

О ПОНИМАНИИ СТРУКТУРНОСТИ И СИСТЕМНОСТИ ЖИВОГО

Цюпка В.П.¹

¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ», Белгород, e-mail: tsjupka@bsu.edu.ru

Статья посвящена структурности и системности живого. Несмотря на то, что эти термины хорошо известны, понимание их сути всё ещё остаётся не решённой до конца проблемой современной биологии (и на теоретическом, и на метатеоретическом уровнях), а также философии биологии. Автор предлагает оригинальные определения структурности и системности живого, освещает такие специфические особенности биологических систем, как сложность, открытость и динамичность, функциональность, деление биосистем на жёсткие и дискретные, вполне самостоятельные и переживаемые с приведением множества примеров. Формулируются основные положения новой общебиологической теории структурности и системности живого, которые имеют значение для биологической методологии, а также могут рассматриваться в качестве элементов концепции структурности и системности живого, входящей в состав биологической картины мира.

Ключевые слова: структурность живого, системность живого, живая система, биологическая система, функция, набор функций.

ABOUT UNDERSTANDING THE STRUCTURENESS AND SYSTEMNESS OF LIVING

Tsyupka V.P.¹

¹Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: tsjupka@bsu.edu.ru

The article is devoted to the structureness and systemness of living. Despite the fact that these terms are well known, understanding of their essence still remains unresolved until the end of the problem of modern biology (and at the theoretical, and at the metatheoretic levels) and philosophy of biology. The author proposes an original definitions of structureness and systemness of living, characterizes such specific features of biological systems, as their complexity, openness and dynamism, functionality, division of biosystems on hard and discrete, completely independent and outlived with bringing many examples. Presents the original wordings of the main provisions of the new general-biological theory of the structureness and systemness of life, which have importance for biological methodology and can be considered as the elements of concept of structureness and systemness life, being a part of biological picture of the world.

Keywords: structureness of living, systemness of living, a living system, function, a set of functions.

Вероятнее всего не найдётся у кого-нибудь желания оспаривать высказывание о том, что понимание таких свойств (качеств) живого (или живого естества, или живой природы, или живой материи, или живого материального мира, или живого объективного мира, или живой действительности), как его структурность и системность, включая понимание специфичности, отличительных особенностей как структурности, так и системности живого, является одной из не решённых ещё до конца проблем современной биологии (и на теоретическом, и на метатеоретическом уровнях), а также философии биологии.

Как известно, живое (или живое естество, или живая природа, или живая материя, или живой материальный мир, или живой объективный мир, или живая действительность) является неотъемлемой частью всего естества (или всей природы, или всей материи, или всего материального мира, или всего объективного мира, или всей действительности). И ему,

как части, передаются такие хорошо известные всеобщие, универсальные свойства (атрибуты) целого, как структурность и системность.

Структурность живого (или живого естества, или живой природы, или живой материи, или живого материального мира, или живого объективного мира, или живой действительности) предлагается понимать следующим образом. Живое объективно не просто разделено, расчленено, фрагментировано на очень похожие (одинаковые), не очень похожие (подобные) или совсем не похожие (разные) отдельности, части, единицы, тем самым представлено ими, являющимися объектами для той или иной биологической науки, а обязательно с имеющимися между ними, появляющимися естественным образом (по внутренним причинам), устойчивыми связями, на основе которых осуществляется взаимодействие между ними и взаимоотражение друг друга, которые тоже являются объектами для той или иной биологической науки. Например, зоология изучает различных животных или ботаника – различные растения, а демэкология, или популяционная экология, наряду с другими вопросами – связи, взаимодействия и взаимные отражения между особями какого-либо вида животных или растений в популяции (например, конкурентную борьбу), синэкология наряду с другими вопросами – связи, взаимодействия и взаимные отражения между популяциями разных видов животных и растений в том или ином биоценозе (трофические, топические, форические или фабрические связи, симбиотические или антибиотические отношения). Или биохимия изучает не только сами конкретные, индивидуальные вещества, имеющиеся в живом (например, глюкозу, глюкозо-6-фосфат, фруктозо-6-фосфат, фруктозо-1,6-дифосфат, дигидроксиацетонфосфат, глицеральдегид-3-фосфат, 1,3-дифосфоглицериновую кислоту, 3-фосфоглицериновую кислоту, 2-фосфоглицериновую кислоту, фосфоенолпировиноградную кислоту, пировиноградную кислоту, АДФ, АТФ, НАД⁺, НАДН, ортофосфорную кислоту, воду), но и связи, взаимодействия и взаимные отражения между ними (в выше приведённом примере – биохимические реакции гликолиза или пути Эмбдена-Мейергофа-Парнаса).

