

*Шихобалов Л. С. Причинная механика полвека спустя // Картина мира: наука, философия и религия. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию астрофизика Н. А. Козырева, Санкт-Петербург, 6 – 7 ноября 2008 г. — СПб.: Изд-во «Европейский дом», 2009. — С. 66 – 77.*

## Причинная механика полвека спустя

*Л. С. Шихобалов*

Шихобалов Лаврентий Семёнович, канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр. мат.-мех. фак-та Санкт-Петербургского гос. университета. E-mail: laur3@yandex.ru

Проанализированы исходные положения причинной механики (теории физических свойств времени) Н. А. Козырева. Показано, что причинная механика естественным образом дополняет и развивает современную картину мироздания.

*Shikhobalov L. S. Causal mechanics half a century later.* The fundamentals of N. A. Kozyrev's causal mechanics (theory of physical properties of time) are analyzed. It is shown that the causal mechanics amplifies the available picture of the world harmoniously.

В 1958 году вышла в свет книга Николая Александровича Козырева «Причинная или несимметричная механика в линейном приближении» [1]. В ней ученый ввел постулаты о взаимодействии материальных точек, отличающиеся от положений классической механики, и впервые публично высказал гипотезу об активном участии времени в происходящих в природе процессах. В последующие годы ученый провел большие циклы лабораторных экспериментов и астрономических наблюдений, на основе которых развил теоретические представления о свойствах времени. Результаты этих исследований Н. А. Козырев опубликовал более чем в двух десятках статей. Большая их часть переиздана в «Избранных трудах» ученого [2], остальные — в сборнике, посвященном 100-летию со дня рождения Н. А. Козырева [3].

Проанализируем исходные положения теории Козырева и вытекающие из них следствия с позиции механики. Такой анализ особенно важен по той причине, что основой всех естественных наук служит физика, а основой самой физики является механика. Поэтому механика — фундамент всего естествознания.

Построение причинной механики Н. А. Козырев начинает с рассмотрения взаимодействия двух тел. При этом ученого интересуют не всякие взаимодействия тел. Действительно, если взять, к примеру, два массивных тела, притягивающих друг друга в соответствии с законом тяготения Ньютона, или же два электрических заряда, взаимодействующих посредством сил Лоренца, то ничего нового в сравнении с уже известным в механике и электродинамике, конечно, получено быть не может. В этом примере оба взаимодействующих тела являются полностью равноправными, а их движение — обратимым (в том смысле, что при изменении в некоторый момент времени скоростей обоих тел на противоположные они пройдут те же самые траектории в обратном направлении).

Н. А. Козырев обращает внимание на то, что в реальных процессах равноправие взаимодействующих тел и обратимость происходящих процессов, как правило, не имеют места. Весь опыт естествознания показывает, что в реальных процессах практически всегда наличествует необратимость и взаимодействующие тела могут быть объективно отнесены одно к причине, другое к следствию. При этом следствие всегда наступает позже причины. Ранее данные обстоятельства оставались вне внимания точных наук. Для их учета Н. А. Козырев поступает следующим образом.

Ученый предполагает, что элементарный акт причинно-следственного взаимодействия тел реализуется в ситуации, когда тела оказываются на минимально возможных пространственном и временном расстояниях друг от друга. Принимая это предположение за основу и моделируя физические тела материальными точками, как это принято в теоретической механике, Н. А. Козырев вводит такое определение.

**Определение.** *Элементарным причинно-следственным звеном называется система двух материальных точек, которые находятся на минимально возможных пространственном и временном расстояниях друг от друга. При этом материальная точка, которой соответствует более ранний момент времени, называется **причиной**, а материальная точка, которой отвечает более поздний момент времени, — **следствием**.*

Н. А. Козырев вводит ряд постулатов, касающихся свойств элементарного причинно-следственного звена. Детальный анализ этих постулатов [4, 5] показал, что при небольшом видоизменении они могут быть объединены в два следующих постулата.

