

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 577.1:577.2:578:614.4:616.9

**О БИОХИМИИ, «МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ»,
ВИРУСОЛОГИИ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ****Круглов И.В.***Институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова РАН, Москва, e-mail: kruglov18@inbox.ru*

Аннотация. Данная обзорно-дискуссионная статья посвящается некоторым мировоззренческим и терминологическим проблемам таких медико-биологических наук, как биохимия, молекулярная биология, вирусология и эпидемиология, тесно связанных с такими клиническими специальностями, как инфекционные болезни и лабораторная диагностика. Принципиальное отличие живого от неживого. Элементарная биологическая единица и элементарная химическая единица. Нет жизни как таковой на молекулярном уровне. Это имеет самое прямое отношение к вирусам, а также вирионам, плазмидам и прионам. Два этапа в истории вирусологии. Паразитизм на генетическом уровне как атрибут вирусов. Наследственность как свойство молекул нуклеиновой кислоты, в том числе в отсутствие обмена веществ с окружающей средой. Следовательно, наследственность в процессе воспроизведения себе подобных – изначально химическое свойство таких органических веществ, как нуклеиновые кислоты, а не атрибут жизни как таковой. Особенность прионов – воспроизведение себе подобной конформации молекул. Таким образом, воспроизведение себе подобных не является монополией жизни как таковой. Биохимические свойства химических молекул в основе таксономии вирусов. Онтогенез есть краткое повторение филогенеза. Что дает приложение этого общеприродного закона к вирусам – доказательство от противного. Таким образом, на вопрос, являются ли вирусы частью органического мира, ответ – да; на вопрос, являются ли они жизнью, ответ – нет. Формирование супрамолекулярных объектов и их принципиальное отличие от живых объектов.

Ключевые слова: биохимия, молекулярная биология, вирусология, эпидемиология, инфекционные болезни

**ON BIOCHEMISTRY, «MOLECULAR BIOLOGY»,
VIROLOGY AND EPIDEMIOLOGY****Kruglov I.V.***Mechnikov Research Institute of Vaccines and Sera, Moscow, e-mail: kruglov18@inbox.ru*

Annotation. This review and discussion article is devoted to some worldview and terminological problems of such biomedical sciences as biochemistry, molecular biology, virology and epidemiology, closely related to such clinical specialties as infectious diseases and laboratory diagnostics. The fundamental difference between the living and the non-living. Elementary biological unit and elementary chemical unit. There is no life as such at the molecular level. This has the most direct relation to viruses, as well as viroids, plasmids, and prions. Two stages in the history of virology. Parasitism at the genetic level as an attribute of viruses. Heredity as a property of nucleic acid molecules, including in the absence of metabolism with the environment. That is, heredity in the process of reproducing similar ones is initially a chemical property of such organic substances as nucleic acids, and not an attribute of life as such. The feature of prions is the reproduction of a similar conformation of molecules. Thus, the reproducing similar ones is not a monopoly of life as such. Biochemical properties of chemical molecules in the basis of the taxonomy of viruses. Ontogenesis is a brief repetition of phylogenesis. What gives the application of this general biological law to viruses is proof of contrary. Thus, to the question whether viruses are part of the organic world, the answer is yes; to the question whether they are life, the answer is no. The formation of supramolecular objects and their difference of principle from living objects.

Keywords: Biochemistry, molecular biology, virology, epidemiology, infectious diseases

Есть мнение, что «термин “молекулярная биология” принадлежит Фрэнсису Крику, которому надоело в ответ на вопрос о его профессии объявлять себя смесью кристаллографа, биохимика, биофизика и генетика» [1, с. 4]. В то же время есть мнение о том, что авторство термина принадлежит Уоррену Уиверу, директору отдела естественных наук Фонда Рокфеллера, предложившему это наименование в 1938 году. Фонд Рокфеллера в это время занимался, в том числе, кристаллографией белковых структур [2–4]. «Эти работы велись в Кембридже в лаборатории, получившей название “The MRC unit for the study of molecular structure of biological system”, которую сокращенно называли “Лаборатория молекулярной био-