Под системностью живого (или живого естества, или живой природы, или живой материи, или живого материального мира, или живого объективного мира, или живой действительности) предлагается понимать способность какого-то множества (какой-то совокупности) отдельностей (частей, единиц) живого приобретать определённую устойчивую упорядоченность вследствие более тесных, существенных, значимых связей, взаимодействий и взаимоотражений между ними по сравнению с другими связями, взаимодействиями и взаимоотражениями, которые имеются между отдельностями (частями, единицами) данного множества (данной совокупности) и внешними по отношению к ним отдельностями (частями, единицами), с возникновением тех или иных относительно

отграниченных, обособленных от среды (в том числе от других устойчивых упорядоченностей), устойчивых, сохраняющихся и выполняющих определённые функции живых образований, характеризующихся целостностью, единством, которые называют живыми системами. При этом отдельные (части, единицы) той или иной живой системы называют элементами (их совокупность называют составом живой системы), а совокупность связей между элементами, на основе которых осуществляются взаимодействия и взаимоотражения, – структурой (как и для всех других систем). Надо ещё обязательно подчеркнуть, что у живой системы, как и у всех других систем, появляются новые системные (интегративные, эмерджентные) свойства, отсутствующие у её элементов, не сводимые к ним. К тому же, как утверждали В.И. Дубовской и А.И. Кузовкин [1], W.R. Ashby указывал на то, что связи между элементами системы должны быть «по крайней мере на порядок выше, чем связь между каждым из этих элементов и объектами, не входящими в» [1, с. 177] данную систему. Вполне очевидно, что живые системы в этом не должны быть исключением.

Следует отметить следующее обстоятельство. Несмотря на то, что, строго говоря, понятия «структура» и «система» определяются по-разному, в трудах биологов понятие «структура» всё ещё можно встретить в традиционном понимании совокупности закономерных, устойчивых связей между частями биологического объекта вместе с самими его частями. Такая подмена понятия «система» понятием «структура» является, безусловно, некорректной. Следует всё-таки отдавать предпочтение в данном понимании понятию «система».

Так как живые системы изучает биология, то принято их называть биологическими системами или биосистемами.

Следует указать на то, что биологические системы характеризуются большей сложностью по сравнению с теми небиологическими материальными системами, которые существовали и до появления биологических систем, в том числе и породившими их, а также продолжали существовать и после появления биологических систем. Подобные высказывания можно встретить, например, в работах В.И. Дубовского и А.И. Кузовкина [1], Ц. Кардашева [2].

Очень важно ещё отметить, что биологические системы, являясь, как известно, открытыми, характеризуются не как статические, а как динамические, так как они существуют и самоподдерживаются благодаря непрерывному поглощению из внешней среды различных веществ (органических из живых или уже неживых тел, или же неорганических), а в ряде случаев и квантов электромагнитного поля (фотонов света), преобразованию и использованию поглощённых веществ, а в ряде случаев и преобразованию

