

DOI: 10.19181/smtp.2022.4.1.3

ЭНТРОПИЯ КАК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ОСЕЛОК ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

Ракин Владимир Иванович¹

¹Институт геологии им. академика Н. П. Юшкина ФИЦ
«Коми научный центр Уральского отделения РАН»,
Сыктывкар, Россия

АННОТАЦИЯ

В результате экономических и структурно-правовых преобразований российской науки формируется внутренний конфликт в сознании отдельного исследователя между творческим и практическим началами. Эти два начала органически присутствуют в сознании каждого, но теперь проявляются и в коллективах учёных в форме диаметрально противоположных основных устремлений исследователей, приоритетов выбора, основных ценностей, интересов и стиля работы, что выявляется при социологическом и наукометрическом анализе. Попытки субъектов научно-технологической политики России сместить границу между этими началами в сознании каждого без исключения российского учёного в сторону прикладных проблем, экономических инноваций является, как показывает история нашей страны, достижимым, но опасным занятием. Выбор – заниматься прикладными разработками или фундаментальной наукой – вероятно, должен быть предоставлен исследователю, но не путём ломки его сформировавшихся интересов и приоритетов непосредственно на его рабочем месте в исторически состоявшемся научном учреждении. Для осуществления поставленной государственной задачи необходимо создание альтернативы в той или иной организационной форме – создание технологических лабораторий, инновационных центров, научно-образовательных комплексов и др. Необходима современная отрасль прикладной науки в стране. В этом случае сложный личностный выбор вполне может быть осознан и осуществлён самим исследователем без внешнего разрушающего административного давления. Помощь в этом может оказать анализ фундаментальных концептов естествознания и, в частности, энтропии. Энтропия, возникнув однажды как функция состояния термодинамической системы, определяющая направление развития естественных процессов в системе, распространилась в естественных науках и проникла в гуманитарную сферу как инструмент описания мировоззренческих и социальных противоречий нынешней эпохи индустриального общества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

фундаментальная наука, прикладная наука, энтропия, социологический анализ

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ракин В. И. Энтропия как интеллектуальный оселок для исследователя // Управление наукой: теория и практика. 2022. Т. 4, № 1. С. 54–67.

DOI: 10.19181/sntp.2022.4.1.3

ВВЕДЕНИЕ

Социологическое исследование «Научная политика России – 2021», проведённое в марте 2021 г. совместно ООО «Социологическая служба “Решающий голос”», «Независимой газетой» и Институтом психологии РАН, показало, что «основные субъекты государственной научно-технической политики РФ переживают острый кризис легитимности» [1]. Уровень доверия к государственным органам власти, ответственным за проведение научно-технологической политики в России, оказался, по результатам исследования, не выше 25%, но доверие к Президиуму РАН остаётся близким к 50%.

Важнейшим итогом проведённого исследования, по нашему мнению, можно считать вывод о понижении доли учёных, считающих приоритетом своей работы «амбициозность научной проблемы» (менее четверти респондентов), и одновременно рост исследователей, считающих главным в своей работе «стремление к достаточности финансовых ресурсов» (около трёх четвертей анкетированных).

Всем понятно, что наука разделяется на две части, тесно связанные, но тем не менее ясно различающиеся по целям и мотивам деятельности. Это фундаментальная в широком смысле наука, к которой можно отнести часть гуманитарных исследований, и прикладная наука, равная по значимости, выступающая основой всех современных технологий.

В последние годы в России активно разворачивается программа создания различных инновационных центров, лабораторий и научно-образовательных комплексов. Новые современные организационные формы, развиваемые главным образом в крупных научных и производственных центрах, можно оценивать как меры, предпринимаемые в основном для развития прикладной науки. Однако возникают новые проблемы.

Во-первых, наука и образование представляют разные сферы интеллектуальной деятельности. Попытка их объединить в рамках научно-образовательных комплексов может принести пользу главным образом для прикладных направлений науки. А как сохранить широту фундаментальной науки в стране, не ориентируясь только на локальные мегапроекты?

