

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕМЕНТОЛОГИЯ: НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ, НОВАЯ ПАРАДИГМА

Рецензия на книгу

Скальный А.В., Скальная М.Г., Киричук А.А., Тиньков А.А. Медицинская элементология (учеб. пособие для студентов медицинских вузов и врачей. – М.: РУДН, 2018. 222 с.)

Уже более двух десятилетий группа ученых во главе с проф. А.В. Скальным успешно работает над теоретическими и прикладными вопросами проблемы установления роли макро- и микроэлементов в биологических системах, разработки эффективных средств, способов лечения и профилактики микроэлементозов. Помимо неуклонного и последовательного накопления эпидемиологического, клинического и экспериментального фактического материала, Анатолий Викторович Скальный, его качественно и количественно возрастающая команда, ученики и единомышленники (научная школа в ее наиболее позитивном, актуализированном представлении) регулярно и систематически подводят поэтапные итоги, публикуют их в авторитетных периодических и книжных изданиях (монографиях, руководствах, справочных и учебных пособиях), отстаивают свои позиции на многочисленных авторитетных научных форумах. Это способствует повышению интереса к проблеме, формированию продуктивной платформы и в конечном итоге нового направления и одного из наиболее сложных и перспективных разделов современной биологии и медицины – медицинской биоэлементологии, призванной, по мнению авторов рецензируемого издания, интегрировать биоорганическую, бионеорганическую химию, биофизику, молекулярную биологию и другие разделы науки о жизни с позиций В.И. Вернадского, то есть восходя к ноосфере (Скальный и др., 2018).

Настоящая рецензия подготовлена в связи с выходом в конце 2018 г. в издательстве Российского университета дружбы народов (Москва) нового учебного пособия «Медицинская элементология», авторами которого являются международно признанные ученые в этой области медицинских знаний, профессиональные микроэлементологи (биоэлементологи) А.В. Скальный, М.Г. Скальная, А.А. Киричук и А.А. Тиньков. Уже это обстоятельство привлекает к себе внимание каждого, кто прямо или косвенно связан или просто интересуется микроэлементологией, биоэлементологией, бионеорганической химией, биомикой и омикс-технология-

ми, а также использует соответствующие подходы в лечебно-профилактических целях.

Первое ознакомление с книгой оставляет читателя «положительно спокойным»: удобный для работы формат А5, относительно небольшой объем, хорошо изданная и иллюстрированная книга, позиционируемая авторами как учебное пособие. Под последним обычно понимают систематизированное издание, которое дополняет учебник, может заменять его при отсутствии рекомендованного (утвержденного) издания и быть основным, систематическим изложением учебного курса, прежде всего и особенно для факультативных дисциплин (адаптировано из (Овчинникова, 2012)). В этом плане книга по своей структуре и содержанию полностью удовлетворяет ГОСТ 7.60–2003. Кроме того, она конкурентоспособна по емкости информации, дидактике, краткости изложения и тезисному оформлению разделов. Во втором разделе, носящем название «Специальная элементология», содержатся данные о биологических, физиологических и токсических свойствах, ассоциированных патологических процессах, вызываемых 11 эссенциальными и 10 токсичными и потенциально токсичными микроэлементами. Помимо изложения фактического материала познавательного и учебного характера, имеются четкие подразделы по контролю знаний (цель, интересно сформулированные вопросы, тесты), пригодные и для компьютерного обучения, и для самостоятельной работы студентов с книгой.

Все это отчетливо прослеживается уже при первом ознакомлении с новым учебным пособием. Но, как обычно, при написании рецензии, возвращаясь к первому разделу со скромным, но интригующим названием «Введение в медицинскую биоэлементологию» и начинаешь понимать, что это отнюдь не вводный материал. Именно здесь находится гносеологическое и семантическое ядро книги. Что такое «биоэлемент» и «биоэлементология»? И почему «медицинская»? Ответы в лаконичной форме содержатся в первом разделе учебного пособия. При этом речь идет не об отдельно взятых

терминах и определениях, а о системной позиции авторов, стоящих, по сути дела, у истоков построения новой науки о биоэлементах в медицине, изучения их роли в функционировании биосистем, жизнедеятельности здорового и больного человека. Этот раздел естествознания на стыке современной биологии, микроэлементологии и медицины авторы предлагали назвать «медицинской биоэлементологией», что достаточно четко и емко отражает объект и предмет новой научной дисциплины, «права гражданства» которой отстаиваются научной школой проф. А.В. Скального уже более двух десятилетий.