электромагнитных волн (света) с извлечением и использованием соответственно вещественной или волновой (лучистой, световой) энергии, а затем удалению ненужных веществ, а в ряде случаев и квантов (фотонов) электромагнитного поля в более простых формах (менее сложных органических, а также неорганических окисленных веществ, квантов электромагнитного поля – фотонов – меньшей частоты) за свои пределы (границы). Таким образом, благодаря осуществляемому обмену веществ (метаболизму) динамические биологические системы, по меткому выражению Э.С. Бауэра [3], находятся в состоянии долговременного устойчивого неравновесия по отношению к внешней среде и за счёт этого могут не только длительно поддерживать свою работоспособность, но и низкие значения своей энтропии. При этом, как известно, энтропия повышается во внешней среде. Как написал В.А. Алексеев [4], Э.С. Бауэр доказал положение о том, что биологические системы «могут сохраняться лишь в процессе их преобразования и что на это постоянно тратится работа» [4, с. 185]. Как написал тот же В.А. Алексеев [4], К.С. Тринчер [5] подчёркивал, что биологическая система сохраняется благодаря антиэнтропийным рабочим процессам», которые беспрестанно устраняют случайно возникающие дефекты, связанные с тепловой деструкцией» [4, с. 185]. Как заметил А.И. Опарин [6], совокупность реакций метаболизма (обмена веществ) биологической системы, в основе чего лежит единство синтеза и распада (ассимиляции и диссимиляции, или анаболизма и катаболизма), направлена на непрерывное самосохранение.

Открытые динамические биологические системы изначально соответствуют определённой выполняемой ими функции (или набору функций). По Ю.Г. Маркову [7], для системы «функция реализуется структурой и объясняется с помощью структуры» [7, с. 20] данной системы. Как указывал А.С. Мамзин [8], многообразие форм организации биологических систем соответствует многообразию выполняемых ими функций. При этом функция разных биологических систем может пониматься в биологии по-разному, как писал А.С. Мамзин [8]. Например, в биохимии под функцией какого-либо индивидуального (конкретного) вещества понимается его роль в обмене веществ (метаболизме) целостного организма, как его свойство, способность «вызывать или оказывать то или иное действие» [8, с. 135] на другие вещества при их взаимодействии, как, например, любой фермент (энзим) выполняет каталитическую функцию, АТФ – энергетическую, ДНК и РНК – информационную. В физиологии, как известно, под функцией (или набором функций) клетки, ткани, органа или системы органов понимают их активную специализированную деятельность в целостном организме, как, например, эритроцит выполняет транспортную, защитную и регуляторную функции; поперечно-полосатая сердечная мышечная ткань – нагнетательную функцию, лист – фотосинтезирующую, транспирационную и газообменную

функции (у ряда растений ещё запасную, а также выделительную), пищеварительная система – моторно-механическую, секреторную, всасывающую и выделительную функции. Причём, часть организма может выполнять свою функцию и пассивно, как, например, панцирь черепахи или иглы ежа выполняют защитную функцию уже тем, что они есть. В биологической экологии под функцией особи в составе популяции, популяции в составе вида, вида, представленного популяцией в биоценозе, понимают, прежде всего, их участие в общем потоке вещества и энергии. Но, как писал А.С. Мамзин [8], несмотря на такое разное понимание сути функции различных биологических систем, «все они выражают либо роль частей, компонентов в целом, либо частное проявление общей деятельности, то есть» [8, с. 135] в любом случае «являются выражением отношений целого и составляющих его элементов» [8, с. 135]. Можно сказать, что функция биологической системы проявляется как её роль в составе более сложной биологической системы, одним из элементов которой она является. Ю.Г. Марков [7] писал: «Единство функции и структуры можно понимать также как единство внешнего и внутреннего аспектов при рассмотрении сложных систем.» [7, с. 20] На важность познания функциональности биологической системы указывал, например, разрабатывавший теорию функциональной системы П.К. Анохин [9]. Он писал: «Для ... биологов система появляется там, где у этой организации имеются какие-то приспособительные, полезные для жизни ... результаты» [9, с. 101]. А В. Glass, как пишет З.В. Каганова [10], характеризуя дополненность структурной и функциональной характеристик биологической системы, а также дополненность структурного и функционального подходов к изучению биологической системы, указывал на то, что «под дополненностью структуры и функции мы подразумеваем просто, что нельзя понять структуру без функции и функцию без структуры» [10, с. 117]. На «необходимость функционального подхода к исследованию возникновения, существования и развития живых систем» [8, с. 134] указывали, как пишет А.С. Мамзин [8], и другие учёные, например, L. von Bertalanffy, W.R. Ashby, J. Bernal, А.Н. Колмогоров, Г.М. Франк, В.А. Энгельгардт.