Во-вторых, надо учесть, что способность к наукам или к изобретательству – это не географическое свойство человека. В условиях развития транспортной инфраструктуры страны региональная политика государства может и должна быть сбалансированной, а не только центростремительной, и развитие инновационных структур в форме лабораторий возможно и на периферии.

И наконец, тотальное применение бюрократических рычагов воздействия на научное сообщество страны, включая внедрение ничем не обоснованных индикативных показателей, опирающихся на наукометрию, с целью активизации инновационной составляющей исследований, вызывает нелепые перекосы в управлении наукой и справедливый внутренний протест учёных, что не способствует научно-технологическому развитию страны.

Есть три глобальные научные загадки, стоящие перед человечеством: происхождение Вселенной, жизни и разума. Научное сообщество практически единогласно сходится во мнении, что второе начало термодинамики определяет эволюцию Вселенной [2] и руководит развитием жизни. Но одновременно возникает два ключевых вопроса: что же такое энтропия и в чём причина низкого значения энтропии в момент зарождения нашей, видимой части Вселенной?

Наблюдения и опросы коллег, проведённые автором, выявили неожиданный и курьёзный факт: естествоиспытатели, считающие, что понимание смысла и роли энтропии в научном знании не входит в область их научных интересов, чаще всего не берутся за амбициозные задачи, осознанно не выходят за узкие рамки предмета исследований и довольствуются тем «операционным видом интеллектуальной деятельности», который, безусловно, приносит пользу, но способен только детализировать открытые ранее законы природы. Отношение к понятию «энтропия» позволяет, как оказалось, быстро и достаточно точно охарактеризовать стиль работы и мотивы учёного и осознать необходимость выбора – заниматься прикладными проблемами или амбициозными научными задачами.

Обсудим естественно-научное содержание энтропии и ряд её ключевых свойств, выдвигающих энтропию в число базовых понятий науки, формирующих методологию фундаментального научного исследования.

ЭНТРОПИЯ И ВРЕМЯ

Энтропия как термодинамическая переменная была введена Р. Клаузиусом в середине XIX в. и представляет собой функцию состояния равновесной системы, зависящую от полного объёма, количества вещества и внутренней энергии [3]. В неравновесной замкнутой системе энтропия не является функцией состояния, но её расчёт вполне возможен, если опираться на принцип локального равновесия. Разбив систему на множество подсистем и считая их равновесными на коротких интервалах времени, когда взаимодействием между подсистемами можно пренебречь, энтропию каждой квазиравновесной подсистемы вполне можно рассчитать, а затем просуммировать. В этом случае одному значению энтропии может соответствовать множество неравновесных динамических состояний системы, зависящих от характера разбиения на подсистемы. Таким образом, энтропию можно представить как функцию времени, что, заметим, не было предусмотрено основоположниками равновесной термодинамики. Теперь она определяет стрелу времени – необратимое направление естественных процессов к равновесию в замкнутой или закрытой неравновесной системе. Энтропия всегда увеличивается, а в равновесии достигает максимума и остаётся неизменной. Этот закон природы составляет второе начало термодинамики. Таким образом, стрела времени в термодинамике – явление временное (извините за каламбур). В равновесии макроскопическое феноменологическое время теряет смысл.

В равновесной термодинамике существует несколько эквивалентных определений энтропии, но главные из них – энтропия по Р. Клаузиусу, путём «взгляда извне», через тепловое взаимодействие с окружением, и по Дж. У. Гиббсу, как «взгляд изнутри», через вероятность посещения термодинамической системой определённой точки в фазовом пространстве.

Позже была введена дифференциальная характеристика энтропии – плотность производства энтропии в локальной области неравновесной системы. Просуммировав её по всему объёму системы, можно получить скорость изменения энтропии. Именно эта последняя характеристика составляет основу предельных принципов неравновесной термодинамики.

Предел локальности в термодинамике диктуется сохранением физического смысла термодинамических переменных в данной точке системы, или, иными словами, сохранением смысла ключевого понятия «термодинамическая фаза». Поскольку понятие энтропии неотделимо от понятия равновесия, то принцип локального равновесия всегда неявно используется и в неравновесной системе. На атомарном уровне понятие термодинамической фазы не имеет смысла и аппарат термодинамики неприменим.