Активно разрабатываемая концепция биоэлементов как элементарных единиц системы весьма динамична и имеет определенную историю. Эта функциональная единица предлагаемой системы создавалась и отрабатывалась годами. Поиск ее истоков приводит к книге с подобным названием и, частично, авторству. Это изданное пятнадцать лет тому назад учебное пособие «Биоэлементы в медицине» (Скальный, Рудаков, 2004), которое сразу же привлекло к себе внимание ученых и широкого круга специалистов: биологов, врачей, лабораторных работников, пищевой промышленности и общественного питания, биотехнологов, фармакологов. Несмотря на солидный для такого рода изданий тираж в 700 экз., книга вскоре стала библиографической редкостью. Не менее знаковыми стали дискуссионная статья А.В. Скального и И.А. Рудакова «Биоэлементология – новый термин или новое научное направление?» (Скальный, Рудаков, 2005), терминологический словарь «Биоэлементология: основные понятия и термины» (Скальный и др., 2005), а также такие доклады и статьи, как «Development of the concept of bioelements and the prospects of bioelementology» (Skalny, 2009). «Концепция биоэлементов и основные постулаты биоэлементологии» (Скальный, 2013), которые закрепляют инновационные позиции коллектива, предлагая читателю новые понятия и терминологию. Речь идет о формировании новой научной дисциплины. При этом центральное место биоэлементологии на стыке ряда наук (рис. 1.3, с. 12) отводится преимущественно в учебных целях. Следует повториться, что авторами сделано все возможное, чтобы в сжатой и доступной для студенческой аудитории форме показать системный характер предлагаемых категорий, которые образуют ядро концептуальной модели новой научной дисциплины – медицинской биоэлементологии.

В основу предлагаемой концепции положено понятие «биоэлемент», под которым авторы понимают ансамбль атомов, ионов, наночастиц, взаимосвязанных с органическими компонентами (лиган-

дами, линкерами). При этом биоэлемент становится надмолекулярным комплексом, проявляет характерную (отличную от таковой у входящих в его состав отдельных химических элементов) биологическую активность, выполняя в живых (биологических) системах определенные метаболические, физиологические функции и/или присущие ему (ансамблю, комплексу) патогенные свойства. Авторы рассматривают биоэлемент как элементарную, активно функционирующую единицу живой материи по ассоциации со «строительными блоками жизни» по (Marth, 2008). Если учесть, что биоэлементы образуются, активируются и функционируют в сложной, многоуровневой управляемой системе, то обусловленная этими предикторами гетерогенность (иерархия) и мультидисциплинарность (полифункциональность) вполне объяснимы. Этим подчеркивается единство структурно-функционально-метаболических комплексов в кооперативном обеспечении жизнедеятельности биосистем от клетки до организма на всех ступенях биологической эволюции.

Биологические системы, как известно, относятся к категории открытых и неравновесных. В актуализированном состоянии они обладают внутренним свойством существенно изменять свое поведение спонтанно или под воздействием внешних сил благодаря наличию потенциальной составляющей, которую В.Н. Костюк (Костюк, Гвишиани (ред.), 1996) называет «потенциальной реальностью». Последняя служит своеобразной мерой и одновременно объяснением нелинейности и критичности этих систем, как и описывающих их моделей. Клетки любого организма содержат большое количество «неупростимых систем высокой степени сложности», которые не могут быть собраны по частям, а только сразу и целиком (Behe, 2007). Вероятно, вследствие этого, во-первых, изолированная система характеризуется не только устойчивым состоянием и линейным ростом энтропии, но и гарантированным числом и устойчивой качественной характеристикой элементов, тогда как в открытых системах, обменивающихся со средой энергией и веществом, поток энтропии (dS) обусловлен не только процессом ее внутреннего производства (dS_i), но и притоком извне (dS_e). При этом $dS/dt = dS_i/dt + dS_e/dt$, где dS/dt – поток энтропии в результате обмена со средой (Костюк, Гвишиани (ред.), 1996). Во-вторых, неустойчивость открытой системы является главной причиной термодинамической неустойчивости в состояниях, далеких от равновесия и критичных, сопровождающихся ростом энтропии и/или информации. Это приводит к актуализации биосистемы, эффектам нелинейности (за счет подключения потенциальных резервов) и би-

фуркациям с увеличением не только числа, но и эволюционированием биоэлементов по степени сложности (Behe, 2007).