Напрашивается вывод о том, что любая биологическая система характеризуется, в первую очередь, своей функцией или своим набором функций, которые определяются собственной структурой. Можно сказать, что функция или набор функций той или иной биологической системы детерминированы структурой этой системы, а не наоборот. При этом следует согласиться с мнением ряда авторов о том, что эволюционно биологическая система изменяется изначально случайно, а затем подгоняется вследствие действия естественного отбора под необходимые функцию или набор функций, задаваемых условиями внешней среды, с которыми неотделимо связана и взаимодействует соответствующая биологическая система. Похожие высказывания имеются, например, в работе Н.И. Жукова [11].

Следует различать, во-первых, биологические системы, в которых элементы жёстко связаны, взаимодействуя друг с другом, и не распадаются (хотя собираются, или достраиваются, они из отдельных элементов и искусственно их можно разъединить на эти отдельные элементы), а, во-вторых, биологические системы, элементы которых жёстко не связаны и могут распадаться, либо образуя временную целостность, либо могут вполне существовать и отдельно друг от друга, но совместное существование может быть необходимым, например, выгоднее. Примерами первого типа биологических систем могут быть макромолекулы ДНК, РНК, белков, мембраны, митохондрии, хлоропласты, ядра, клетки, ткани, органы, системы органов, одноклеточные и многоклеточные организмы (отделившиеся от многоклеточного организма органы и живущие какое-то время для выполнения определённой функции, как, например, гектокотиль *Argonauta sp.*, палоло – задние сегменты – *Eunice viridis* или зрелую пролоттиду представителей класса *Cestoda*, нельзя рассматривать в качестве вполне самостоятельных особей, бионтов, организмов, индивидов), популяции и виды, представленные особями разных полов, биоценозы. Примерами биологических систем второго типа могут быть рибосомы, хромосомы, колониальные организмы (особи, бионты, индивиды), популяции и виды, представленные бесполоыми или гермафродитными особями, или же женскими особями, способными к партеногенезу, протокооперация (кооперация) между разновидовыми популяциями в биоценозе.

А.А. Малиновский [12] предложил различать биологические системы, во-первых, жёсткие, а, во-вторых, дискретные (корпускулярные). Под жёсткими биологическими системами он понимал такие биологические системы, которые имеют неповторяющиеся, не дублирующие друг друга элементы, в которых «жёстко необходим каждый элемент» [12, с. 274], и повреждение одного из них «может привести к гибели» [12, с. 274] всей биологической системы. Под дискретными (корпускулярными) биологическими системами он понимал такие биологические системы, которые имеют ряд подобных, дублирующих друг друга, взаимозаменяемых элементов, и повреждение одного из ряда таких элементов может только лишь привести к снижению эффективности функции, но не к гибели всей биологической системы, сохраняя её живучесть. В качестве примеров жёстких биологических систем А.А. Малиновский приводит гаплоидный набор хромосом, клетку, глаз, систему органов, два пола, а в качестве примеров дискретных (корпускулярных) биологических систем – диплоидный и полиплоидный наборы хромосом, цитоплазму, ткань, печень, почку, два глаза, несколько пальцев на хватательной конечности, совокупность особей одного пола, вид, систему биоценозов. Конечно, в этом есть какое-то рациональное зерно, но, на наш взгляд, всё гораздо сложнее, так как не всегда биологическую систему