ЭНТРОПИЯ В СТАТИСТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Рассматривая газ как систему молекул, подчиняющуюся законам Ньютона, Л. Больцман искал связь энтропии с молекулярно-кинетической теорией, выйдя за рамки термодинамики [4]. Введённое им понимание энтропии основано на расчёте логарифма числа микросостояний, определяющих наблюдаемое макросостояние системы. В его определении ни молекулярно-кинетические, ни термодинамические переменные не используются.

Макроскопические конфигурации системы – расположение частиц в объёме системы – состоят из эквивалентных микроскопических конфигураций. Это возможно в том случае, если все эти частицы пронумеровать и учесть их специфическую взаимную комбинацию. Например, возьмём резервуар с газом и условно разделим его на две части. Пусть в левой половине находятся 99 молекул, а в правой – одна молекула. Но, принимая, что все молекулы неразличимы, все 100 вариантов микросостояний с пронумерованными частицами, начиная с комбинации «первая справа, а остальные слева», будут эквивалентны и образуют одно макросостояние. Если поместить две молекулы справа, а 98 – слева, число микросостояний, описывающих новую конфигурацию, увеличится до 9900. Наибольшее число микросостояний реализуется в случае 50:50 и составляет около 1029. Поэтому логарифм микросостояний наиболее вероятного, равновесного, хорошо перемешанного газа с максимальной энтропией равен 29, а начальное состояние с одной молекулой в правой половине резервуара описывалось числом 2. Согласно принципу безразличия Лапласа, каждому микросостоянию можно приписать одинаковую вероятность. Очевидно, что при наращивании числа атомов в газе вдвое число микросостояний в равновесии возрастёт квадратично, а

энтропия такой системы благодаря логарифму увеличивается только вдвое, и свойство энтропии как функции числа частиц будет достигнуто.

Важно заметить, что больцмановская энтропия не зависит от способа сортировки микросостояний в рамках наблюдаемого макросостояния системы. Например, состояние одной молекулы в газе описывается шестью величинами – тремя координатами и тремя проекциями вектора импульса на оси координат. Тогда для объёма газа в контейнере, насчитывающего 100 молекул, в рассмотренном нами случае, фазовое пространство будет иметь 600 измерений. Каждая точка в фазовом пространстве описывает определённое микросостояние системы. Для определения энтропии, как выше было показано, достаточно оценить значение только одной определённой переменной каждой из 100 частиц, оставив остальные 500 переменных без внимания. При данном способе округления можно вполне наглядно продемонстрировать справедливость второго начала. Однако можно выбрать иной способ расчёта энтропии, например, рассмотреть в фиксированный момент времени количество частиц, летящих в положительном и отрицательном направлениях одной из выбранных осей физической системы координат. Аналогичный расчёт покажет, что макросостояние, описываемое хаотичным движением молекул в резервуаре, будет наиболее вероятным.

Позже оказалось, что если учесть симметрию контейнера с веществом, то в энтропии по Больцману появляется дополнительное слагаемое [5]. Это небольшое по величине число, в случае кристаллического вещества, помогает описать особенности реализации принципа суперпозиции симметрий Кюри, применяемого в науках о Земле для предельно общего описания процессов природного минералообразования.

Макросостояния покрывают весь фазовый объём непрерывно в упомянутом 600-мерном фазовом пространстве. Выбрав один из вариантов округления для расчёта энтропии по Больцману, фазовый объём можно разделить на области разной энтропии. Области с низкой энтропией будут иметь всегда очень малый объём, а область с максимальной энтропией – почти весь возможный в данных физических условиях объём. Вполне очевидно, что, предоставив системе развиваться свободно, фазовая точка (мгновенное состояние системы) чаще всего будет перемещаться по области с высокой энтропией. Только иногда траектория системы может зайти в область с низкой энтропией, и этот момент эволюции системы описывается как термодинамическая флуктуация. Эта модель вполне адекватно отражает второе начало термодинамики.

