

УДК 612.014.1:613:536.12

**Г.Л. Апанасенко,**  
д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры  
медицинской реабилитации и спортивной  
медицины Национальной медицинской академии  
последипломного образования имени П.Л. Шупика

**G.L. Apanasenko,**  
Doctor of Medical Sciences, Professor, the Department  
of Medical Rehabilitation and Sports Medicine,  
Shupik National Medical Academy  
of Postgraduate Training

## ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА LAWS OF THERMODYNAMICS AND HUMAN HEALTH

### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Апанасенко Геннадий Леонидович, д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры медицинской реабилитации и спортивной медицины Национальной медицинской академии последипломного образования имени П.Л. Шупика  
Адрес: 02033, Украина, г. Киев, ул. Тарасовская, д. 6  
Тел.: +38 (067) 774-94-37  
e-mail: apanas@ukr.net  
Статья поступила в редакцию: 06.05.2017  
Статья принята к печати: 30.06.2017

### CONTACT INFORMATION:

Gennadii Apanasenko, Doctor of Medical Sciences, Professor, the Department of Medical Rehabilitation and Sports Medicine, Shupik National Medical Academy of Postgraduate Training  
Address: 6, Tarasovskaja str., Kiev, 02033, Ukraine  
Tel.: +38 (067) 774-94-37  
e-mail: apanas@ukr.net  
The article received: May 6, 2017  
The article approved for publication: June 30, 2017

**Аннотация.** Обсуждается фундаментальное положение о сущности жизни и здоровья как проявлении трансформации солнечной энергии в другие виды энергии (тепловую, механическую, электрическую и др.), используемые в процессах жизни. Утверждается, что эффективность внутриклеточного энергообразования как проявление функции митохондрий (конечный этап трансформации солнечной энергии) является показателем устойчивости организма к внешним и внутренним негативным воздействиям. Это дает возможность подойти к количественной оценке уровня соматического здоровья (жизнеспособности) индивида. Существует уровень энергообразования, выше которого не регистрируются ни эндогенные факторы риска, ни сами заболевания. Ему дана количественная характеристика («безопасный» уровень здоровья). Доказывается положение о том, что выход большинства популяций из «безопасной» зоны здоровья — непосредственная причина эпидемии хронических неинфекционных заболеваний. Постулируется необходимость в дополнение к «индустрии болезни» (учреждения МЗ) формирования «индустрии здоровья», в основе которой сохранение и повышение энергопотенциала биосистемы.

**Abstract.** The article discusses the fundamental concept of life and health as a manifestation of solar energy transformation into other types of energies (thermal, mechanical, electric, etc.) providing life. The article states that the efficiency of intracellular energy as a manifestation of mitochondrial function (the final stage of solar energy transformation) indicates the organism's resistance to external and internal negative influences. This provides the opportunity of quantitative health (and viability) estimation of an individual. Neither endogenous risk factors nor diseases are found above a certain level of energy production. This is a quantitative ("safe") health level. The article demonstrates that if the majority of population goes beyond "safe" health level results in CNID epidemic. The article postulates the necessity supplement the "industry of illness" (establishment of Health Ministries) with the "industry of health", responsible for maintenance and increase of the biosystem energy potential.

**Ключевые слова.** Термодинамическая концепция здоровья, диагностика здоровья, эпидемия хронических неинфекционных заболеваний.

**Keywords.** Thermodynamic concept of health, health diagnostic, epidemic of chronic noninfectious diseases.

### ВВЕДЕНИЕ

Термодинамика — движение энергии. Энергия управляет всем, что происходит в мире [1 и др.]. Ее законы определяют существование Вселенной, нашей Планеты, всего живого и неживого. Ну и, конечно, Человека. Учитываем ли мы в должной

мере тот факт, что человек представляет собой открытую термодинамическую систему, функционирующую за счет солнечной энергии, а его состояние во многом определяется законами термодинамики? Многовековой опыт практического здравоохранения дает отрицательный ответ на этот вопрос.