логии”» [5]. В этой лаборатории работали в том числе Дж.Д. Бернал и Дж.Д. Уотсон [5]. При этом Дж.Д. Бернал автором данного термина считал У. Астбери, который впервые устно употребил этот термин в конце 1930-х годов, а с 1946 года начал упоминать его в публикуемых статьях [5; 6, с. 450]. Но сам У.Т. Астбери по этому поводу говорил: «Мне приятно, что сейчас термин “молекулярная биология” уже довольно широко употребляется, хотя маловероятно, что я первым предложил его» [5; 6, с. 450]. Известно также, что «идея молекулярной биологии активно обсуждалась в 1930-е годы в Кембриджском Клубе теоретической биологии с участием Дж. Бернала, Дж. Нидэма и др.» [5, 7]. Таким образом, большинство

историков науки сходятся во мнении, что термин «молекулярная биология» появился так или иначе во второй трети XX века. Однако еще в 1881 году «в Санкт-Петербурге была опубликована серия из шести статей под общим названием “*Основы молекулярной биологии*”» [5, 8, 9]. Правда, это была «публикация в непрофильном (литературно-художественном и общественно-политическом) журнале “Русская речь”» [5]. Принадлежала она «Лазарю Константиновичу Попову – популяризатору науки, автору книг и статей по биологии, антропологии, психологии, физике и истории науки» [5]. Это была весьма смелая для того времени публикация. Хотя определения понятий молекулы и атома были приняты на международном съезде химиков в Карлсруэ еще в 1860 году, существование молекул было доказано Эйнштейном, Смолуховским и Перреном только в 1905–1908 годах [10].

Цель исследования: систематизация и обобщение мировоззренческих и терминологических проблем таких медико-биологических наук, как биохимия, молекулярная биология, вирусология и эпидемиология, тесно связанных с такими клиническими специальностями, как инфекционные болезни и лабораторная диагностика, и предложение решения данных проблем.

Материалы и методы исследования

Материалы и методы исследования: научные статьи, учебники, монографии, опубликованные в открытой печати, в том числе в электронных версиях. Базы данных: eLibrary, PubMed, Scopus, Web of Science. Также поиск по ключевым словам с помощью поисковых систем Google и Яндекс. Ввиду специфики затронутой тематики были изучены научные литературные источники в основном за период с 1975 года по настоящее время, а также было привлечено несколько источников конца XIX – начала XX вв., сохраняющих актуальность по настоящее время. Был произведен анализ данной литературы, а также предложены и обоснованы решения ныне существующих мировоззренческих и терминологических проблем вышеупомянутых медико-биологических наук.

Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, история возникновения термина «молекулярная биология» весьма кинематографична, и даже, как водится, непризнанный русский гений имеется, а между тем «молекулярная биология» – это оксюморон, такой же, как «сапоги всмятку», «жареный снег» и т.д. Нет жизни на молеку-

лярном уровне, там только биохимия одна, которая лежит в основе жизни, но сама по себе жизнью не является. Оксюморон – это, как известно, сочетание несочетаемого, иногда образно используемое в художественной литературе, но не имеющее права на существование в науке. Тут надо иметь в виду, что буквальным переводом слова «оксюморон» с древнегреческого – это «остроумная глупость». Именно остроумной глупостью и является термин «молекулярная биология». Вот и А.П. Пилипенко [11–13] пишет о том, что «одной из отправных точек для Л.К. Попова в области биологии стали труды Г. Спенсера», составившие «исходный теоретический базис» так называемой молекулярной биологии. Однако Г. Спенсер [14, с. 359–370; 15, с. 485] был, как известно, редуccionистом, и А. Пилипенко признает, что именно редуccionизм как раз и является методологической основой так называемой молекулярной биологии. Однако редуccionизм, в соответствии с которым биологические явления в основном сводимы к физико-химическим, неоднократно подвергался справедливой критике как мировоззренчески несостоятельное учение. Ну что же, автор, в свою очередь, считает целесообразным привести здесь свои аргументы в пользу данной точки зрения.