можно однозначно отнести к жёсткой или дискретной (корпускулярной), как предлагает А.А. Малиновский. Особенно, если ещё учитывать, какие именно одиночные элементы повреждены (жизненно важные или нет), а также способность к регенерации, которая, как известно, связана с тем, на какой ступени эволюционной лестницы стоит организм (особь, бионт, индивид). Мутация в гаплоидном наборе хромосом, например, не всегда может быть летальной для особи: чаще всего она снижает её адаптационные возможности, но очень редко может и повысить её адаптационные возможности к выживанию в конкретной среде обитания. Что касается клетки, то в ней имеются и неповторяющиеся органоиды, например, ядро, клеточный центр, и повторяющиеся органоиды, например, митохондрии, рибосомы, лизосомы. В системах органов могут быть и парные органы (почки, лёгкие, руки, ноги), и большее количество подобных органов (3 пары слюнных желёз, огромное количество капилляров), повышающие живучесть особи. Известно, что клетка, в том числе одноклеточный организм, орган, многоклеточный организм, имеющий даже системы органов, не всегда могут погибнуть или сократить свою жизнь при повреждении или удалении одного из образующих эти системы элементов. Клетки *Bacillus megaterium*, лишённые клеточной оболочки, могут не погибнуть, оставаясь в изотонической или гипертонической среде, и в определённых условиях жизненно важная клеточная оболочка может регенерировать, как указывают Р. Стейниер, Э. Эдельберг и Дж. Ингрэм [13]. Кроме того, Р. Стейниер, Э. Эдельберг и Дж. Ингрэм [14] обращают внимание на то, что микоплазмы и эвгленовые жгутиконосцы изначально лишены клеточной оболочки и прекрасно обходятся без неё. Ряд представителей эвгленовых жгутиконосцев, кроме того, может обходиться без хлоропластов, они могут исчезать и появляться в зависимости от условий среды. Лишённая хлоропластов, хромопластов или лейкопластов, но не всех пластид одновременно, растительная клетка способна их воссоздать благодаря взаимопревращениям пластид. Клетка и одноклеточный организм будет продолжать нормально существовать при удалении включений. Низшие многоклеточные беспозвоночные, например, *Hydra vulgaris* или имеющие метамерное строение представители подотряда *Lumbricina*, могут даже размножаться путём регенерации частей своего тела. Даже потеря самцов не всегда может привести к гибели вида: известны виды беспозвоночных и позвоночных, представленные самками, способными к партеногенезу в отсутствие самцов. Биоценоз также трудно отнести однозначно к жёсткой или же дискретной (корпускулярной) биологической системе, так как, с одной стороны, участвующие в биоценозе популяции разных видов могут дублировать друг друга, даже разделяя территорию одной и той же экологической ниши, но, с другой стороны, должно быть обязательное, жёсткое взаимодействие продуцентов, консументов и

редуцентов, чтобы обеспечить круговороты химических элементов и, тем самым, практическую неисчерпаемость неорганических ресурсов.

Следует также ещё различать биологические системы, во-первых, как вполне самостоятельные, способные отправлять все свои жизненные функции во взаимодействии с внешней средой автономно, самодостаточно, к условиям которой они постоянно адаптируются (либо на основе унаследованной нормы реакции всех своих признаков, либо на основе вариативного самовоспроизводства структурных единиц), а, во-вторых, как переживаемые, способные к существованию в функциональном состоянии либо в тесном взаимодействии с другими биологическими системами, либо в искусственных условиях, создаваемых и поддерживаемых человеком (о таком делении писал, например, В.Л. Рыжков [15]). К биологическим системам первого типа можно отнести особи (организмы, бионты, индивиды) клеточного строения, колонии, стаи, стада, прайды, популяции, виды, биоценозы, а также всё живое. Ко второму типу биологических систем следует отнести молекулярные, органоидные, клеточные (кроме одноклеточного организма), тканевые, органые биосистемы, системы органов, а также неклеточные формы жизни (например, вирусы, которые, как облигатные внутриклеточные паразиты на генетическом уровне, для завершения своего жизненного цикла нуждаются в подходящих живых клетках).

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы, которые вполне могут быть основными положениями новой общебиологической теории структурности и системности живого (или живого естества, или живой природы, или живой материи, или живого материального мира, или живого объективного мира, или живой действительности). Они имеют значение и для биологической методологии, помогая понять, каким образом подойти к изучению живого (или живого естества, или живой природы, или живой материи, или живого материального мира, или живого объективного мира, или живой действительности). А в связи с тем, что они несут и мировоззренческую нагрузку, они могут рассматриваться и в качестве элементов концепции структурности и системности живого (или живого естества, или живой природы, или живой материи, или живого материального мира, или живого объективного мира, или живой действительности), входящей в состав биологической картины мира.

