сложной системы. Если эти действия не являются надлежащими, резонансными, они наверняка будут напрасными.

Человек должен либо искать способы изменения свойств соответствующей сложной системы, либо **вовсе отказаться от попыток насильно направить систему на несвойственный, чуждый ей путь эволюции.**

Решение большинства ключевых проблем связано, на наш взгляд, с междисциплинарными исследованиями. Эти исследования позволяют избегать ситуаций, в которых погоня за локальным выигрышем, предлагаемым специалистами в конкретной области, оборачивается глобальным проигрышем, за который приходится расплачиваться всем.

Становится ясно, что путь технологической цивилизации, по которому человечество уверенно шагало последние четыре века, подошел к концу, что с такими стереотипами массового сознания нам попросту не выжить. Нетрудно предположить, что в XXI в. от многих привычных вещей придется отказаться, как в сфере технологии, так и в области идеологии, морали, основополагающих представлений о человеке. «Возможно, XXI в. войдет в историю как начало эпохи Великого Отказа, ибо мы подходим к тупику "устойчивого развития" и уже с растущей скоростью удаляемся от равновесия.» [5].

### ***Литература:***

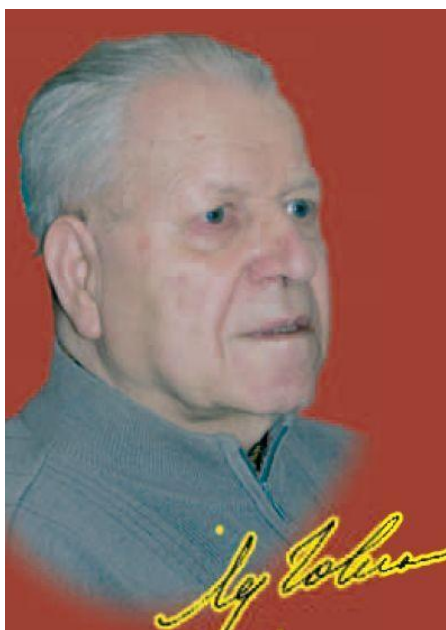
*1.Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. М.: Мир, 1990.*

*2.Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М.:Наука, 1994.*

*3. Пригожин И., Стенгерс Н. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М.: Наука, 1986.*

*4. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980.*

*5. С.П.Капица, С.П.Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, "Синергетика и прогнозы будущего", М, 2001.*



### Влияние «хрупкости» техносферы на современную цивилизацию

Проф., доктор. тех. наук

В.М. Луговской

*(Сокращённый вариант этой статьи был опубликован в «Новой газете»)*

С момента своего появления *Homo sapiens*, в отличие от других видов животных, стал строить для себя искусственную экологическую нишу – техносферу.

И сегодня, пройдя путь от каменного топора до компьютера, техносфера, построенная человечеством, вызывает восхищение и благоговение. Экологическая ниша, которую создало для себя человечество, – это огромная, волшебная по своим возможностям система, которая обеспечивает практически все потребности отдельной особи, создает новые потребности и стремительно развивается, чтобы их удовлетворять.

Те случаи голода, которые имеются в отсталых регионах планеты, определяются не технологическими возможностями системы в целом, а несовершенством социальной структуры популяций *Homo sapiens*.

Развитие медицины позволило обеспечить достаточно эффективную защиту от эпидемий и долгую активную жизнь каждого человека.

За последние сто лет резко вырос такой всеобъемлющий показатель, как средняя продолжительность жизни. Директор Института геронтологии Российской Академии медицинских наук академик Владимир Шабалин говорит: «Предельная видовая продолжительность жизни практически не увеличивается. А вот что касается средней продолжительности жизни – она заметно растет. В течение XX века она увеличилась почти вдвое! Люди каменного века очень долго, на протяжении нескольких столетий, жили всего по 18–20 лет. В Средние века продолжительность жизни достигла 30 лет. В конце XIX века она равнялась 35–40 годам, а вот к концу XX века поднялась до 70 лет»[1].

Видна прямая связь между началом стремительного развития техносферы, которое приходится на XX век и резким скачком вверх продолжительности жизни.