**Постулат о геометрических характеристиках элементарного причинно-следственного звена.** *В элементарном причинно-следственном звене причина и следствие всегда разделены сколь угодно малыми, но не равными нулю пространственным  $\delta x$  и временным  $\delta t$  расстояниями. Отношение этих расстояний одинаково для всех причинно-следственных взаимодействий, то есть является универсальной мировой (фундаментальной) константой:*

$$\frac{\delta x}{\delta t} = \text{const} \equiv c_2. \quad (1)$$

Н. А. Козырев называет константу  $c_2$  *ходом времени* и принимает, что  $c_2$  есть псевдоскаляр, положительный в правой системе координат (так что в левой системе координат будет  $c_2 = -\delta x/\delta t$ ). Константа  $c_2$  имеет размерность скорости и характеризует скорость реализации причинно-следственного взаимодействия в элементарном причинно-следственном звене. (Символ  $c_1$  ученый использует для обозначения скорости света.)

Отметим, что величина  $c_2$  не есть наблюдаемая на макроскопическом уровне скорость реализации всей причинно-следственной цепи. Это связано с тем, что окончание одного элементарного акта причинно-следственного взаимодействия и начало следующего могут быть разделены каким-то промежутком времени. Поэтому нет противоречия между утверждаемой первым постулатом одинаковостью значений  $c_2$  для любых процессов и различием макроскопических скоростей протекания разных процессов.

**Постулат о силах, действующих в элементарном причинно-следственном звене.** *В элементарном причинно-следственном звене наряду с силами, учитываемыми классической механикой, действуют следующие добавочные силы:*

$$\mathbf{K}_c = \frac{1}{c_2} \mathbf{v}_c \times \mathbf{F}_c; \quad \mathbf{K}_\Pi = -\frac{1}{c_2} \mathbf{v}_\Pi \times \mathbf{F}_\Pi, \quad (2)$$

где  $\mathbf{K}_c, \mathbf{K}_\Pi$  — добавочные силы, приложенные соответственно к следствию и причине;  $c_2$  — ход времени, вводимый первым постулатом;  $\mathbf{v}_c, \mathbf{v}_\Pi$  — скорости движения соответственно следствия относительно причины и причины относительно следствия ( $\mathbf{v}_c = -\mathbf{v}_\Pi$ );  $\mathbf{F}_c, \mathbf{F}_\Pi$  — силы, учитываемые классической механикой ( $\mathbf{F}_c$  — сила, действующая на следствие со стороны причины;  $\mathbf{F}_\Pi$  — сила, действующая на причину со стороны следствия; согласно III закону Ньютона  $\mathbf{F}_c = -\mathbf{F}_\Pi$ , причем обе силы направлены вдоль прямой, соединяющей точку-причину и точку-следствие);  $\times$  — символ векторного умножения (рис. 1).

В формулах (2) псевдоскалярность величины  $c_2$  компенсирует псевдовекторный характер векторного произведения, так что добавочные силы  $\mathbf{K}_c$  и  $\mathbf{K}_\Pi$  — истинные векторы. Отметим, что сам автор причинной механики не пользовался употребляемыми здесь символами для обозначения этих сил. Мы обозначили добавочные силы буквой  $\mathbf{K}$  по фамилии Козырева.

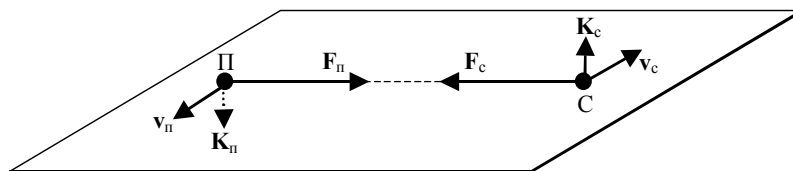


Рис. 1. Элементарное причинно-следственное звено, состоящее из двух взаимодействующих материальных точек — точки-причины П и точки-следствия С.