Однако уравнения ньютоновской динамики позволяют обратить время, и тогда фазовая точка пройдёт обратно всю траекторию из равновесной области фазового объёма в начальную точку с низкой энтропией. Этот мысленный опыт описал И. Лошмидт, возражая Л. Больцману, доказывающему справедливость второго начала термодинамики на основе молекулярно-кинетической теории в H -теореме [4]. Но, заметим, если при инверсии времени процесс не останавливать в той самой «начальной» точке и предоставить системе далее свободно развиваться, то всё повторится – энтропия вновь начнёт повышаться и довольно быстро система вновь придёт к равновесию. Такой процесс будет выглядеть как большая флуктуация, не отменяющая второе начало термодинамики.

Таким образом, направление временной координаты не несёт особого смысла. Время можно направлять в любую сторону, но второе начало на больших интервалах времени будет выполняться всегда. Нам удобно говорить, что время течёт по направлению увеличения энтропии. Поэтому появляется различие в понятии «время» на элементарном, фундаментальном, обратимом уровне и термодинамическом феноменологическом «необратимом» уровне.

Известно высказывание Э. Цермело о том, что система взглядов статистической механики в корне неверна, а поведение теплоты и энтропии невозможно свести к движению молекул, подчиняющихся законам Ньютона [6]. Основная задача *H*-теоремы Л. Больцмана состояла в том, чтобы обосновать необратимость термодинамических процессов в макросистеме на основе законов обратимой ньютоновской механики, описывающих взаимодействие молекул в газе. Сегодня принято считать, что эта теорема осталась недоказанной, и поэтому можно согласиться с Э. Цермело – стрела времени действительно противоречит законам Ньютона. Попытаемся объяснить почему. Если рассматривать два конкретных столкнувшихся атома, то их импульсы будут взаимосвязаны законами сохранения импульса, энергии и момента импульса, но в результате многочисленных последующих соударений с другими частицами текущие импульсы двух выбранных изначально частиц постепенно теряют связь между собой в рамках принятой точности расчётов. На больших интервалах времени статистически начинает проявляться новое качественное свойство большого числа частиц – независимость последующих наблюдаемых макроскопических событий от предыдущих. Именно в этих условиях второе начало термодинамики определяет магистральное направление развития естественных процессов – стрелу времени.

Так в принятом приближении, при заданной точности расчётов, осуществляется переход от масштаба элементарной системы двух частиц и обратимой во времени ньютоновской механики к масштабу системы более высокого уровня, на котором реализуется второе начало термодинамики. Необходимость перехода от одного масштаба явлений к другому диктуется всей логикой математического способа описания физических явлений: ограничениями, связанными с практической точностью расчётов, простотой (и красотой!) конечной формулы и способов математических обобщений.

Соответственно, некоторые базовые физические понятия и категории при переходе от одного масштаба теоретического описания к другому будут требовать уточнения. Это, как видим, относится и к понятию времени.

ЭНТРОПИЯ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ

Физический мир состоит из квантовых (малых) объектов и классических измерительных приборов. Волновая функция (решение уравнения Шрёдингера) описывает изменение квантового состояния объектов [7]. Изменение состояния классических измерительных приборов описывается необратимым статистическим процессом измерения характеристик квантовых микрообъектов.

В процессе взаимодействия микрообъекта с атомами измерительного прибора происходит редукция волновой функции измеряемого микрообъекта, то есть сведение суперпозиции квантовых состояний к одному наблюдаемому состоянию. Этот результат не следует из уравнения Шрёдингера. Согласно копенгагенской интерпретации, квантовая механика описывает не микрообъекты сами по себе, а их свойства, проявляющиеся в макросистеме, включающей измерительные приборы в процессе акта наблюдения. Свойство квантового объекта при наблюдении (измерении) макроскопическим наблюдателем, как мы его воспринимаем, становится таковым, что волновая функция объекта, описывающая его, перейдёт в однозначное состояние.