Для начала давайте, как говорил Эйнштейн, сделаем мысленный эксперимент. Представьте некую герметичную, химически инертную камеру, заполненную химически инертным газом, например гелием, которая автоматически принимает физические свойства помещаемого в нее предмета и обеспечивает изоляцию этого предмета от любых физических или химических воздействий извне. Так вот, разница между живым и неживым объектом заключается в том, что любой живой объект в таких условиях погибнет, изменив таким образом свои свойства, а вот любой неживой объект, например камень, будет существовать в таких условиях неопределенно долгое время, пока существует камера, в идеале – вечность, не меняя своих свойств. Автору могут на это возразить – а как же споры? Они в таких условиях тоже могут существовать вечно, не меняя своих свойств. Но, во-первых, а являются ли споры сами по себе живыми? Нет, споры – это способ жизни сохранить себя, на время перестав быть таковой, в полном соответствии с диалектическим законом отрицания отрицания. И, во-вторых, в означенных выше условиях споры никогда не вернуться к тому, чтобы прорасти и снова стать жизнью. Примерно то же самое можно сказать и про замороженные клеточные культуры, потому что для суще-

ствования жизни необходим обмен веществ и энергии, которые как раз и блокируются вышеупомянутой камерой и которые, служа поддержанию жизни живых организмов и сохранению ими таким образом своих свойств, как раз и служат так или иначе разрушению неживых объектов и изменению ими своих свойств. Вот в чем принципиальное отличие живого от неживого.

Как известно, элементарной биологической единицей является особь того или иного биологического вида, в то время как элементарной химической единицей является молекула химического вещества. Но одна отдельно взятая молекула может быть только объектом, но никак не субъектом обмена веществ – она же не может заниматься обменом веществ сама с собой, сохраняя при этом свои свойства, даже если это молекула белка или нуклеиновой кислоты. В процессе же обмена веществ с окружающей молекулу средой одни молекулы трансформируются в молекулы других химических веществ, изменяя при этом свои свойства, демонстрируя тем самым атрибут именно неживого – изменять, а не сохранять свои свойства в процессе обмена веществ. Так что нет никакой жизни как таковой на молекулярном уровне. Вот поэтому еще до того, как автор ознакомился с высказыванием Фрэнсиса Крика, с упоминанием о котором начинается эта статья, автор примерно так себе это и представлял – просто некоторым биохимикам надоело называть себя биохимиками, и они решили называться молекулярными биологами, вычленив биохимию белков и нуклеиновых кислот в якобы отдельную дисциплину. Так и появилось словосочетание «молекулярная биология» – словосочетание-оксюморон, словосочетание-паразит, не выдерживающее проверки здравым научным мышлением, но весьма успешно, надо это признать, паразитирующее на уровне как англоязычной, так и русскоязычной лексики на протяжении последних десятилетий. С таким же успехом можно было бы придумать еще атомную биологию и попробовать поискать жизнь на атомарном уровне – ведь все живые организмы состоят из молекул, а следовательно, и из атомов тоже.

Альтернативной обоснованной выше точке зрения на принципиальное значение обмена веществ и энергии для дефиниции жизни может служить точка зрения, высказанная Carlos Mariscal и Ford Doolittle в 2020 году [16]. Mariscal и Doolittle разделяют такие понятия, как жизнь вообще и Жизнь на Земле. Концепция Жизни на Земле при этом основывается на концепции универсального общего

предка, от которого произошло все живое на Земле, и на филогенетическом принципе формирования таксонов в современной биологии. Согласно Mariscal и Doolittle, Жизнь – это наивысший биологический таксон, который включает в себя все живое на Земле, объединенное общностью происхождения. С этой точки зрения в случае, если бы на Марсе были обнаружены живые организмы, подобные земным бактериям или млекопитающим, то они бы имели отношение к жизни, но не имели бы отношения к Жизни. Однако при этом Mariscal и Doolittle полагают, что в то время как легко определить, что такое Жизнь (см. выше), определить, что такое жизнь вообще, невозможно, так как, если проанализировать то, что предлагается рассматривать в качестве признаков жизни, то всегда можно найти неживые объекты, которые будут обладать тем или иным отдельно взятым признаком жизни, и отдельные живые объекты, которые именно этим признаком обладать не будут.