Высокоразвитая индустрия создала вокруг человечества оболочку комфорта такого уровня, который просто немыслим вне этой искусственно построенной экологической ниши.

Неуклонно и неудержимо растет численность *Homo sapiens*. По оценкам, 250 тысяч лет назад популяция наших первобытных предков в Западной Африке составляла около 10 тысяч [2]. А сейчас численность человечества составляет 7 миллиардов человек. “По своей численности мы превышаем количество сравнимых с нами по размерам и способу питания живых существ на пять порядков – в сто тысяч раз!” [3].

При этом видно, что рост численности человечества прямо связан с успехами в построении искусственной экологической ниши. Интенсивное строительство техногенного окружения человечества началось примерно два века назад, и за это время население Земли стремительно выросло – с 1 миллиарда до 7 миллиардов.

Мощь созданной человечеством техносферы такова, что, несмотря на стремительный рост населения, уровень жизни многократно вырос и продолжает расти.

Даже в самых отсталых районах планеты существенно повысились уровни потребления и здравоохранения. Как уже сказано, вспышки голода и эпидемий там вызываются не столько низким уровнем технологического развития, сколько социальными несовершенствами.

Однако уже сегодня хорошо видно, что колосс современной цивилизации стоит на глиняных ногах.

Слабым местом нашей цивилизации является совсем не недостаток природных ресурсов, и речь здесь идет не о тепловом перегреве планеты или нехватке пресной воды.

Все эти опасности действительно существуют, оказывают, и будут оказывать влияние на развитие и жизнь техносферы. Однако эти угрозы нарастают достаточно постепенно и поэтому, безусловно, могут быть преодолены.

Для решения проблем, связанных с истощением природных ресурсов, у человечества есть время. Сегодняшние трудности заключаются не в том, что ресурсы исчерпываются, а в том, что кончаются дешевые природные ресурсы, добыча которых рентабельна на современном уровне технологии. Но технологии развиваются таким темпом, что освоение “дорогих” ресурсов скоро будет решенной проблемой. С учетом этого можно считать, что ближайшие одно-два столетия обеспечены ресурсами.

Примерно такой же вывод можно сделать и по поводу опасностей, связанных с влиянием человека на климат. Климатические отклонения нарастают медленно, причем в ряде случаев вовсе не бесспорно, что это нарастание имеет техногенный характер. Так, например, есть много аргументов за то, что глобальное потепление связано не с парниковым эффектом, а с периодом повышения активности Солнца.

Основная опасность для популяции *Homo sapiens* грозит сегодня не со стороны обычно обсуждаемых техногенных опасностей – климатических и ресурсных.

Основная опасность, которая определяется базовыми структурными особенностями нашей техносферы – это ее чрезвычайная «хрупкость» и, следовательно, «хрупкость» всей нашей цивилизации.

Уточним, в каком смысле здесь говорится о “хрупкости” цивилизации.

Существуют два вида разрушения твердых тел: вязкое и хрупкое. При вязком разрушении сначала возникает микроскопическая трещина, которая постепенно растет и обычно сопровождается легко наблюдаемыми явлениями (например, деформацией разрушающегося объекта).

При хрупком же разрушении картина явления совершенно другая. Трещина возникает внезапно и непредсказуемо, распространяясь со скоростью звука. Можно считать, что хрупкое разрушение – процесс неожиданный и мгновенный.

Когда здесь говорится о “хрупкости” нашей цивилизации, то подразумеваются именно эти две особенности хрупкого разрушения: неожиданность и мгновенность.

Выше было сказано, что «хрупкость» нашей цивилизации связана с ее основополагающими структурными особенностями. И это как раз те особенности, которые позволяют обеспечить среднему человеку развитых



стран высочайший жизненный уровень – заметно более высокий, чем у королей Средневековья.

Известно, что основой нашего процветания является высокая производительность труда во всех сферах человеческой деятельности. Базой же высокой производительности является глубокая специализация или разделение труда и широкое использование машин для выполнения производственных операций. И наш жизненный комфорт, и само существование наших поселений, от деревень до мегаполисов, обеспечивается развитой инфраструктурой жизнеобеспечения, которая тоже высоко специализирована и механизирована.