Главную проблему в понимании квантовой механики связывают с крахом однозначной предсказуемости. Однако утрата строгой предсказуемости результата связана, как и в выше описанном случае, тоже с эффектами преобразования масштаба в результате наблюдения и не свойственна природе конкретного квантового объекта. Таким образом, квантовый объект на макроуровне проявляет свои свойства с помощью используемого измерительного прибора. Это реализуется с помощью понятия «коллапс волновой функции» в копенгагенской интерпретации квантовой механики. Необратимость при коллапсе волновой функции является прямым аналогом необратимости в традиционной термодинамике. Однако базовые законы квантовой механики все так же обратимы, как и законы Ньютона.

Д. фон Нейман через матрицу плотности собственных, чистых состояний квантовой системы, несущих максимальную информацию для макроскопического наблюдателя о её свойствах, предложил формулу для расчёта энтропии квантовой системы [7]. В ходе исследований оказалось, что математические свойства энтропии Д. фон Неймана весьма близки к позже введённой, но более понятной широкому кругу исследователей информационной энтропии К. Шеннона. Поэтому сегодня теория информации приобретает важную роль во многих науках и в квантово-механических расчётах.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЭНТРОПИЯ

Информационная энтропия К. Шеннона имеет форму записи, совпадающую с выражением для термодинамической энтропии по Гиббсу и по фон Нейману, но смысл величин, входящих в формулы, принципиально иной.

Известен принцип Ландауэра [8], гласящий, что при стирании одного бита информации выделяется фиксированное количество бесполезной тепловой энергии. Имитируя такой процесс на определённом миниатюрном устройстве, не имеющем механических частей и не производящем механическую работу, вполне можно установить физический предел явления уничтожения бита информации. Поэтому информационная энтропия служит отображением термодинамической энтропии в первоначальном смысле Р. Клаузиуса. Однако, если считать информационную энтропию как полный аналог термодинамической энтропии, могут возникнуть трудности в интерпретации

результатов. В естественных науках важно не забывать, что К. Шеннон предостерегал от излишнего желания использовать информационную энтропию для объяснения любых явлений в окружающей действительности и особенно наделять её материальным содержанием (см. статью «Бандвагон» [9]).

В последнее время и в минералогии получил популярность информационно-энтропийный метод описания равновесного мира минералов и минеральных парагенезисов [10]. Но эта методология не может быть принята для описания динамики процессов минералообразования. Главная причина заключается в том, что предельные принципы неравновесной термодинамики – Онзагера, Дьярмати, Пригожина, Циглера, – описывающие производство энтропии в неравновесной термодинамической системе, базируются на строгом определении термодинамической энтропии по Клаузиусу и Гиббсу в рамках принятого в термодинамике феноменологического подхода [3; 11; 12]. Только на их основе можно делать предсказания динамики развития минералообразующего природного процесса. По-видимому, пока не существует достаточных оснований для замены термодинамической, механико-статистической, квантово-механической энтропии информационной энтропией.

ЭНТРОПИЯ И ГРАВИТАЦИЯ

Влияние гравитации на энтропию недооценено [13]. Наиболее ярко и неожиданно эффект гравитации уже в XXI в. проявился при расчёте энтропии чёрной дыры, выполненном С. Хокингом. Энтропия оказалась пропорциональной не массе чёрной дыры, как можно было ожидать из соображений термодинамики, а площади её горизонта событий. С этим оказалась связана голографическая структура Вселенной. Сегодня проблема влияния инфляционного этапа развития ранней Вселенной на её энтропию остаётся загадкой в космологии.

Недооценка гравитации проявляется и в ряде естественно-научных дисциплин, имеющих дело с земным веществом. Например, учёт гравитационного вклада в термодинамическую энтропию и свободную энергию минералообразующей системы, выполненный автором, неожиданно показал, что равновесный размер зёрен породообразующих минералов, а также алмазов в литосфере Земли или других планет должен быть ограничен сверху [5]. Полученный результат позволяет объяснить верхний предел гранулометрического распределения зёрен мантийной минеральной породы и известный эмпирический факт – исключительную редкость находок алмазов чистой воды, массой от 80 и более карат с совершенной зеркальной октаэдрической огранкой. При этом алмазы больших размеров встречаются, но формируются исключительно в результате неравновесных процессов, в особых геодинамических условиях. Расчёты энтропии показывают, что гравитация не ограничивает размер неравновесного растущего кристалла.