В связи с этим автор данной статьи вполне согласен с Mariscal и Doolittle в том, что наследственность, воспроизведение себе подобных, изменчивость и эволюция не являются атрибутами жизни как таковой (см. ниже). А вот обмен веществ и энергии с внешней средой, необходимый для существования живого объекта и сохранения им своих свойств, – является. Mariscal и Doolittle приводят огонь в качестве примера неживого объекта, обладающего метаболизмом. Однако с вещественной точки зрения огонь – это раскаленные газы. Никаким обменом веществ с окружающей средой эти газы не занимаются, они просто охлаждаются и сами становятся частью этой окружающей среды, химически при этом никак не меняясь. При этом, охлаждаясь сами, они нагревают окружающую среду, в то время как живые объекты, наоборот, получают из окружающей среды энергию, необходимую им для функционирования и сохранения своих свойств. С точки же зрения процесса эти раскаленные газы не являются самостоятельным объектом, а являются как раз продуктами обмена веществ горючим материалом с окружающей средой, в ходе которого этот горючий материал утрачивает свои свойства и разрушается, в полном соответствии с данным выше определением неживого объекта. Таким образом, метаболизм является универсальным признаком живого, и в случае гипотетических марсианских бактерий или млекопитающих их, вопреки Mariscal и Doolittle [16], без малейших затруднений можно было бы отнести к живым объектам.

И надо сказать, что все вышесказанное имеет самое прямое отношение к вирусам, а также вириодам, плазмидам и прионам. Характерно, что в современной систематике эти объекты не являются более ни царством, ни доменом, а объединены в *Aphanobionta*, имеющую характерный статус – группа без ранга. Как известно, в истории вирусологии было 2 этапа в том, что касается отношения к данному вопросу [17, с. 11–25]. Д.И. Ивановский назвал первый открытый им вирус табачной мозаики фильтрующейся бактерией, не способной расти на искусственных средах. И в течение первого этапа, продолжавшегося до 1950-х годов, вирусологи считали, что их предмет имеет отношение к живой природе. Однако в ходе дальнейшего развития вирусологии стали накапливаться факты, противоречащие данному представлению. В результате возобладало мнение о том, что вирусы – это нечто такое, что находится на грани между живым и неживым. Такой замечательный методологический подход привел к тому, что каждый стал решать этот вопрос в соответствии с собственным предпочтением. В массовом же сознании сложился стереотип, согласно которому вирусы – это такие микроорганизмы, только очень уж микроскопические. Единственное, на чем данный стереотип основан, – это то, что некоторые вирусы, так же как и некоторые бактерии, вызывают инфекционные заболевания. Разумеется, с научной точки зрения, никаким основанием для построения каких-либо умозаключений о вирусах как о самостоятельной особой форме жизни данный факт не является. Тем не менее, жертвами подобного стереотипного мышления становятся в том числе и некоторые вирусологи.

В своей статье «Место вирусов в биосфере» [18] Д.К. Львов утверждает, что вирусы – это облигатные внутриклеточные паразиты, которые «являются полноценными организмами, обладая наследственностью в процессе воспроизведения себе подобных, изменчивостью (генетической и фенотипической), и подвергаясь в ходе эволюции естественному отбору». При этом Д.К. Львов берет в соавторы В.М. Жданова, пребывающего в мире ином вот уже 25 лет к моменту публикации данной статьи [18]. Однако дело в том, что именно В.М. Жданов в свое время стал автором идеи о паразитизме на генетическом уровне, считая именно этот уровень паразитизма атрибутом вирусов [17, с. 11–25]. К внутриклеточным же паразитам В.М. Жданов относил риккетсии, хламидии и прочие микроорганизмы, паразитирующие внутри других клеток, но при этом обладающие собственным бе-

лосинтезирующим аппаратом и собственным обменом веществ. И это, действительно, принципиальное отличие внутриклеточных паразитов от вирусов, которые собственным белосинтезирующим аппаратом не обладают и поэтому могут паразитировать только на генетическом уровне.