$F_П$  и  $F_С$  — «классические» силы;  $v_П$  и  $v_С$  — относительные скорости точек П и С;  $K_П$  и  $K_С$  — добавочные силы, введенные Козыревым (эти силы перпендикулярны плоскости, содержащей «классические» силы и векторы скоростей, и направлены в противоположные стороны).

Из второго постулата вытекает, что добавочные силы  $K_С$  и  $K_П$ , приложенные к следствию и причине, равны по модулю и противоположны по направлению (т. е.  $K_С = -K_П$ ). Это означает, что создаваемая ими суммарная сила, действующая на причинно-следственное звено, равна нулю. Вместе с тем, так как эти силы приложены к разным точкам и линии их действия не совпадают, то порождаемый ими суммарный момент, действующий на причинно-следственное звено, отличен от нуля. Обратим внимание на то, что векторы  $v_С$ ,  $F_С$  и  $K_С$ , приложенные к точке-следствию, образуют правоориентированную тройку векторов, тогда как аналогичные векторы  $v_П$ ,  $F_П$  и  $K_П$ , приложенные к точке-причине, образуют левоориентированную тройку векторов.

Таким образом, в причинной механике добавочные силы не меняют импульса причинно-следственного звена, но передают звену момент импульса. При этом системы векторов, связанные со следствием и причиной, имеют противоположные ориентации. Последнее означает, что следствие и причина объективно различаются по признаку правизны и левизны, то есть причинно-следственное звено является зеркально асимметричным.

Согласно формулам (2) добавочные силы равны нулю в трех случаях:

а) если отсутствует классическое взаимодействие между точками причинно-следственного звена ( $F_С = F_П = \mathbf{0}$ , где  $\mathbf{0}$  — нулевой вектор);

б) если причина и следствие взаимно неподвижны ( $v_С = v_П = \mathbf{0}$ ) или движутся вдоль соединяющей их прямой (тогда  $v_С \parallel F_С$  и  $v_П \parallel F_П$ , поэтому  $v_С \times F_С = \mathbf{0}$  и  $v_П \times F_П = \mathbf{0}$ );

в) если ход времени бесконечен ( $c_2 = \infty$ ).

Из случая б) вытекает, что для появления добавочных сил необходимо, чтобы вектор относительной скорости причины и следствия имел ненулевую составляющую в направлении, перпендикулярном соединяющей их прямой. Это означает вращение причинно-следственного звена. Следовательно, добавочные силы возникают во вращающихся физических системах. Учитывая данный вывод, Н. А. Козырев провел эксперименты над вращающимися телами-гироскопами и на основании измеренных значений добавочных сил получил с помощью формул, аналогичных формулам (2), следующее значение хода времени [2, с. 367, 382]:

$$c_2 \approx 2200 \text{ км/с}.$$

«Таким образом, — пишет Н. А. Козырев — отношение  $c_2$  к скорости света  $c_1$  оказалось грубо равным  $1/137$  — постоянной тонкой структуры Зоммерфельда» [2, с. 367]. На основании этого ученый делает заключение, что ход времени  $c_2$  связан с другими универсальными постоянными выражением

$$c_2 = \alpha c_1, \quad (3)$$

где  $\alpha$  — постоянная тонкой структуры ( $\alpha \approx 1/137$ );  $c_1$  — скорость света в вакууме.

Формулы (2), как и формулы, использованные Н. А. Козыревым, относятся к случаю, когда относительная скорость движения следствия и причины существенно меньше по модулю хода времени  $c_2$ , то есть  $v \ll c_2$  (где  $v = |\mathbf{v}_c| = |\mathbf{v}_n|$ ). В таком случае из формул (2) вытекает, что  $|\mathbf{K}_c| \ll |\mathbf{F}_c|$  и  $|\mathbf{K}_n| \ll |\mathbf{F}_n|$ , поэтому добавочные силы представляют собой малую добавку к классическим силам.