Существует устойчивое мнение, что энтропия – свойство макроскопического мира, не зависящее от нашего способа абстрагирования от несущего

ственных деталей (способа огрубления). Создание абстракций естественно ограничивает описание сложных природных явлений, но, с другой стороны, исследователю как макроскопическому субъекту доступны только те измерения, которые реализованы на макроуровне. При переходе на пространственно-временной макроуровень вступают в силу новые статистические закономерности, которые математически можно проиллюстрировать иным способом, не связанным напрямую с фундаментальным квантовым физическим подходом. Энтропия ярко иллюстрирует эту особенность естествознания. Однако в результате появляется необходимость провозглашать дополнительные гносеологические принципы для того, чтобы наблюдатель мог воспользоваться аппаратом фундаментальной теории — принципы наблюдаемости, дополненности, неопределённости, статистического детерминизма, соответствия. Создание единой «окончательной теории», о чём мечтал А. Эйнштейн в последние 30 лет своей жизни, остаётся делом будущего, и место энтропии в ней пока не определено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Энтропия как физическая, вычисляемая характеристика системы определяет, как нам сегодня представляется, эволюцию природы, является одной из немногих научных категорий в современной науке, которая находится в основании главных загадок естествознания и сохраняет огромный потенциал для развития.

Описанные выше свойства энтропии, её неубываемость в ходе естественных процессов (в замкнутых системах) и наличие экстремума как предельной точки отсчёта оказались весьма привлекательны и в общественно-гуманитарных науках.

Однако энтропия как основополагающий концепт современного естествознания, будучи не до конца осознанной в общественных науках [14], не может раскрыть свой потенциал в полной мере. Приведём один пример. Широко распространённое определение энтропии как понятие, характеризующее направленность процессов в самопроизвольно функционирующих системах по линии утраты их упорядоченности и снижения уровня организации, ошибочно. Не следует ассоциировать энтропию с понятием хаоса. Легко доказать, что под влиянием внешнего потенциального поля максимум термодинамической энтропии закрытой системы будет свойственен вполне упорядоченной и отнюдь не хаотической системе. Аналогом такой системы можно считать замкнутое общество с наличием справедливого социального лифта. А для открытых систем энтропия вообще может принимать любые значения, поскольку главный закон эволюции такой системы описывается не абсолютным значением энтропии, а скоростью её изменения, точнее — производством энтропии [3].

Чаще всего сегодня энтропия не является непосредственным объектом изучения, но ясное понимание тех или иных аспектов энтропии отличает

фундаментальный подход учёного к науке от чисто операционного вида интеллектуальной деятельности, к которому неуклонно скатывается традиционный формат научных исследований в России. В этом аспекте энтропия играет важную социокультурную роль, привлекая внимание к методологии науки.

Исследователь, естествоиспытатель, поставивший перед собой амбициозную научную задачу, рано или поздно выходит на осознание энтропии как одного из руководящих понятий в его научной работе. Поэтому энтропия выступает как интеллектуальный оселок¹, с помощью которого исследователь самостоятельно может оценить степень своих научных притязаний и осознать основные мотивы своей работы – заинтересованность в проведении фундаментальных исследований, как правило, не приносящих сегодня, в условиях вала публикаций, оперативной оценки и соответствующих бонусов, или в проведении актуальных исследований, отвечающих на большие вызовы в рамках приоритетов научных и научно-технологических исследований, активно поддерживаемых Правительством России и Российским научным фондом.

Возвращаясь к внешней стороне научной работы, заметим, что востребованность результатов исследования для учёного, озабоченного фундаментальными научными задачами, не является столь актуальной, как для исследователя, искренно считающего, что недостаток финансовых ресурсов является главной проблемой российской науки [1]. У первого редко появляется интерес к разработке новой технологии, а вопросы об инновациях ставят его в тупик. Эту оторванность от современной, активно внедряемой доктрины «Наука как отрасль экономики» нельзя считать недостатком и пытаться изменить мотивацию учёного с помощью указаний, инструкций, контрольных показателей и даже грантов. Многие разделы фундаментальной науки настолько далеко отошли от практической деятельности человека и интересов российской экономики, что попытка «приземлить» исследователя может нанести непоправимый урон.