Таким образом, необходимость введения понятия «биоэлемент» диктуется, прежде всего, принципами (закономерностями) построения открытых систем, в иерархии и эволюции которых доминирует тренд: физико-химический → биологический → социальный элемент с присущими каждому из них индивидуальными и видовыми (интегральными) характеристиками и особенностями. Представляется, что именно такой подход (близкая по смыслу рабочая гипотеза) лежит в основе концепции, развиваемой авторами рецензируемого издания. Наиболее четко это демонстрируется предложенной ими классификацией биоэлементов (табл. 1.1, с. 8). Следовало бы лишь, по нашему мнению, несколько изменить рубрику таблицы: 1. Первичные (простые), т.е. химические элементы в биосистеме (от клетки до организма); 2. Сложные (сложные) – в составе биологических комплексов с органическими лигандами и линкерами, способные выполнять (при определенных условиях) структурные, электролитические и биокаталитические функции; 3. Интегральные – встроенные в биосистемы, (биоактивированные), участвующие в структурообразовании, метаболических, физиологических и патологических процессах в организме на разных уровнях физико-химической и биологической эволюции (эпигенетическом, фенотипическом и геномном), которые.

Следует отметить, что цитируемое нами выше определение понятия «биоэлемент» (разъяснение авторов рецензируемого пособия) в корне отличается от такого же, данного А.В. Скальным в 2004–2005 гг. Тогда речь шла лишь о биологической роли химических элементов, которые могут быть органогенами в биологических системах, содержаться в организме в относительно больших количествах (макроэлементы) либо находятся в биообъектах в микро- и ультрамикроколичествах (микроэлементы), что не снижает их биологической значимости. Последний вариант, совершенно справедливо, не удовлетворял авторов, поскольку при переходе от химии к биологии изменяется содержательная составляющая системы (объекты, процессы, закономерности, критерии и методы оценки), собственно, как во всякой сложной иерархической системе при переходе с каждого нижележащего на более высокий уровень существования и реагирования (Боташева и др., 2011). Большая интеллектуальная аналитическая работа, направленная на отработку, совершенствование, кристаллизацию терминов и определений вместе с обширной клинической практикой авторов, а также масштабными исследо-

ваниями по эпидемиологии микроэлементозов, убедительно показали, что назрела необходимость смены парадигмы в медико-биологическом сегменте микроэлементологии, который в системе понятий данной научной школы вполне обоснованно и справедливо (очень удачно и по существу) назван «медицинской элементологией».

Важно также подчеркнуть, что уже на первых этапах формирования новой науки авторы приняли в свой арсенал концепцию эссенциальности (биологической необходимости) как основного условия участия химических элементов в процессах жизнедеятельности: «Химический элемент считается эссенциальным, если при его отсутствии или недостаточном поступлении в организм нарушается нормальная жизнедеятельность, прекращается развитие, становится невозможной репродукция» (4, с.19). Такой функциональный подход является по сути традиционным, но уже в этом периоде делается попытка разграничить понятия «химический», «физический» и «биологический» элемент в рамках предлагаемой естественнонаучной классификации (Скальный, Рудаков, 2004; Скальный, Рудаков, 2005; Скальный и др., 2005). И далее дается близкое к тривиальному определение: «биоэлементы – это элементы, постоянно входящие в состав организма, необходимые для его жизнедеятельности и проявляющие биологические свойства».