Отметим, что так как при  $v \ll c_2$  выполняется  $v\delta t \ll c_2\delta t$ , то в силу (1) имеет место неравенство  $v\delta t \ll \delta x$ . Величина  $\delta x$  есть пространственное расстояние между точкой-причиной и точкой-следствием, а величина  $v\delta t$  есть смещение этих точек относительно друг друга за промежуток времени  $\delta t$ , поэтому из последнего неравенства вытекает, что расстояние между данными точками и направление, соединяющее их, ничтожно мало меняются за время  $\delta t$ . А поскольку силы  $\mathbf{F}_c$  и  $\mathbf{F}_n$ , учитываемые классической механикой, определяются как раз этими расстоянием и направлением, то из сказанного следует, что изменение сил  $\mathbf{F}_c$  и  $\mathbf{F}_n$  за время  $\delta t$  пренебрежимо мало. Именно это обстоятельство позволило принять во втором постулате, что данные силы направлены вдоль прямой, которая соединяет причину и следствие в моменты, разделенные промежутком времени  $\delta t$ , а не вдоль прямой, соединяющей взаимодействующие точки в один и тот же момент времени, как считается в классической механике.

Из первого постулата вытекает, что в пределе при  $\delta t \rightarrow 0$  будет  $c_2 = \infty$ . В этом случае, как отмечалось, добавочные силы обращаются в нуль и причинная механика переходит в механику классическую. Следовательно, *причинная механика может рассматриваться как обобщение классической механики*.

Такое обобщение представляется особенно естественным, если обратить внимание на тот факт, что вследствие малости добавочных сил ( $|\mathbf{K}_c| \ll |\mathbf{F}_c|$  и  $|\mathbf{K}_n| \ll |\mathbf{F}_n|$ ) эффект, выражаемый вторым постулатом, может быть описан не как появление добавочных сил, а как отклонение классических сил  $\mathbf{F}_c$  и  $\mathbf{F}_n$  от прямой причина — следствие на малый угол, равный  $\arcsin(|\mathbf{K}_c|/|\mathbf{F}_c|)$ . В этом случае составляющие сил  $\mathbf{F}_c$  и  $\mathbf{F}_n$  вдоль направления, перпендикулярного данной прямой, будут равны как раз  $\mathbf{K}_c$  и  $\mathbf{K}_n$ . (Точность измерения сил в опытах Н. А. Козырева не позволяет различить эти варианты.) Обсудим этот вариант второго постулата.

В теоретической механике при рассмотрении системы взаимодействующих материальных точек традиционно принимается положение, что *силы взаимодействия любых двух внутренних точек системы направлены вдоль прямой, соединяющей эти точки* (рис. 2,а) [6, с. 137]. Данное положение является дополнительным к трем законам Ньютона, и именно с его помощью выводится закон сохранения момента импульса (при этом закон сохранения импульса не зависит от этого положения и вытекает из одних только законов Ньютона). Отказ от данного положения в обсуждаемом варианте второго постулата означает возможность отклонения сил от прямой, соединяющей взаимодействующие точки, и тем самым приводит к возможности появления моментов (рис. 2,б). Обратим внимание на то, что в механике сплошной среды [7], законы которой строятся по аналогии с законами теоретической механики, не принимается положение, аналогичное указанному. Благодаря этому, в механике сплошной среды сразу допускается действие как сил, так и моментов. Поэтому ис-

ключение указанного положения из системы аксиом теоретической механики представляется вполне оправданным.

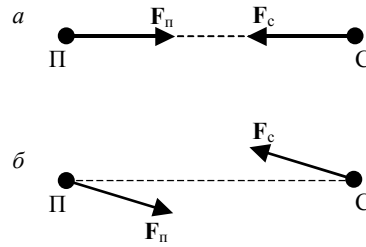


Рис. 2. Взаимодействующие материальные точки П и С в теоретической механике (а) и в причинной механике (б).

В обоих случаях III закон Ньютона выполняется, т. е. силы взаимодействия  $F_П$  и  $F_С$  равны по величине и противоположны по направлению, но в случае а они имеют одну линию действия, а в случае б линии действия сил  $F_П$  и  $F_С$  параллельны, но не совпадают.