Что касается наследственности в процессе воспроизведения себе подобных, то это свойство молекул нуклеиновой кислоты. Согласно современным научным представлениям, в протоокеане Земли сначала сформировались РНК, затем ДНК, и только потом – первые одноклеточные организмы. Молекулы РНК и ДНК начали реплицироваться в протоокеане еще до появления живых организмов как таковых. Обмен веществ с окружающей средой при этом отсутствовал, так как молекулы РНК и ДНК при этом сами были частью этой самой окружающей среды. Таким образом, наследственность в процессе воспроизведения себе подобных – это изначально химическое свойство таких органических веществ, как нуклеиновые кислоты, а не атрибут жизни как таковой. То же самое можно сказать и про деятельность прионов, которые и воспроизводят-то не себе подобные молекулы, а воспроизводят лишь себе подобную конформацию этих молекул, для чего молекулы, подобные прионам, должны существовать изначально. Так что и в этом случае речь идет о химическом (если угодно – биохимическом) процессе, но не о жизни как таковой. Кроме того, сейчас уже известно, что техника, изначально созданная человеком, в скором времени станет в состоянии воспроизводить себе подобные объекты и даже совершенствовать их без вмешательства человека. Стоит ли человечеству позволять подобное развитие событий – вопрос спорный, однако то, что подобное развитие событий вполне возможно, – это уже бесспорно. Таким образом, и с химической точки зрения, и с технической точки зрения воспроизведение себе подобных не является монополией жизни как таковой. То же самое можно сказать относительно изменчивости, эволюции и паразитизма. Эти явления отнюдь не являются монополией живых систем.

Д.К. Львов также утверждает, что концепция «вирус – организм» «была официально принята Международным Комитетом по таксономии вирусов» [18–20]. Такого же мнения придерживается Van Regenmortel [21, 22]. Но мало ли чего за время своего существования человечество официально не принимало. Так, во многих странах на разных этапах их исторического существования, а в некоторых странах и ныне

официально принята концепция бытия Божия, а в некоторых коммунистических странах была официально принята концепция небытия Божия; современная же наука полагает, что данный вопрос в обозримой перспективе не будет решен научными методами, а возможно, и никогда не будет решен ими. Если же вернуться к вирусам, то очень легко заметить, что в основе таксономии вирусов лежит вовсе не концепция того, является ли вирус организмом, а свойства и строение нуклеиновых кислот вирусов и свойства и строение кодируемых этими нуклеиновыми кислотами белков. Следовательно, в основе таксономии вирусов лежат опять-таки биохимические свойства химических молекул. Это верно как для классификации Балтимора, так и для классификации международного комитета по таксономии вирусов. Так что вирусология, в отличие от биологии, как раз может быть молекулярной. Более того, с учетом специфики предмета, она именно таковой и является.

Ну и, наконец, сам Д.К. Львов вынужден признать [18], так как не признать это было бы весьма затруднительно, что не обладают вирусы собственным обменом веществ и энергии. И, попав в вышеупомянутую камеру, в которой живые объекты либо погибают, либо перестают быть таковыми, утрачивая свои свойства окончательно или временно, вирусы хранились бы в ней вечно, не утрачивая своих свойств, подобно минералам. Жизнь не обманешь – объекты, для поддержания существования и свойств которых необходим обмен веществ и энергии с окружающей средой, являются живыми; объекты, которые, наоборот, разрушаются и утрачивают свои свойства в процессе обмена веществ и энергии с окружающей средой, являются неживыми. И вирусы на 100% подпадают под это определение неживых объектов.

Ну и, наконец, доказательство от противного. Если забыть о вышесказанных аргументах и допустить, что вирусы – это все-таки почему-то этикие странные живые наноорганизмы, то тогда для них должен был бы действовать общебиологический закон – онтогенез есть краткое повторение филогенеза. И что же тогда получается? Да то, что вирусы – из клеток, они появились в результате патологической жизнедеятельности клеток под действием взбунтовавшейся части клеточного генома, утратившего свои первоначальные функции. Но часть клеточного генома, пусть даже и получившая патологическую способность к автономизации, не является организмом, это молекула химического вещества, и даже не изначальная полноценная моле-

кула, а только ее часть. Ведь даже подвергнувшиеся малигнизации клетки не являются самостоятельным организмом, хотя малигнизированные клетки, в отличие от вирусов, безусловно, живые. Таким образом, на вопрос, являются ли вирусы частью органического мира, следует отвечать – да; на вопрос, являются ли они жизнью, следует отвечать – нет.