В новом (рецензируемом нами) издании уже приводится довольно внушительный перечень отличий биоэлемента от химического элемента, суммированных в табл. 1.2. Если химический элемент является структурно-функциональной единицей «инертных природных объектов» (табл. 1.2), то его аналогом (как классификационная единица) в живой природе (биосфере) является биоэлемент с рядом принципиальных особенностей и отличий. Прежде всего, в естественнонаучной иерархии систем категория «биологический» стоит по степени сложности выше категории «химический», автоматически привнося в определение свойства «живого». В этом смысле введение авторами категории «предбиологический» (как пограничной формы существования материи между живой и неживой природой), вероятно, необходимо рассматривать с позиций физической, химической и биологической эволюции (Шноль, 1979; Лима-де-Фариа, 1991; Эбелинг и др., 2001; Behe, 2017) в контексте построения системной основы новой науки – биоэлементологии, а затем и медицинской элементологии. Это, естественно, иногда вызывает осторожность и даже неприятие развиваемой авторами новой концепции не только некоторыми химиками, но и биологами, находящимися на традиционных классических позициях по отношению к термину «элемент».

Тем более что ряд положений новой концепции требуют дополнительной экспериментальной и клинической проверки и уточнения.

Среди дискуссионных вопросов – название самой науки. Конечно же нужно ввести новое название, дать ему четкое определение, сформулировать объект и предмет исследования, что-то по типу «паспорта научной дисциплины». Это – дело времени, наличие финансирования и ученых-энтузиастов. Последнее есть, наличествует мощный потенциал и опыт научной школы А.В. Скального, представители которой осуществляют пошаговую стратегию новой научной дисциплины. Поскольку такое название носит конвенциональный характер, этот вопрос имеет смысл вынести на рассмотрение собрания (форума) специалистов (конференцию, симпозиум или т.п.). Нам больше импонирует «биоэлементология» как наука о биоэлементах. Термин «элементология» несет большую неопределенность, которая не снимается определением «медицинская». Его можно дать и первому термину: ведь существуют же медицинская биохимия», «клиническая биохимия», «медицинская паразитология» и т.п. Поэтому больших препятствий и принципиальных возражений не должно быть. Точно так же, как стали признанными и привычными для всех понятия «биологического времени» (биологические часы), «биологического возраста» и т.п. вплоть до пространственно-временной концепции биосферы, права гражданства имеет и понятие «биоэлемент», введение которого способствует развитию наших представлений о формах существования живой материи, взаимопревращениях и кооперативных эффектах этих форм, открывая новые возможности для дальнейших теоретических разработок и практического использования в диагностике, клинике и профилактике элементозов. Только превратившись в биоэлемент, химический элемент становится биодоступным и биологически значимым *in sensu lato* (Nordberg et al. (ed.), 2007; Рендюк, Анохина, 2012). Проводимые исследования, даже по отношению к эссенциальным металлам, обычно рассматривают отдельно биоактивные и токсические свойства, что потребовало пересмотра парадигмы эссенциальности и, одновременно, сближения критериально-методической базы по отношению к оценке разных групп биологически необходимых и токсичных элементов. Это подтверждается также такими удовлетворительно разработанными в последние годы биологически важными феноменами и категориями в современной микроэлементологии (в частности, металломике), как атомарная и молекулярная мимикрия (Clarkson, 1993; Bridges, Zalups, 2005), частично объяснившие вероятные механизмы поступления химических

элементов в клетку, роль биоэлементов в сигнальных и транспортных цепях (Шафран, 2018; Шафран и др., 2018). Токсичные элементы участвуют в патогенезе хронической сердечной недостаточности, нейродегенеративных заболеваний, воспалительных заболеваний кишечника, хронической болезни почек, иммуноаллергических расстройств (Крыжановский, 2004; Бекенова и др., 2014; Orr, Bridges, 2017; Huat et al., 2019), а также в развитии признаков репродуктивной токсичности (Sengupta et al., 2015), проявлении свойств дизрегуляторов, дезинтеграторов и разрушителей эндокринной системы (эндокринные дизрапторы) (Chevalier, Fénichel, 2015), как и модуляторов других дизрегуляторных расстройств, с признанием условности дилеммы «бионеобходимый» – «токсичный».