Введенное Н. А. Козыревым представление об элементарном причинно-следственном звене, в котором взаимодействующие материальные точки находятся на минимально возможном расстоянии друг от друга, очевидно, соответствует экспериментальной ситуации, которая реализуется в ускорителях элементарных частиц при столкновениях пучков частиц, разогнанных до больших скоростей. Опишем процесс столкновения частиц с позиции причинной механики.

Рассмотрим две элементарные частицы, которые несут электрические заряды  $e$  или  $-e$  ( $-e$  — заряд электрона) и находятся друг от друга на минимально возможных пространственном  $\delta x$  и временном  $\delta t$  расстояниях. Допустим, для простоты, что они взаимодействуют посредством только электрических сил, описываемых законом Кулона. В таком случае сила их взаимодействия равна по модулю

$$F = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0(\delta x)^2}, \quad (4)$$

где  $\epsilon_0$  — электрическая постоянная (здесь мы не учитываем малые добавочные силы, вводимые вторым постулатом; использована система единиц физических величин СИ).

Составим произведение трех величин  $F$ ,  $\delta x$  и  $\delta t$ , и преобразуем его с учетом зависимостей (1) и (4):

$$F\delta x\delta t = \frac{e^2\delta t}{4\pi\epsilon_0\delta x} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\frac{\delta x}{\delta t}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 c_2} = \delta h \frac{c_1}{c_2}, \quad (5)$$

где  $\delta = e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar c_1) \approx 1/137$  — постоянная тонкой структуры;  $\hbar = h/(2\pi)$ ;  $h$  — постоянная Планка.

На основании выражений (3) и (5) получаем:

$$F\delta x\delta t = \hbar. \quad (6)$$

Будем интерпретировать величины  $\delta x$  и  $\delta t$  как минимально возможные неопределенности временного и пространственного расстояний между рассматриваемыми частицами. Тогда  $\Delta E = F\delta x$  есть минимально возможная неопределенность энергии частицы, а  $\Delta p = F\delta t$  — минимально возможная неопределенность ее импульса. Поэтому из (6), используя для неопределенностей  $\delta x$  и  $\delta t$  традиционные обозначения соответственно  $\Delta x$  и  $\Delta t$ , получаем два равенства:

$$\Delta p\Delta x = \hbar; \quad \Delta E\Delta t = \hbar. \quad (7)$$

Равенства (7) получены здесь без учета функции распределения координат частиц в акте «столкновения». Строгий статистический расчет, проведенный в работе [5], приводит к зависимостям

$$\Delta p\Delta x = \frac{\hbar}{2}; \quad \Delta E\Delta t = \frac{\hbar}{2}. \quad (8)$$

Зависимости (8) в точности совпадают с соотношениями неопределенностей Гейзенберга. Отсюда заключаем, что *причинная механика находится в полном согласии с квантовой физикой*. Более того, причинная механика приводит к новой интерпретации соотношений неопределенностей: эти соотношения оказывается возможным трактовать как следствие того обстоятельства, что при «столкновении» элементарных частиц пространственное и временное расстояния между ними подчиняются закону (1) с константой  $c_2$ , равной  $ac_1$ . Обратим внимание на то, что такая интерпретация соотношений неопределенностей, в отличие от традиционной интерпретации, не служит препятствием для приписывания элементарным частицам вполне определенных траекторий.

Какой же объект или явление природы порождает те свойства реальных процессов, которые в причинной механике характеризуются константой  $c_2$  и силами  $\mathbf{K}_c$  и  $\mathbf{K}_n$ ?

Н. А. Козырев указывает на то обстоятельство, что элементарное причинно-следственное звено не содержит между точкой-причиной и точкой-следствием никаких материальных тел, а только пространство и время. Ученый отмечает, что пространство может рассматриваться как пассивная арена, на которой разыгрываются события мира, время же само есть некоторое явление природы. На основании этого он делает предположение, что значение величины  $c_2$  и возникновение сил  $\mathbf{K}_c$  и  $\mathbf{K}_n$  обусловлены именно свойствами времени, а не конкретной физической системы или процесса. Именно вследствие этого Н. А. Козырев называет величину  $c_2$  *ходом времени* и полагает, что она представляет собой универсальную мировую константу, подобную, например, скорости света в вакууме.