Для того, чтобы нагляднее представить особенности современной хозяйственной жизни сравним, например, технологию производства хлеба и других сельскохозяйственных продуктов при натуральном хозяйстве и по современной технологии.

Наш предок пахал землю сохой, которую делал сам, сам собирал урожай, молотил, хранил и молот зерно. Сам пек хлеб, и ели его здесь же в семье. В поле работала вся подросшая часть семьи. В уходе за скотом и птицей также участвовала вся семья и можно считать, что в это время производительность труда была такой, что один человек мог прокормить еще трех-четырех, причем практически без кооперации с другими производителями.

А сегодня производительность труда в сельском хозяйстве такова, что один человек может прокормить сотни людей и производительность эта растет. Так, например, в 1948 г. в США непосредственно в сельскохозяйственном производстве было занято около 4% населения страны, а в 1996 – немного более 1%. При этом надо учитывать, что значительная часть сельскохозяйственной продукции США идет на экспорт. В 1999–2002 гг., например, США экспортировали около половины годового производства пшеницы [4].

Другими словами, примерно 2.5 млн. сельскохозяйственных рабочих снабжали хлебом около полмиллиарда людей в США и других странах.

Но при этом надо учитывать, что на самом деле в сельскохозяйственное производство включена и значительная часть промышленности.

Сегодня землю и урожай обрабатывают комплексом сельскохозяйственных машин, изготовлением которых занята целая отрасль, а работоспособность этих машин обеспечивают специальные службы. Работают сельскохозяйственные машины на нефти или электричестве, которые сами по себе являются продуктами специализированных индустриальных отраслей.

Высокие урожаи обеспечиваются выведением на специализированных предприятиях высокопродуктивных сортов зерновых, а также огромными количествами химических удобрений, изготовлением которых занята химическая промышленности.

Доставка зерна к местам хранения (элеваторам) и само хранение – это сегодня отдельная отрасль индустрии со своими машинами и специалистами. То же можно сказать о производстве муки, ее доставке к пекарням и выпечке хлеба. Выпеченный хлеб поступает к потребителям через сеть магазинов, работа которых в технологии обеспечения хлебом сегодня так же важна, как, скажем, пахота или помол.

Эта сложная и многоуровневая система производит столько хлеба, что его хватает на все население планеты, и будет хватать при его дальнейшем росте.

То же можно сказать и других отраслях сельского хозяйства – о производстве мяса, молока, хлопка и других продуктов и сырья для промышленности. Во всех этих производствах относительно малое количество людей обеспечивают необходимым целые страны, но на них в той или иной степени работает вся мировая промышленность.

И только четко координированная совокупная деятельность множества людей и организаций обеспечивает работу всей системы сельскохозяйственного производства. Достаточно выпасть любому, сколь угодно малому технологическому звену – и система рассыплется, будучи не в состоянии производить продукцию. Это вызовет голод огромных масштабов, распад всей сферы производства и техносферы в целом.

Этот эффект и есть проявление «хрупкости» нашей цивилизации. Важно, что при таком сценарии события будут развиваться стремительно, не оставляя времени на реакцию.

Столь же важно и то, что наша техносфера все более приобретает планетарный, глобальный характер. Практически все страны мира получают

значительную часть необходимых продуктов по экспорту, то есть закупают их в других странах. Специализация идет и по странам, и это еще более объединяет техносферы отдельных стран. Как и всякая специализация, этот процесс экономически очень выгоден и эффективен.

Он быстро развивается и в перспективе может превратить экономику планеты в единое целое. Динамика международного торгового обмена – хороший показатель темпов развития этого процесса и по данным ООН за период 2004-2007 гг. скорость роста мировой торговли товарами вдвое превышала скорость роста мирового производства [5].

У такой глобализации экономики много достоинств, но так же, как всякая специализация, она таит в себе опасность “эффекта домино”, при котором нарушение в какой-нибудь экономической ячейке стремительно распространяется по всей экономике планеты и разрушает ее.