Перед исследователями стоит задача объединения этих фрагментов в единую научно обоснованную пространственно-временную систему – медицинскую элементологию. Вероятно, необходим переход от родового понятия «биоэлементология» к видовому – «медицинская элементология». Последняя представляет собой раздел биоэлементологии, объединяющий медицинские аспекты первой, предназначенный для врачей. Текстуально это четко прослеживается, особенно во втором разделе рецензируемого издания, а терминологически (классификационно) – нет. Данный пробел легко может быть устранен при последующих изданиях пособия, которое будет востребовано не только студентами, но и врачами для самостоятельной последипломной подготовки (как это следует из подзаголовка книги).

В связи с этим необходимо высказать пожелания относительно структуры пособия и новой научной дисциплины. Помимо традиционного деления на общую и частную, она, по нашему мнению, должна подразделяться на фундаментальную (теоретическую) и прикладную (клиническую и профилактическую) в соответствии с основными направлениями медицинской науки и практики. Среди многих сложных нерешенных в этом плане проблем одной из приоритетных является не только дефиниция, но и наполнение содержанием ее ядра, инициальной единицы – «биоэлемент», установление его граничных параметров и создание критериально-методической базы. Чрезвычайно важной является фактология: примеры проявления биоэлементами физиологических, метаболических функций, патологических свойств; накопление и интерпретация случаев из практики, тактика ведения больных и т.п. Отдельные компоненты решения этой приоритетной задачи есть в разделе «Специальная элементология». Однако отсутствует императив в подаче материала и в количественном отношении. Тем не менее следует с удовлетворением

ем подчеркнуть, что научной школой профессора А.В. Скального в фундамент теоретической и практической медицинской элементарологии заложена прочная основа.

Возникает также закономерный вопрос: надо ли на таком раннем этапе развития новой науки создавать курс и учебную литературу для студентов? Ответ на него представляется положительным, исходя из концепции подготовки компетентного специалиста, которая доминирует в современной системе высшего, в том числе медицинского, образования (Митрофанова, 2015). Компетентный врач, помимо знаний, умений и навыков, способен ориентироваться в медико-биологической информации системного характера, логически, сигнификативно и научно, т.е. творчески мыслить, может привлекать дополнительные внутренние и внешние ресурсы для формирования профессионального суждения как основы принимаемого решения. В этом ему безусловную помощь окажет рецензируемое нами учебное пособие.

Учебное пособие «Медицинская элементарология», разработанное и подготовленное проф. А.В. Скальным с соавторами, адресованное студентам медицинских вузов и врачам, является новым оригинальным изданием, в котором лаконично, доступно (не переходя границы научного изложения к «популяризации») изложены теоретические основы и дана обширная медицинская фактология (лечебные и профилактические аспекты) по новой научной дисциплине – медицинской элементарологии. Выход пособия следует признать знаковым событием в арсенале учебной медицинской литературы.

Книга представляет несомненный интерес не только в учебно-методическом, но и научно-дискуссионном плане. Она инициирует обсуждение проблемы гомеостаза в организме, физиологии и патологии (дизгомеостаза) биоэлементов, привлекая к ним внимание медицинской общественности, ученых, врачей, фармакологов с целью объединения усилий для решения широкого круга проблем клинической, профилактической и экспериментальной элементарологии.

**Доктор мед. наук, проф.,
засл. деятель науки и техники Украины
Л.М. Шафран**

ЛИТЕРАТУРА

Бекенова Д. З., Демидов А. А., Сагитова Г. Р. Уровень биометаллов и клинико-эпидемиологические аспекты острых форм ишемической болезни сердца. Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 301–301 (Beke-nova D. Z., Demidov A. A., Sagitova G. R. Uroven' biometallov i kliniko-e'pidemiologicheskie aspekty` ostry'x form ishemicheskoy bolezni serdca. Sovremennyy'e problemy` nauki i obrazovaniya. 2014. № 4. S. 301–301 [In Russ.]).