Воздействие времени на протекающие в природе процессы (если оно действительно имеет место) означает, что время обладает наряду с обычным свойством длительности также другими свойствами. Н. А. Козырев называет эти свойства времени *физическими*, или *активными*, противопоставляя их пассивному геометрическому свойству длительности.

Подчеркнем, что не следует путать понятие хода времени  $c_2$  с понятием длительности времени. В своей теории Н. А. Козырев никоим образом не подвергает ревизии общепринятые представления о длительности времени, и пользуется в рассуждениях и расчетах понятием промежутка времени в точности так, как это делается обычно.

Принимая, что время воздействует на происходящие процессы, очевидно, следует допустить, что и процессы могут, в свою очередь, каким-то образом влиять на свойства времени. Учитывая это и опираясь на результаты проведенных экспериментов, Н. А. Козырев вводит еще одну, переменную, характеристику времени. Утверждение о ее наличии может быть сформулировано в виде следующего постулата.

**Постулат о существовании переменной характеристики времени.** *Время наряду с постоянным свойством — ходом  $c_2$  — обладает и переменным свойством — плотностью, — которая зависит от происходящих процессов.*

Н. А. Козырев провел большой цикл экспериментальных исследований этого свойства времени и получил важные результаты [2, 3]. Однако в связи с тем, что ему не удалось ввести количественную характеристику плотности времени, обсуждать данный постулат не будем. Отметим только основные выводы ученого, касающиеся этого свойства времени.

Плотность времени характеризует активность влияния времени на системы и процессы нашего Мира. При этом плотность времени в данном месте пространства сама зависит от процессов, происходящих вокруг него. Процессы, в которых идет возрастание энтропии, то есть происходит разупорядочение, увеличивают вокруг себя плотность времени, и, наоборот, процессы, сопровождающиеся понижением энтропии, уменьшают плотность времени. Можно сказать, что время несет в себе организованность, или негэнтропию, и оно либо излучается системой, когда организованность системы уменьшается, либо поглощается системой, когда ее организованность возрастает.

В связи с тем, что любой процесс изменяет вокруг себя плотность времени, он через это свойство времени оказывает воздействие на ход других процессов и состояние окружающего вещества. Тем самым посредством плотности времени устанавливается взаимосвязь всех процессов, происходящих в природе.

Из сказанного видно, что понятие времени играет ключевую роль в причинной механике, поэтому причинную механику называют также *теорией времени* Козырева.

Свои представления о времени Н. А. Козырев кратко формулирует так: «*Время представляет собой явление природы с разнообразными свойствами, которые могут быть изучены лабораторными опытами и астрономическими наблюдениями*» [2, с. 384].

Более 30 лет Н. А. Козырев проводил лабораторные исследования в подтверждение и развитие своей теории времени. Он и его многолетний соратник В. В. Насонов разработали специальные датчики, с помощью которых оказалось возможным осуществлять астрономические наблюдения над звездами и другими космическими объектами. Анализируя полученные наблюдательные данные, ученый делает вывод, что используемое в теории относительности пространство Минковского «является не абстрактной схемой, изобретенной для краткой записи следствий специальной теории относительности, а отвечает действительности и описывает геометрию реального мира» [8]. Этот вывод свидетельствует о том, что *причинная механика находится в согласии также с теорией относительности.*

В завершение отметим, что причинная механика Козырева может дать ответы не только на те вопросы, для разрешения которых ее строил сам автор этой теории, но и на другие вопросы, не находящие ответов в рамках современной науки. Это связано с тем, что причинная механика — единственная из имеющихся физических теорий, в которой изначально заложены представления о зеркальной асимметрии мира, о моментах сил, возникающих при причинно-следственных взаимодействиях и об активной роли времени в таких взаимодействиях. Благодаря этим положениям причинная механика имеет шанс ответить, в частности, на следующие вопросы, не