Осознание этого факта субъектами научно-технологической политики России стало постепенно проявляться только в последние годы². Тем не менее наукометрия, «показатели результативности», наукометрические базы данных, квартили, рейтинг журналов и пр. продолжают агрессивно внедряться в сферу российской науки. Они активно воздействуют в первую очередь на учёных, занятых в прикладной части науки, но катастрофически мешают работе остальных исследователей. Можно согласиться с авторами социологического отчёта [1], что «исчезновение этой группы приведёт к окончательному превращению науки в операционный вид интеллектуальной деятельности, в том числе при наличии достаточного финансирования,

¹ Оселок, пробирный камень, в недалёком прошлом использовался рудознателями для определения драгоценных камней и металлов. В настоящее время слово часто употребляется в переносном смысле для обозначения средства проверки и испытания чего-либо.

² См., напр., парламентские слушания в Совете Федерации «Научный кадровый потенциал страны: состояние, тенденции развития и инструменты роста» от 13 мая 2021 г. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=9TdeYpM8Umc> (дата обращения: 01.02.2022).

приборов, аспирантов и лояльного руководства в организации». Этот установленный тренд, по нашему мнению, сегодня является главной опасностью для российской науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев А. Б. Научная политика России – 2021 / А. Б. Гусев, М. А. Юревич. М. : Буки Веди, 2021. 96 с.
2. Кэррол Ш. Вечность. В поисках окончательной теории времени. СПб. : Питер, 2016. 512 с.
3. Пригожин И. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур / И. Пригожин, Д. Кондепуди. М. : Мир, 2002. 461 с.
4. Больцман Л. Избранные труды. М. : Наука, 1984. 590 с.
5. Ракин В. И. Свободная форма кристаллов. Екатеринбург : УрО РАН, 2021. 328 с.
6. Zermelo E. Über einen Satz der Dynamik und die mechanische Warmtheorie // Annalen der Physik 1896. № 57. S. 485–494.
7. Иванов М. Г. Как понимать квантовую механику. М.–Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2012. 516 с.
8. Landauer R. Irreversibility and Heat Generation in the Computing Process // IBM Research and Development. 1961. Vol. 5, issue 3. P. 183–191.
9. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М. : Иностранная литература, 1963. 830 с.
10. Krivovichev S. V. Structural complexity and configurational entropy of crystals // Acta Crystallographica. Section B: Structural Science. 2016. № 72. P. 274–276.
11. Дьярмати И. Неравновесная термодинамика. Теория поля и вариационные принципы. М. : Мир, 1974. 303 с.
12. Циглер Г. Экстремальные принципы термодинамики необратимых процессов и механика сплошной среды. М. : Мир, 1966. 134 с.
13. Penrose R. The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe. New York : Knopf, 2005. 1099 p.
14. Рыбин В. А. Энтропия – теоретический фантом? // Вестник ЧелГУ. 2016. № 10. С. 71–77.

Статья поступила в редакцию 22.09.2021.

Одобрена после рецензирования 17.11.2021. Принята к публикации 27.01.2022.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Ракин Владимир Иванович rakin@geo.komisc.ru

Доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт геологии им. академика Н. П. Юшкина ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, Россия

AuthorID РИНЦ: 55947

ORCID ID: 0000-0001-8085-8733

DOI: 10.19181/smtp.2022.4.1.3

ENTROPY AS AN INTELLECTUAL DETECTOR FOR THE RESEARCHER

Vladimir I. Rakin¹

¹Institute of Geology, Komi Scientific center, Ural branch of the RAS, Syktyvkar, Russian Federation