Боташева Т.Л., Черноситов А.В., Заводнов О.П., Гудзь Е.Б. Общая теория систем: живые системы, основные понятия, закономерности функционирования. Медицинский вестник юга России. Ростов-на-Дону. 2011. № 2. С. 51–56 (Botasheva T.L., Chernositov A.V., Zavodnov O.P., Gudz' E.B. Obshhaya teoriya sistem: zhivy'e sistemy`, osnovny'e ponyatiya, zakonornosti funkcionirovaniya. Medicinskij vestnik yuga Rossii. Rostov-na-Donu. 2011. № 2. S. 51–56 [In Russ.]).

Костюк В.Н., Гвишиани Д.М. (ред.) Потенциальная реальность и эволюционные процессы. Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1995–1996. М.: Эдиториал УРСС, 1996. С. 127–145 (Kostyuk V.N., Gvishiani D.M. (red.) Potencial'naya real'nost' i e'volucionny'e processy`. Sistemny'e issledovaniya. Metodologicheskie problemy`. Ezhegodnik 1995–1996. M.: E'ditorial URSS, 1996. S. 127–145 [In Russ.]).

Крыжановский Г.Н. Дизрегуляторная патология. Патогенез. 2004. Т. 2. № 1. С. 21–29 (Kryzhanovskij G.N. Dizregulyacionnaya patologiya. Patogenez. 2004. T. 2. № 1. S. 21–29 [In Russ.]).

Лима-де-Фариа А. Эволюция без отбора. Автоэволюция формы и функции. М.: Мир, 1991. 454 с. (Lima-de-Faria A. E'voluciya bez otbora. Avtoe'voluciya formy` i funkcii. M.: Mir, 1991. 454 s. [In Russ.]).

Митрофанова К.А. Компетентностный подход в медицинском образовании: опыт зарубежных исследователей. Профессиональное образование в России и за рубежом. 2015. № 3 (19). С. 167–171 (Mitrofanova K.A. Kompetentnostny'j podxod v medicinskom obrazovanii: opyt zarubezhny'x issledovatelej. Professional'noe obrazovanie v Rossii i za rubezhom. 2015. № 3 (19). S. 167–171 [In Russ.]).

Овчинникова Е.Н. К определению терминов «учебник» и «учебное пособие». Гуманитарные научные исследования. 2012. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://human.snauka.ru/2012/05/1189> (Ovchinnikova E.N. K opredeleniyu terminov «uchebnik» i «uchebnoe posobie». Gumanitarnyye nauchny'e issledovaniya. 2012. № 5 [E'lektronny'j resurs]. URL: <http://human.snauka.ru/2012/05/1189> [In Russ.]).

Рендюк Т.Д., Анохина Г.А. Минеральные вещества в составе биологически активных добавок к пище. особенности применения в медицине. Фитотерапия. Часопис, 2012. № 3. С. 34–39 (Rendyuk T.D., Anoxina G.A. Mineral'ny'e veshhestva v sostave biologicheski aktivny'x dobavok k pishhe. osobennosti primeneniya v medicine. Fitoterapiya. Chasopis, 2012. № 3. S. 34–39 [In Russ.]).

Скальный А.В. Концепция биоэлементов и основные постулаты биоэлементарологии. Галицкий лікарський вісник, 2013. Т. 20. № 2. С. 9–15 (Skalny A.V. Konceptsiya bioelementov i osnovny'e postulaty` bioe'lementologii. Galicz'kij likars'kij visnik, 2013. T. 20. № 2. S. 9–15 [In Russ.]).

Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементарология – новый термин или новое научное направление? Вестник ОГУ, 2005. № 2. С. 4–8 (Skalny A.V., Rudakov I.A. Bioelementologiya – novy'j termin ili novoe nauchnoe napravlenie? Vestnik OGU, 2005. № 2. S. 4–8 [In Russ.]).

Скальный А.В., Рудаков И.А., Нотова С.В., Скальный В.В., Бурцева Т.И., Баранова О.В., Губайдулина С.Г. Биоэлементарология: основные понятия и термины: терминологический словарь. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. 50 с. (Skalny

A.V., Rudakov I.A., Notova S.V., Skalny V.V., Burceva T.I., Baranova O.V., Gubajdulina S.G. Bioelementologiya: osnovny'e ponyatiya i terminy: terminologicheskij slovar'. Orenburg: GOU OGU, 2005. 50 s. [In Russ.].

Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Изд. Дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. 272 с. (Skalny A.V., Rudakov I.A. Bioelementy v medicine. M.: Izd. Dom «Oniks 21 vek»: Mir, 2004. 272 s. [In Russ.].)

Скальный А.В., Скальная М.Г., Киричук А.А., Тиньков А.А. Медицинская элементология: учебное пособие для студентов медицинских вузов и врачей М.: РУДН, 2018. 222 с. (Skalny A.V., Skalnaya M.G., Kirichuk A.A., Tinkov A.A. Medicinskaya elementologiya: uchebnoe posobie dlya studentov medicinskix vuzov i vrachej M.: RUDN, 2018. 222 s. [In Russ.].)

Шафран Л.М. Роль эссенциальных металлов в процессах клеточной сигнализации. Бюллетень XVII чтений им. В.В. Подвысоцкого. 24-25 мая 2018 г., Одесса. 2018. Т. 2. С. 96–101 (Shafran L.M. Rol' e'ssencial'ny'x metallov v proces-sax kletочноj signalizacii. Byulleten' XVII chtenij im. V.V. Podvy'soczko. 24-25 maya 2018 g., Odessa. 2018. T. 2. S. 96–101 [In Russ.].)

Шафран Л.М., Пыхтеева Е.Г., Большой Д.В. Тяжелые металлы: система биологического транспорта: монография. Одесса: Феникс, 2018. 312 с. (Shafran L.M., Py'xteeva E.G., Bol'shoj D.V. Tyazhely'e metally: sistema biologicheskogo transporta: monografiya. Odessa: Feniks, 2018. 312 s. [In Russ.].)

Шноль С.Э. Физико-химические факторы биологической эволюции. М.: Наука, 1979. 263 с. (Shnol' S.E. Fiziko-ximicheskie faktory biologiche-skoj e'volucii. M.: Nauka, 1979. 263 s. [In Russ.].)

Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р. Физика процессов эволюции. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 328 с. (E'beling V.,

E'ngel' A., Fajstel' R. Fizika processov e'volucii. M.: E'ditorial URSS, 2001. 328 s. [In Russ.].)

Behe M.J. The Biochemical Challenge to Evolution. N.-Y.: Space Independent Publishing Platform, 2017. 500 p.

Behe M.J. The Edge of Evolution: The Search for the Limits of Darwinism.

Bridges C.C., Zalups R.K. Molecular and ionic mimicry and the transport of toxic metals. Toxicol. Appl. Pharmacol. 2005, 204(3):274–308.

Chevalier N., Fénichel P. Endocrine disruptors: new players in the pathophysiology of type 2 diabetes? Diabetes Metab. 2015, 41(2):107–115. doi: 10.1016/j.diabet.2014.09.005.

Clarkson T.W. Molecular and ionic mimicry of toxic metals. Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. 1993, 33(6):545–571.

Huat T.J., Camats-Perna J., Newcombe E.A., Valmas N., Kitazawa M., Medeiros R. Metal Toxicity Links to Alzheimer's Disease and Neuroinflammation. J. Mol. Biol., 2019, 431(9):1843–1868. doi: 10.1016/j.jmb.2019.01.018.

Marth J.D. A unified vision of the building blocks of life. Nature Cell Biology. 2008, 10(9): 1015.

N.-Y.: Simon and Schuster, 2007. Science. 336 p.

Nordberg G.F., Fowler B.A., Nordberg M., Friberg L.T. (Ed.) Handbook on the toxicology of metals. Third ed. London: Acad. Press & Elsevier, 2007: 163–176.

Orr S.E., Bridges C.C. Chronic Kidney Disease and Exposure to Nephrotoxic Metals. Int. J. Mol. Sci. 2017, 18., Art. 1039; doi:10.3390/ijms18051039.

Sengupta P., Banerjee R., Nath S., Das S., Banerjee S. Metals and female reproductive toxicity. Hum. Exp. Toxicol. 2015, 34(7):679–697. doi: 10.1177/0960327114559611.

Skalny A.V. Development of the concept of bioelements and the prospects of bioelementology. Trace Elements in Medicine (Moscow), 2009. V. 10. №. 3-4. P.1–6.