Наш предок мог обеспечить себя и семью, пока был в состоянии работать. Проблемы кооперации его не беспокоили. Он один выполнял весь технологический процесс, и сам устранял все сбои. Но даже в том случае, когда он не справлялся с трудностями, голод грозил только его семье, а не всему племени. В этом кардинальное отличие современной ситуации от той, которая была до развития промышленного производства.

«Хрупкость» нашей техносферы очень ярко видна на примере крупных городов – мегаполисов, в которых уже сегодня живет значительная часть населения планеты<sup>7</sup>.

При плотности населения в несколько тысяч человек на квадратный километр<sup>8</sup> город может функционировать только благодаря сложной многоуровневой системе жизнеобеспечения. И система эта должна работать непрерывно, безотказно и эффективно.

Чтобы уничтожить современный мегаполис, вовсе не надо сбрасывать на него ядерную бомбу – достаточно разрушить, например, систему канализации. Миллионы людей просто задохнутся в собственных нечистотах и разбегутся из города. И произойдет это практически моментально – за 5-6 дней. Причем в наш постиндустриальный век бежать им будет некуда: сельское население, которое когда-то составляло 80-90% населения страны,

---

7 В Англии и России в городах с населением более 500 тыс. человек живет более 25% от общей численности населения страны. В трех самых больших городах Японии (Токио – 31,7 млн., Осака – 12,1 млн., Нагоя – 5,3 млн.) живет 40% населения страны. [7].

8 Плотность населения Москвы порядка 6,2 тыс. чел / кв. км.; Лондона – 4,8 тыс. чел / кв. км., Каира – 11,5 тыс. чел / кв. км.; Нью-Дели – около 10,3 тыс. чел / кв. км. [7].

теперь составляет меньше половины населения, и принять потоки горожан оно просто не в состоянии.

Наша техносфера становится все более энергоемкой и сегодня атомная энергетика является одним из самых экономически рентабельных выходов из надвигающегося энергетического кризиса. Но развитие атомной энергетике резко повышает «хрупкость» техносферы.

Как показывает пример Чернобыльской АЭС, авария даже на одном блоке атомной станции может иметь тяжелые глобальные последствия. Авария на этой АЭС вызвала много тяжелых экологических, хозяйственных и социальных последствий.

Но к счастью одно из самых страшных последствий удалось предотвратить. После разрушения конструкций реактора его активная часть (а это около 200 тонн обогащенного урана) спеклась в единый блок. За счет радиоактивного распада этот блок разогрелся до высокой температуры и стал буквально прожигать поддерживающие его конструкции [6]. Аварийно возведенная под ним многометровой толщины бетонная плита со встроенной системой охлаждения позволила предотвратить погружение блока в грунт.

В противном случае при погружении на достаточную глубину раскаленный блок мог бы достичь водоносных слоев и создать на тысячелетия радиоактивный пароводяной гейзер, который бы за короткое время сделал Землю необитаемой.

Даже менее страшные аварии на атомных станциях и хранилищах радиоактивных отходов могут, не вызывая всемирного Апокалипсиса, привести к долговременному экономическому и социальному параличу целых регионов.

При высоком уровне глобализации экономики это может вызвать цепную реакцию разрушения всей техносферы.

Очевидно, что в современной техносфере есть специальные средства, повышающие надежность ее работы, – например, многократное дублирование всех производственных и организационных компонентов. Однако, известно, что никакие инженерные и организационные решения не в состоянии обеспечить абсолютную надежность системы, особенно в условиях ее постоянного роста и усложнения.

При росте населения, истощении природных ресурсов и в условиях характерного для нашего времени роста уровня потребления нагрузка на

техносферу возрастает и вызывает ее рост и усложнение. А это неизбежно повышает вероятность ее хрупкого разрушения и коллапса цивилизации.

Единственным по настоящему надежным способом повышения устойчивости техносферы является уменьшение ее объема и сложности. Другими словами, необходимо просто существенно уменьшить объем товаров и услуг, поставляемых техносферой человечеству, т.е. сократить личное потребление каждого человека и уменьшить или стабилизировать численность населения.