находящие разрешения много десятилетий. Почему во всех живых объектах молекулы ДНК имеют исключительно правую закрутку, а молекулы белков имеют исключительно левую закрутку? Почему молекулы ДНК способны к репликации (размножению), а многочисленные искусственно созданные полимерные молекулы не способны к ней? Причинная механика, возможно, позволит разрешить также имеющееся противоречие между происходящим в процессе эволюции материи усложнением ее структур, прежде всего живого вещества, и вытекающей из второго начала термодинамики неизбежности деградации материи — превращения сложных, упорядоченных (низкоэнтропийных) структур в простые, разупорядоченные (высокоэнтропийные).

Таким образом, причинная механика Козырева, не вступая в противоречие с общепринятыми концепциями современной физики, гармонично дополняет имеющуюся картину мира. Поэтому необходимо продолжать теоретические и экспериментальные исследования в данном направлении.

## Литература

1. *Козырев Н. А.* Причинная или несимметричная механика в линейном приближении. — Пулковое: [Б. и.], 1958. — 90 с.
2. *Козырев Н. А.* Избранные труды. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. — 447 с.
3. *Время и звезды: к 100-летию Н. А. Козырева.* — СПб.: Нестор-История, 2008. — 790 с.
4. *Шихобалов Л. С.* Основы причинной механики Н. А. Козырева // Изучение времени: концепции, модели, подходы, гипотезы и идеи: Сб. научн. трудов / Под редакцией В. С. Чуракова. — Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2005. — С. 105–125, 248–251. — (Библиотека времени; Вып. 2). — Англ. перев.: *Shikhobalov L. S.* The fundamentals of N. A. Kozyrev's causal mechanics // On the way to understanding the time phenomenon: the constructions of time in natural science. Part 2: The "active" properties of time according to N. A. Kozyrev / Editor A. P. Levich. — Singapore; New Jersey; London; Hong Kong: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1996. — P. 43–59. — (Series on advances in mathematics for applied sciences; Vol. 39). — Русский и английский тексты статьи имеются на сайте Web-Института исследований природы времени (<http://www.chronos.msu.ru>).
5. *Шихобалов Л. С.* Квантовомеханические соотношения неопределенностей как следствие постулатов причинной механики Н. А. Козырева; силы в причинной механике // Изучение времени: концепции, модели, подходы, гипотезы и идеи: Сб. научн. трудов / Под редакцией В. С. Чуракова. — Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2005. — С. 126–156. — (Библиотека времени; Вып. 2). — Англ. перев.: *Shikhobalov L. S.* Quantum-mechanical uncertainty relations as a consequence of the postulates of N. A. Kozyrev's causal mechanics; forces in causal mechanics // On the way to understanding the time phenomenon: the constructions of time in natural science. Part 2: The "active" properties of time according to N. A. Kozyrev / Editor A. P. Levich. — Singapore; New Jersey; London; Hong Kong: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1996. — P. 109–134. — (Series on advances in mathematics for applied sciences; Vol. 39). — Русский и английский тексты статьи имеются на сайте Web-Института исследований природы времени (<http://www.chronos.msu.ru>).
6. *Поляхов Н. Н., Зегжда С. А., Юшков М. П.* Теоретическая механика. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1985. — 536 с.
7. *Седов Л. И.* Механика сплошной среды. — 4-е изд. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983 – 1984. — (Т. 1. — 1983. — 528 с.; Т. 2. — 1984. — 560 с.).
8. *Козырев Н. А.* Астрономическое доказательство реальности четырехмерной геометрии Минковского // Проявление космических факторов на Земле и звездах. — М.; Л.: [Б. и.], 1980. — С. 85–93. — (Проблемы исследования Вселенной; Вып. 9). — Переиздано в [3, с. 132–140].