Естествознание XIX в. по праву гордилось двумя крупнейшими достижениями: разработкой материалистической концепции эволюции в науках о живой природе и разработкой концепции энергии в развитии физики. Поиск внутренней связи и противоречий между этими концепциями был предметом многих исследований. Так, К.А. Тимирязев еще в 1912 г. подчеркивал, что вопрос о космической роли растений является пограничной областью между двумя великими обобщениями прошлого века, между учением о рассеянии энергии и учением о борьбе за существование. Однако попытки найти простые формальные связи и вывести на их основе энергетические принципы развития жизни оказались практически безрезультатными. Более того, непосредственное приложение термодинамических законов к анализу явлений жизни привело к прямому противоречию: эволюция живых систем происходит в направлении, противоположном указываемому вторым началом термодинамики (вместо деградации системы – рост энергии и повышение организации). Следовательно, согласно представлениям классической термодинамики, жизни как устойчивого явления не должно существовать. Но сам факт наличия и развития жизни убедительно демонстрирует некорректность выводов подобного рода. Потребовалось развить новую область термодинамики – неравновесную термодинамику (И. Пригожин), на основе которой оказалось возможным ввести термодинамические критерии эволюции открытых систем. В применении к живым системам, открытость которых является одним из важнейших свойств, эти критерии определяют устойчивость стационарного неравновесного состояния (а не равновесия – аналога смерти!), в котором скорость производства энтропии и, следовательно, рассеяния энергии минимальна.

Физики и механики называли энергию «царицей мира», а энтропию – ее «тенью». Понятие энтропии имеет двойственную природу. С одной стороны, энтропия характеризует рассеиваемое системой «бесполезное» тепло, а с другой – является мерой упорядоченности (с ростом энтропии увеличивается беспорядок – хаос). Так вот в биологии, где упорядоченность структур в процессе эволюции почему-то возрастает, больше внимания уделялось энтропии, чем энергии. «Царица мира» – энергия оказалась в тени своей собственной «тени» – энтропии. Много говорилось об отрицательной упорядочивающей энтропии, присущей живым организмам. Даже солнечный свет предпочитали рассматривать как «мощный источник отрицательной энтропии», а не как поток энергии. А между тем для существования любого стационарного состояния открытой системы необходим поток свободной энергии извне, а не поток

отрицательной энтропии (негэнтропии) в систему, как это следовало из вывода Э. Шредингера, наиболее часто упоминаемого в литературе [2].

При эволюции живых систем все более существенную роль играют процессы, направленные на повышение эффективности использования энергии. «Подъем энергии жизнедеятельности» и, в частности, «повышение дыхательной функции», по А.Н. Северцову, является одним из главных эволюционных изменений. Исследователи [3 и др.] пришли к выводу, что прогрессивная эволюция живого связана с совершенствованием внутриклеточного дыхания, иными словами – энергообразования. При этом в процессе эволюции высшие приматы заняли верхнюю ступеньку на биоэнергетической лестнице эволюции.

Наиболее четко на применимость второго начала термодинамики к живым системам указал Э. Бауэр. Им сформулирован принцип «устойчивого неравновесия»: именно непрерывное термодинамическое неравновесие – кардинальное отличие живого от неживого. Исходя из этого автор сформулировал основной закон биологии: «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии» [4, с. 32].

Что это означает на практике? А на практике это означает, что оценив количественно резерв «свободной энергии» живой системы (в том числе человеческого организма), мы сможем сделать обоснованное заключение о ее устойчивости (жизнеспособности) в конкретных условиях среды [5]. Именно этой проблеме автор посвятил 35 лет своей жизни. В результате были получены данные для решения важнейших проблем практического здравоохранения.

### ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗДОРОВЬЯ ПО ПРЯМЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Проблему индивидуального здоровья медицина исследует более двух тысяч лет. Итог этих исследований поэтично отобразил Doll R. [6]: «Было много попыток построить шкалу позитивного здоровья, но до сих пор измерение здоровья остается такой же иллюзией, как измерение счастья, красоты и любви». И это логично, ибо «благополучие» (ключевое слово в дефиниции здоровья ВОЗ) такая же абстрактно-логическая категория, как счастье и красота, и их невозможно охарактеризовать количественными критериями. Для решения проблемы необходимо отойти от критерия, предложенного ВОЗ, и предложить новый – реальный – критерий здоровья. При этом для тех, кто глубоко исследовал проблему, очевидно, что множество аспектов здоровья диктует необходимость сужения этой категории до

пределов, дающих возможность дать операциональную дефиницию здоровья. Операциональное определение — научно необходимое условие перевода общего абстрактного суждения в точно отграниченные реалии, которые могут быть воспроизводимо идентифицированы. Такое определение должно содержать правила, описывающие способ, каким может быть стандартно охарактеризовано состояние объекта, которым следует управлять. «Точно отграниченные реалии» — главное условие решения проблемы оценки здоровья по прямым показателям. Как их определить?

В годы существования СССР мы принимали участие в исследованиях по закрытой тематике, которые сегодня не могут быть повторены по понятным соображениям (сроки наступления гипоксической комы у водолазов при дыхании гипоксической смесью, физическая работоспособность до и после массивной кровопотери, динамика профессиональной работоспособности операторов в условиях многомесячного воздействия комплекса неблагоприятных факторов среды и др.). Анализ результатов этих исследований показал, что существует общий признак устойчивости организма человека к неблагоприятным воздействиям — энергопотенциал биосистемы (что отвечает второму закону термодинамики). И чем больше образование энергии на единицу массы организма, тем эффективнее осуществляется биологическая функция выживания. Постоянное энергообразование — главное условие существования живого организма. Так, на 1 г человеческого тела ежедневно распадаются и вновь синтезируются 3 г АТФ.

Таким образом, ведущий критерий существования биосистемы — энергообразование, обеспечивающее *жизнеспособность*, — вполне может быть положен в основу количественной оценки соматического здоровья по прямым показателям. На организменном уровне энергетический потенциал биосистемы может быть охарактеризован максимальными возможностями аэробного энергообразования — максимальным потреблением кислорода (МПК, мл/кг/мин), который отражает состояние функции митохондрий, а его увеличение сопровождается системными реакциями организма — расширением функционального резерва и экономизацией функций в покое и при дозированных воздействиях. Разработанная нами на этой основе система экспресс-оценки уровня жизнеспособности (аэробного потенциала) вполне может выступить в качестве количественного критерия уровня соматического здоровья [5; 7]. Используются простейшие индексы функций, характеризующие функциональный резерв (силовой и дыхательный индексы) и экономизацию функций («двойное произведение» и время восстановления частоты пульса после 20 приседаний за 30 с). В диагностическую

систему включен и весо-ростовой индекс. Показатели ранжированы, каждому рангу присвоен свой балл, а суммой баллов характеризуется уровень здоровья (жизнеспособности). Установлено, что сумма баллов имеет высокий коэффициент корреляции с максимальным потреблением кислорода (около 0,8). Выделяется 5 уровней здоровья.

Совершенно очевидно, что уровень физического здоровья должен отражать простую закономерность: больше здоровья — меньше болезни, и наоборот. И это показано в многочисленных исследованиях. Так, по нашим данным частота выявления хронического соматического заболевания при амбулаторном осмотре у рабочих промпредприятия снижается от 94% у представителей группы с низким уровнем физического здоровья до 1–2% у лиц, входящих в группы с высоким и выше среднего уровнем здоровья.

При проведении клинической велоэргометрии мужчинам 30–59 лет, которые не предъявляли жалоб на здоровье, выявлены ишемические реакции на нагрузку у представителей группы с низким уровнем здоровья в 36% случаев, в группе с уровнем ниже среднего в 28%, среднего уровня в 6% и не обнаружено признаков нетолерантности к нагрузке в группах с высоким и выше среднего уровнями здоровья [7].