Abstract. As a result of the economic and structural-legal transformations of Russian science, an internal conflict is forming in the mind of an individual researcher between the creative and the practical. These two principles are organically presented in everyone's consciousness, but now they also manifest themselves in teams of scientists in the form of diametrically opposed basic aspirations of researchers, priorities of choice, basic values, interests and style of work, which is revealed in sociological and scientometric analysis. Attempts of Russian science and technology policy subjects to shift the boundary between these principles in the minds of every Russian scientist toward applied problems and economic innovation is, as the history of our country shows, an achievable but dangerous undertaking. The choice – to engage in applied development or fundamental science – should probably be given to the researcher, but not by breaking his interests and priorities directly at his workplace in a historically established scientific institution. For implementation of the state task it is necessary to create an alternative in one or another organizational form – the creation of technological laboratories, innovation centers, scientific and educational complexes, etc. There is a need for a modern branch of applied science in the country. In this case, the complex personal choice may well be realized and implemented by the researcher himself without external destructive administrative pressure.

Keywords: basic science, applied science, entropy, sociological analysis

For citation: Rakin, V. I. (2022). Entropy as an Intellectual Detector for the Researcher. *Science Management: Theory and Practice*. Vol. 4, no. 1. P. 54–67.

DOI: 10.19181/smtp.2022.4.1.3

REFERENCES

1. Gusev, A. B. and Yurevich, M. A. (2021). *Nauchnaya politika Rossii – 2021* [Scientific Policy of Russia – 2021]. Moscow: Buki Vedi publ. 96 p.
2. Carrol, S. (2016). *From Eternity to Here. The Quest for Ultimate Theory of Time* [Russ. ed.: Vechnost'. V poiskakh okonchatel'noi teorii vremeni]. St. Petersburg. 512 p.
3. Prigogine, I. and Kondepudi, D. (2002). *Modern Thermodynamics: From Heat Engines to Dissipative Structures* [Sovremennaya termodinamika. Ot teplovykh dvigatelei do dissipativnykh struktur]. Moscow: Mir publ. 461 p.

4. Boltzmann, L. (1984). *Izbrannyye Trudy* [Selected works]. Moscow: Nauka publ. 590 p.
5. Rakin, V. I. (2021). *Svobodnaya forma kristallov* [The free form of crystals]. Ekaterinburg: UrO RAN publ. 328 p.
6. Zermelo, E. (1896). Über einen Satz der Dynamik und die mechanische Warmtheorie. *Annalen der Physik*. No. 57. S. 485–494.
7. Ivanov, M. G. (2012). *Kak ponimat' kvantovuyu mekhaniku* [How to understand quantum mechanics]. Moscow–Izhevsk: NIC “Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika” publ. 516 p.
8. Landauer, R. (1961). Irreversibility and Heat Generation in the Computing Process. *IBM Research and Development*. Vol. 5. Is. 3. P. 183–191.
9. Shennon, K. (1963). *Raboty po teorii informacii i kibernetike* [Works on information theory and cybernetics]. Moscow: Inostrannaya literature publ. 830 p.
10. Krivovichev, S. V. (2016). Structural complexity and configurational entropy of crystals. *Acta Crystallographica. Section B: Structural Science*. No. 72. P. 274–276.
11. Gyarmati, I. (1974). *Neravnovesnaya termodinamika. Teoriya polya i variacionnye principy* [Nonequilibrium thermodynamics. Field theory and variational principles]. Moscow: Mir publ. 303 p.
12. Ziegler, H. (1966). *Some extremum principles in irreversible thermodynamics with application to continuum mechanics* [Russ. ed.: Ekstremal'nye principy termodinamiki neobratimyyh processov i mekhanika sploshnoj sredy]. Moscow: Mir publ. 134 p.
13. Penrose, R. (2005). *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*. New York: Knopf. 1099 p.
14. Rybin, V. A. (2016). Entropy – is a theoretical phantom? *Bulletin of Chelyabinsk state university*. No. 10. P. 71–77.

The article was submitted on 22.09.2021.

Approved after reviewing 17.11.2021. Accepted for publication 27.01.2022.

INFORMATION ABOUT AUTHOR

Rakin Vladimir rakin@geo.komisc.ru

Doctor of Geology and Mineralogy, Main Researcher, Institute of Geology, Komi Scientific center, Ural branch of the RAS, Syktyvkar, Russian Federation

AuthorID RSCI: 55947

ORCID ID: 0000-0001-8085-8733