А что же такое вирусная инфекция с учетом вышесказанного? Это – вторжение нежити в жизнь. А что такое эта нежить? Это органические наноструктуры. Не менее, но и не более. И как тут не вспомнить, что формирование супрамолекулярных объектов в растворе происходит в результате того, что энергия покоя сформировавшихся объектов находится на более низком уровне, чем это имеет место быть до формирования объектов. В результате этого излишек энергии выделяется в виде тепла. В случае же живых объектов все наоборот – для существования живых объектов, сколь элементарными они бы ни были, если они живые, необходимо в том или ином виде поступление энергии из окружающей среды.

В заключение хотелось бы сказать несколько слов также и о таком понятии, существующем с некоторого времени, как «молекулярная эпидемиология». Еще в 2002 году группа эпидемиологов обратила внимание на засорение научного языка этим словосочетанием-паразитом. «Специалистам, конечно, понятно, что речь идет о молекулярно-генетических методах изучения возбудителей инфекционных заболеваний. Именно эти методы позволяют установить внутренние механизмы развития эпидемического процесса ... Добавление к науке “эпидемиология” термина “молекулярная” звучит нелепо и весьма непрофессионально. Многие ученые это прекрасно понимают, и такое, например, название статьи – “Роль и место молекулярно-генетических методов в эпидемиологическом анализе ...” [23] – вызывает профессиональное уважение» [24].

К этому можно добавить то, что каждому, кто учился на кафедре эпидемиологии, известно, что эпидемиология – это наука об эпидемическом процессе, эпидемический же процесс – это процесс взаимодействия популяции паразита с популяцией хозяина. Вот поэтому эпидемиология, даже использующая так называемые молекулярно-биологические, а на самом деле биохимические методы, не может быть «молекулярной» – потому, что она изучает процессы, происходящие не на молекулярном, а на популяционном уровне. Некоторые редуccionисты говорят по этому поводу, что, поскольку эпидемиология при этом

все же использует так называемые молекулярно-биологические методы, то вот это использование и есть молекулярная эпидемиология. Но вообще-то вся биология уже давно использует так называемые молекулярно-биологические, а на самом деле – биохимические методы. Но даже завзятым редуционистам не пришло пока в голову переименовать на этом основании всю биологию в молекулярную биологию. Таким образом, данный аргумент редуционистов оказывается столь же несостоятельным, как и прочие их «аргументы», в том числе рассмотренные в данной статье.

Заключение

При сопоставлении результатов анализа литературных источников с общебиологическими знаниями установлено, что «молекулярная биология» – курьезный термин, не отражающий сути предмета данной отрасли науки. Соответствующим сути предмета термином следует считать «биохимия матричных молекул». Столь же курьезным является термин «молекулярная эпидемиология», ибо эпидемиология – это наука о процессах, происходящих не на молекулярном, а на популяционном уровне. Что касается вирусологии, то вот она как раз является молекулярной, так как атрибутом вирусов является паразитизм на генетическом, то есть молекулярном, уровне, конкретно – как раз на уровне «биохимии матричных молекул». Поэтому нет необходимости вводить специальный термин «молекулярная вирусология», ибо вирусология в принципе молекулярна. Что же касается распространения вирусов за пределами конкретного макро- или микроорганизма, то это предмет исследования таких наук, как эпидемиология или экология вирусов, ибо в данном случае речь идет о процессах на популяционном уровне. Также установлено, что единственным атрибутом жизни является необходимость обмена веществ и энергии с окружающей средой для сохранения живыми объектами своих свойств. При этом вирусы являются не живыми организмами, а органическими наноструктурами, сами по себе не являясь жизнью как таковой.