1. Структурность живого (или живого естества, или живой природы, или живой материи, или живого материального мира, или живого объективного мира, или живой действительности) понимается так, что оно не просто разделено, расчленено, фрагментировано на очень похожие (одинаковые), не очень похожие (подобные) или совсем не похожие (разные) отдельности, части, единицы, тем самым представлено ими, а обязательно с имеющимися между ними, появляющимися естественным образом (по

внутренним причинам), устойчивыми связями, на основе которых осуществляется взаимодействие между ними и взаимоотражение друг друга.

2. Системность живого (или живого естества, или живой природы, или живой материи, или живого материального мира, или живого объективного мира, или живой действительности) понимается как способность какого-то множества (какой-то совокупности) отдельных (частей, единиц) живого приобретать определённую устойчивую упорядоченность вследствие более тесных, существенных, значимых связей (превосходящих по мощности, или силе, на интервале времени, не равным нулю), взаимодействий и взаимоотражений между ними по сравнению с другими связями, взаимодействиями и взаимоотражениями, которые имеются между отдельностями (частями, единицами) данного множества (данной совокупности) и внешними по отношению к ним отдельностями (частями, единицами), с возникновением тех или иных относительно отграниченных, обособленных от среды (в том числе от других устойчивых упорядоченностей), устойчивых, сохраняющихся и выполняющих определённые функции живых образований, характеризующихся целостностью, единством, которые являются, по сути, живыми системами. Но так как живые системы изучает биология, то их следует всё-таки называть биологическими системами или биосистемами. При этом отдельные (части, единицы) той или иной биосистемы следует называть элементами (их совокупность характеризует состав биосистемы), а совокупность связей между элементами, на основе которых осуществляются взаимодействия и взаимоотражения, – структурой. У биосистемы появляются новые системные (интегративные, эмерджентные) свойства, отсутствующие у её элементов, не сводимые к ним.

3. Биосистемы характеризуются большей сложностью по сравнению с теми небологическими материальными системами, которые существовали и до появления биосистем, в том числе и породившими их, а также продолжали существовать и после появления биосистем.

4. Биосистемы являются открытыми динамическими, осуществляя направленный на самосохранение обмен веществ (метаболизм), в основе чего лежит единство синтеза и распада (ассимиляции и диссимиляции, или анаболизма и катаболизма). Благодаря этому они находятся в состоянии долговременного устойчивого неравновесия по отношению к внешней среде и за счёт этого могут не только длительно поддерживать свою жизнедеятельность, но и низкие значения своей энтропии, повышая энтропию во внешней среде. Благодаря антиэнтропийным рабочим процессам в биосистеме беспрестанно устраняются случайно возникающие дефекты, связанные с тепловой деструкцией.

5. Открытые динамические биосистемы в силу своего структурного разнообразия выполняют разнообразные функции или наборы функций по отношению к среде, в том числе к другим биосистемам. Эти функции или наборы функций, дающие определённые приспособительные, полезные для биосистемы результаты, реализуются структурой и объясняются с помощью структуры конкретной биосистемы. Но эволюционно изначально случайно изменяется структура биосистемы, а затем она подгоняется вследствие действия естественного отбора под необходимые функцию или набор функций, задаваемых условиями внешней среды, с которыми неотделимо связана и взаимодействует соответствующая биосистема. Таким образом, функционирование биосистемы, выражающее её внешнее бытие, и структура биосистемы, выражающая её внутреннее бытие, составляют единство, взаимно дополняя друг друга в том смысле, что невозможно понять структуру без функции, а функцию без структуры.

6. Биосистемы могут быть, во-первых, жёсткими, в которых элементы жёстко связаны, взаимодействуя друг с другом, и не распадаются (хотя собираются, или достраиваются, они из отдельных элементов и искусственно их можно разъединить на эти отдельные элементы), а, во-вторых, дискретными, элементы которых жёстко не связаны и могут распадаться, либо образуя временную целостность, либо могут вполне существовать и отдельно друг от друга, но совместное существование может быть необходимым, например, выгодным.