Keteuian S.J. и соавт. [8] показали, что каждое увеличение удельного МПК на 1 мл сопровождается снижением риска смерти у мужчин и женщин с ИБС на 15%. Myers J.R. и др. [9] отмечают, что увеличение максимальной аэробной способности на 1 MET сопровождается увеличением выживаемости мужчин с сердечно-сосудистыми заболеваниями на 12%.

Что касается наших методических подходов, то они были оценены в сравнительном исследовании российских ученых, показавших [10], что наша методика оценки уровня здоровья обладает более высокой информативной ценностью (по показателям чувствительности и специфичности) в сравнении с другими методами (Р.М. Баевского, И.В. Гундарова, К. Купера, Л.К. Гаркави и др.).

Следовательно, МПК (мл/кг/мин) действительно отражает уровень здоровья и может служить интегральным критерием жизнеспособности. Результаты наших исследований демонстрируют возможность получения не прямой информации об этом показателе с использованием простых методических подходов, что приближает его к реализации в первичном звене здравоохранения.

### **ПРОБЛЕМА БОРЬБЫ С ЭПИДЕМИЕЙ ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Самая большая проблема современного здравоохранения — хронические неинфекционные заболевания (ХНИЗ). В развитых странах они

выступают в качестве причины более чем в 80% всех случаев смерти. Особенно высока доля смертей от заболеваний сердечно-сосудистой системы (в Украине до 67%), при этом наблюдается постоянный рост этого показателя. Государственные и международные программы (например, СИНДИ) не изменили ситуацию. Оказалось, что надежда улучшить здоровье населения за счет концепции факторов риска иллюзорна, ибо борьба с ними не уменьшает количество заболевших (речь идет об эндогенных факторах риска). Эта концепция отвечает на вопрос «как» и не отвечает на вопрос «почему». Все больше появляется работ, в которых высказывается сомнение относительно способности традиционных профилактических подходов влиять на общую смертность [10; 11 и др.]. Классические факторы риска в ряде ситуаций могут выступать индикаторами риска, предсказывая возникновение болезни, но их коррекция не обязательно улучшает прогноз. Кроме того, существует феномен «перекачки смертности» [10], когда снижение смертности от одних заболеваний сопровождается повышением смертности от других, не давая результата с точки зрения увеличения продолжительности жизни.

Для того чтобы оценить доказательность утверждения, в соответствии с которым многофакторная профилактика ИБС, направленная на коррекцию традиционных факторов риска, обеспечивает снижение общей смертности, И.А. Гундаров и соавт. [10] провели фундаментальное исследование, в основе которого лежит анализ эффективности самых известных профилактических программ с точки зрения доказательной медицины.

В качестве материала использованы результаты крупных российских и зарубежных многофакторных программ, составляющих «золотой» фонд эпидемиологии неинфекционных заболеваний и медицинской профилактики. Проведенный анализ показал, что из 23 программ лишь в одной общая смертность уменьшилась, в трех увеличилась, в остальных различие оказалось недостоверным. Тем самым нулевая гипотеза о способности традиционной многофакторной профилактики ИБС влиять на общую смертность не подтвердилась.

Следует подчеркнуть, что смертность не уменьшалась даже при выраженном снижении факторов риска. Это наводит на мысль, что они действительно являются индикаторами риска, помогающими прогнозировать неблагоприятную ситуацию, однако их минимизация (устранение) не улучшает прогноз. Сами участники профилактических программ констатируют: «Исследования многофакторной первичной профилактики по снижению сердечно-сосудистых заболеваний породили разочаровывающие результаты... различия общей и коронарной смертности между группами вмешательства и контроля оказались редуцированными...» [12]. Дела-

ется вывод о преждевременности распространения этого подхода на практическое здравоохранение [13]. К аналогичному заключению пришли и зарубежные исследователи при анализе более поздних многофакторных профилактических программ, опубликованном в самом авторитетном с точки зрения доказательной медицины Кохрановском обзоре [14]. Обоснованность опасения подтверждается показанным в ряде рассмотренных проектов ростом смертности на старте профилактики, что означает увеличение в группах вмешательства числа потерянных лет жизни.