По современным прогнозам демографов численность населения Земли должна стабилизироваться на уровне 10-12 млрд., а по некоторым прогнозам после стабилизации начнется снижение численности. Дело в том, что исследования динамики роста народонаселения показали, что так называемый «европейский способ воспроизводства населения», который приводит не только к стабилизации, но и сокращению численности, в течение второй половины XX века стал прослеживаться в большинстве развивающихся стран Азии и Африки. Темпы этого перехода различны для разных стран, но сам переход отмечается достаточно четко.

Поэтому очень сложная, как показывает опыт Китая, проблема планового сокращения роста населения в значительной степени снимается, и основной остается проблема снижения уровня потребления.

Сократить личное потребление в принципе возможно, т.к. сегодня потребление отдельного человека далеко превосходит биологически и социально необходимый минимум.

Однако при реализации этого способа возникают очень большие и труднопреодолимые сложности психологического, организационного и экономического характера.

Сегодня у большинства населения планеты уровень потребления превратился в показатель жизненного успеха и в ментальности современного человека заложено стремление к повышению уровня потребления.

Во всех религиях мира умеренность в потреблении и даже аскетизм рассматривается как благо. Однако, как показывает исторический опыт, многовековая проповедь аскезы не дает заметных результатов

Это лишний раз свидетельствует о том, что для снижения уровня потребления необходима огромная целенаправленная работа для переориентации человечества с излишества на умеренность.

Надежды на успех этой переориентации связаны в основном с тем, что впервые в своей истории человечество входит в эпоху «сытой жизни», в которой жизненные ориентиры личности начинают меняться.

Но при этом необходимо учитывать, что уменьшение потребления резко снизит нагрузку на промышленные и аграрные отрасли техносферы и лишит работы значительную часть работающих в этих отраслях.

Таким образом, вместе с психологической, возникает и социально-экономическая проблема огромной сложности, связанная с высвобождением массы работающих.

Обе эти проблемы должны решаться параллельно, и очень важно, что, в связи с растущей глобализацией экономики, эти решения должны выполняться в тесном взаимодействии правительств разных стран.

Поэтому задача объединения человечества из нравственно-политического пожелания сегодня превращается в актуальную организационно-технологическую проблему, без решения которой нельзя обеспечить устойчивость техносферы нашей цивилизации

## Литература

1. «Как остановить морщину времени?» Интервью академика Владимира Шабалина, «Московский комсомолец», 1.11.2007
2. Cohen J. How many people can the Earth support? New York, Norton, 1997.
3. С. Капица. «Демографическая революция и будущее человечества». Журнал «В мире науки», № 4 (апрель), 2004.
4. Дослідження ринку пшениці «Бюллетень иностранной коммерческой информации», Київ, № 75 (8421), 6.06.2002 г.
5. «Мировое экономическое положение и перспективы на 2008 год», доклад ООН, 10.01.2008 (World Economic Situation and Prospects 2008) <http://www.un.org/esa/policy/wess/cesp.htm>
6. «Отчет Научного Комитета по действию атомной радиации ООН-2000». Специальное приложение к журналу «Медицинская радиология и радиационная безопасность» <http://www.krasminatom.ru/library/chernobyl/>

7. Список городских агломераций, Википедия, <http://ru.wikipedia.org/wiki/>

## Дорога к слову

Марина Москвина



15 октября 2014 года в Гатчинском филиале ИВЭСЭП прошли уроки ораторского мастерства для начинающих под общим названием «Дорога к слову». Организатором стала общественная организация «Молодая Гвардия». А незабываемые уроки ораторского мастерства с демонстрацией образцовой устной речи и выступлениями Лауреатов международного конкурса ораторов организовал клуб «Новая Касталия». Отрадно отметить что участники проявили неподдельный интерес и выразили надежду на дальнейшие встречи. Такие уроки не только дают образцы выступлений и правильной русской речи, но имеют патриотическое и воспитательное направление.