7. Биосистемы могут быть, во-первых, вполне самостоятельными, способными отправлять все свои жизненные функции во взаимодействии с внешней средой автономно, самодостаточно, к условиям которой они постоянно адаптируются (либо на основе унаследованной нормы реакции всех своих признаков, либо на основе вариативного самовоспроизводства структурных единиц), а, во-вторых, переживаемыми, способными к существованию в функциональном состоянии либо в тесном взаимодействии со средой, в том числе с другими биологическими системами, либо в искусственных условиях, создаваемых и поддерживаемых человеком.

Список литературы

1. Дубовской В.И. Развитие уровней организации биологических систем в свете взаимосвязи структуры с массой и энергией / В.И. Дубовской, А.И. Кузовкин // Развитие концепции структурных уровней в биологии / Под ред. Б.Е. Быховского и др. – М.: Наука, 1972. – С. 176-182.
2. Кардашев Ц. Структурные уровни и определение некоторых категорий, связанных с развитием / Ц. Кардашев // Развитие концепции структурных уровней в биологии / Под ред. Б.Е. Быховского и др. – М.: Наука, 1972. – С. 208-219.
3. Бауэр Э.С. Теоретическая биология / Э.С. Бауэр. – М.-Л.: Изд-во Всесоюз. ин-та эксперимент. медицины (ВИЭМ), 1935. – 150 с.
4. Алексеев В.А. Взаимосвязь исторического и системно-структурного подходов к исследованию сущности и уровней биологической организации / В.А. Алексеев // Развитие

- концепции структурных уровней в биологии / Под ред. Б.Е. Быховского и др. – М.: Наука, 1972. – С. 183-193.
5. Тринчер К.С. Биология и информация. Элементы биологической термодинамики / К.С. Тринчер. – М.: Наука, 1964. – 100 с.
6. Опарин А.И. Пути становления биологической организации / А.И. Опарин // Развитие концепции структурных уровней в биологии / Под ред. Б.Е. Быховского и др. – М.: Наука, 1972. – С. 235-246.
7. Марков Ю.Г. Функциональный подход в современном научном познании / Ю.Г. Марков; отв. ред. А.Н. Кочергин, М.В. Глазырин. – Новосибирск: Наука, 1982. – 255 с.
8. Мамзин А.С. Понятие функции в биологии и структурные уровни организации живого / А.С. Мамзин // Развитие концепции структурных уровней в биологии / Под ред. Б.Е. Быховского и др. – М.: Наука, 1972. – С. 134-145.
9. Анохин П.К. Функциональная система как универсальный принцип изучения уровней биологической организации / П.К. Анохин // Развитие концепции структурных уровней в биологии / Под ред. Б.Е. Быховского и др. – М.: Наука, 1972. – С. 100-111.
10. Каганова З.В. Концепция структурных уровней и принципы интегратизма в современной биологии / З.В. Каганова // Развитие концепции структурных уровней в биологии / Под ред. Б.Е. Быховского и др. – М.: Наука, 1972. – С. 112-121.
11. Жуков Н.И. Идея трехплановости отражения в живой природе и ее методологическое значение / Н.И. Жуков // Развитие концепции структурных уровней в биологии / Под ред. Б.Е. Быховского и др. – М.: Наука, 1972. – С. 194-207.
12. Малиновский А.А. Общие особенности биологических уровней и чередование типов организации / А.А. Малиновский // Развитие концепции структурных уровней в биологии / Под ред. Б.Е. Быховского и др. – М.: Наука, 1972. – С. 271-277.
13. Стейниер Р. Мир микробов. В 3 т. Т. 2 / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм ; пер. с англ. под ред. Е.Н. Кондратьевой и С.В. Шестакова. – М.: Мир, 1979. – 334 с.
14. Стейниер Р. Мир микробов. В 3 т. Т. 1 / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм ; пер. с англ. под ред. Е.Н. Кондратьевой и С.В. Шестакова. – М.: Мир, 1979. – 320 с.
15. Рыжков В.Л. Место индивида среди биологических систем / В.Л. Рыжков // Развитие концепции структурных уровней в биологии / Под ред. Б.Е. Быховского и др. – М.: Наука, 1972. – С. 247-259.