Список литературы

1. Дымшиц Г.М., Саблина О.В. Основные начала молекулярной биологии. Новосибирск: НГУ, 2020. 195 с.
2. Баев А.А. Прошлое в настоящем // Вестник РАН. 1994. № 12. С. 1109-1127.
3. Коулер Р. Менеджмент науки в Рокфеллеровском фонде: Уоррен Уивер и программа фонда по молекулярной биологии // Вопросы истории естествознания и техники. 1996. № 2. С. 48-85.
4. Перути М. Здесь было столько одаренных людей... // Химия и жизнь. 1990. № 9. С. 26-30.
5. Пилипенко А.П. О трактате Л.К. Попова «Основы молекулярной биологии» (К 130-летию публикации и 160-летию со дня рождения её автора) // Relga. 2011. № 17. URL: <http://www.relga.ru/Environ/WebObjects/igu-www.woa/wa/Main?textid=3026&level1=main&level2=articles> (дата обращения: 01.02.2024).
6. Ванюшин Б.Ф. Молекулярная биология. В книге: История биологии. С начала XX века до наших дней / Под редакцией Л.Я. Бляхера. М.: Наука, 1975. 660 с.
7. Маккей А. Джон Бернал и его лаборатория // Химия и жизнь. 2002. № 1. С. 50-53.
8. Попов Л.К. Основы молекулярной биологии // Русская речь. 1881. № 2. С. 199-223.
9. Попов Л.К. Основы молекулярной биологии // Русская речь. 1881. № 10. С. 288-333.
10. Einstein A. Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen // Annalen der Physik. 1905. Vol. 17. P. 549-560.
11. Пилипенко А.П. Истоки молекулярной биологии и эволюционной химии. Юбилей науки 1989 // Киев: Наукова думка. 1990. С. 261–276.
12. Пилипенко А.П. Наследие Герберта Спенсера в молекулярной биологии и эволюционной химии // Наука и науковедение. 1996. № 1-2. С. 138-140.
13. Пилипенко А.П. Проблема информационных молекул и матричного биосинтеза в XIX – первой трети XX века // Вопросы истории естествознания и техники. 1988. № 2. С. 80-82.
14. Спенсер Г. О «самозарождении» и о гипотезе физиологических единиц. Основания биологии. СПб.: Поляков, 1870. Т. 1. 370 с.
15. Спенсер Г. Основания биологии. СПб.: Тиблен, 1867. Т. 1. 490 с.
16. Mariscal C., Doolittle W.F. Life and life only: a radical alternative to life definitionism // Synthese. 2020. Vol. 197. P. 2975-2989. DOI: 10.1007/s11229-018-1852-2.
17. Общая вирусология: Руководство / Под ред. В.М. Жданова, С.Я. Гайдамович / АМН СССР. М.: Медицина, 1982. Т. 1. 496 с.
18. Жданов В.М., Львов Д.К., Забережный А.Д. Место вирусов в биосфере // Вопросы вирусологии. 2012. № 51. С. 21-32.
19. Pringle S.R. The universal system of virus taxonomy of the International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV), including new proposals ratified since publication of the sixth report in 1995 // Arch. Virol. 1998. Vol. 143. P. 203-210.
20. Virus Taxonomy. Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Eds.: Andrew M.Q. King, M.J. Adams, E.B. Carstens, E.J. Lefkowitz // Elsevier Academic Press. 2012. P. 1327.
21. Van Regenmortel M.H.V. From absolute to exquisite specificity reflection on the fussy nature of species specificity and antigenic sites // J. Immunol. Meth. 1998. Vol. 216. P. 37-48.
22. Van Regenmortel M.H.V. Introduction to the species concept in virus Taxonomy. In: Virus Taxonomy. Seven Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Eds.: H.V. Van Regenmortel, C.M. Fauquet, D.H.L. Bishop, et al // Elsevier Academic Press. 2000. P. 1162.
23. Шагинян И.А. Роль и место молекулярно-генетических методов в эпидемиологическом анализе внутрибольничных инфекций // Клиническая микробиология и анти-микробная химиотерапия. 2000. № 3. С. 82-95.
24. Шкарин В.В., Давыдова Н.А., Колмакова Н.А. Кто ясно мыслит – тот ясно излагает ... (о проблеме терминологии в эпидемиологии) // ЖМЭИ. 2002. № 4. С. 98-102.