Отсутствие убедительных доказательств эффективности программ многофакторной профилактики ИБС в отношении снижения сердечно-сосудистой и общей смертности ставит на повестку дня вопрос смены существующей парадигмы медицинской профилактики и разработки новых подходов к укреплению здоровья населения. Требуется разработка инновационной организационно-функциональной модели предупреждения избыточной смертности от неинфекционных заболеваний, в основу которой может быть положена стратегия индивидуальной массовой профилактики, базирующаяся на принципах *измерения резервов здоровья человека* [7, 10].

В процессе эволюции происходит совершенствование эффективности внутриклеточного дыхания [3], т.е. эта функция имеет для вида *Homo sapiens* эволюционно обусловленный порог, который мы назвали «безопасным» уровнем здоровья (БУЗ) и дали ему количественную характеристику [5; 7].

*Выше БУЗ не регистрируются ни эндогенные факторы риска хронических неинфекционных заболеваний (сердечно-сосудистых, злокачественных, эндокринных и др.), ни сами заболевания.*

Сейчас в зоне БУЗ находится около 1% населения Украины. Полагаем, что в РФ ситуация не лучше.

При воздействии негативных факторов внешней среды, нездорового образа жизни, старения и пр. происходит снижение эффективности внутриклеточного энергообразования. В соответствии с термодинамической концепцией здоровья и профилактики [15] выход эффективности внутриклеточного энергообразования за пределы БУЗ сопровождается феноменом «саморазвития» патологического процесса и является первопричиной эпидемии ХНИЗ (снижение энергopotенциала — рост энтропии — хаос функций — патология). При распространении подобных изменений в масштабе популяции, кроме эпидемии ХНИЗ, ускоряется темп старения, страдает репродуктивная функция, снижаются физические и психофизические качества и др.

Первая реакция организма на изменение внутриклеточного гомеостаза, прежде всего недостатка АТФ, — повышение артериального

давления [16]. Таким образом, борьба с эндогенными факторами риска развития ХНИЗ без повышения энергопотенциала биосистемы до уровня, обусловленного эволюцией (БУЗ), – малоэффективна. Таким образом, можно утверждать, что низкие показатели аэробной способности – более мощный предиктор общей смертности и сердечно-сосудистой заболеваемости, чем другие факторы сердечно-сосудистого риска, такие как артериальная гипертензия, курение, гиперлипидемия и сахарный диабет. В исследованиях здоровой норвежской популяции (Aspenes S., [17]) подтверждены полученные нами данные о наличии БУЗ, показав, что каждое снижение МПК на 5 мл/мин/кг ниже БУЗ увеличивает риск развития сердечно-сосудистой патологии на 56%. К настоящему времени появился и метаанализ публикаций по этой проблеме, который подтверждает указанные закономерности [18]. Таким образом, заболеваемость и смертность современной популяции обусловлена, главным образом, снижением энергопотенциала биосистемы (функции митохондрий – уровня здоровья), а ХНИЗ – лишь следствие этого процесса.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Полагаем, что перед человечеством стоит проблема, значимость которой пока не осознается в достаточной мере ни общественностью, ни наукой – биологическая деградация вида *Homo sapiens*. Она проявляется ускоренным темпом старения, популяционным снижением «количества» здоровья (жизнеспособности), эпидемией хронических неинфекционных заболеваний, коморбидностью, снижением репродуктивной функции, рождением ослабленного потомства и др. Все это является следствием снижения устойчивости неравновесной термодинамической системы (живого) на современном этапе социальной эволюции. Путь решения проблемы – популяционное повышение функциональной способности митохондрий. Подробно эта проблема изложена в монографии [19].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термодинамическая концепция здоровья убедительно доказывает, что *люди заболевают и преждевременно умирают от потери здоровья*, а хронические неинфекционные заболевания являются следствием выхода энергопотенциала биосистемы за пределы, обусловленные эволюцией (больше здоровья – меньше болезни, и наоборот). Становится актуальной проблема формулировки новой парадигмы здравоохранения. Суть ее заключается в преимущественном переходе от дорогостоящей, но не оправдавшей себя с точки зрения сохранения здоровья популяции «концепции постоянного

совершенствования медицинской помощи населению» к «концепции мониторинга, воспроизводства, сохранения и укрепления здоровья населения». При этом оздоровление должно осуществляться постоянно, а лечение при необходимости. В целях оздоровления постулируется в дополнение к «индустрии болезни» (учреждения МЗ) необходимость формирования «индустрии здоровья».

### Список литературы

1. *Гладышев Г.П.* Термодинамика и жизнь. *Вестник международной академии наук.* 2010; 1: 6–10. [*Gladishev G.P.* Thermodynamics and life. *Announcer of international academy of sciences.* 2010; 1: 6–10 (in Russian).]
2. *Schrodinger E.* What is life? The physical aspect of the living cell. 1944. Cambridge Univ. Press; 92.
3. *Зотин А.И.* Биоэнергетическая направленность эволюционного процесса организмов. Пушино; 1981: 11. [*Zotin A.I.* Biopower orientation of evolutionary process of organisms. Pushino; 1981: 11 (in Russian).]
4. *Бауэр Э.* Теоретическая биология. Л.: ВИЭМ; 1935: 150. [*Bauer E.* Theoretical biology. Leningrad: VIEM; 1935: 150 (in Russian).]
5. *Апанасенко Г.Л.* Индивидуальное здоровье: в поисках сущности и количественной оценки. *Довкілля та здоров'я.* 2015; 3: 8–12. [*Apanasenko G.L.* The Individual health: in search of essence and quantitative estimation. *Environment and health.* 2015; 3: 8–12 (in Russian).]
6. *Doll R.* Prevention: some future perspectives. *Pereventive medicine.* 1978; 4: 486–492.
7. *Апанасенко Г.Л.* Эпидемия хронических неинфекционных заболеваний: стратегия выживания. Саарбрюккен; 2014: 260. [*Apanasenko G.L.* Epidemic of chronic noninfectious diseases: strategy of survival. Saarbrücken. Lambert Acad. Publ. 2014: 260 (in Russian).]
8. *Keteyian S.J., Brawner C.A., Savage P.D. et al.* Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease. *Am. Heart J.* 2008; 156(2): 292–300.
9. *Myers J.* Cardiology patient pages. Exercise and cardiovascular health. *Circulation.* 2003; 107: 2–5.
10. *Гундаров И.А., Полесский В.А.* Профилактическая медицина на рубеже веков. От факторов риска – к резервам здоровья и социальной профилактике. М.: АТиСО; 2016: 341. [*Gundarov I., Polessky V.* Profilactic medicine on the border of centuries. From risk factors - to backlogs of health and social prophylaxis. Moscow: АТиСО; 2016: 341 (in Russian).]
11. *Oliver M.F.* Prevention of coronary heart disease – propaganda, promises, problems and prospects. *Circulation.* 1986; 73(1): 1–9.
12. *McCormick J., Skrabanek P.* Coronary heart disease is not preventable by population interventions. *Lancet.* 1988; 8: 839–841.

13. *Miettinen T.A., Strandberg T.E.* Implications of recent results of long term multifactorial primary prevention of cardiovascular diseases. *Ann. Med.* 1992; 24(2): 85–9.
14. *Ebrahim S., Taylor F., Ward K. et al.* Multiple risk factor interventions for primary prevention of coronary heart disease. *Cochrane Database Systematic Review.* 2011; 19(1): 1561.
15. *Апанасенко Г.Л.* Термодинамическая концепция здоровья и профилактики. *Тер. Архив.* 1990; 12: 56–58. [*Apanasenko G.L.* Thermodynamics conception of health and prophylaxis. *Ther. Archive.* 1990; 12: 56–58 (in Russian).]
16. *Григорян Р.Д., Лябах Е.Г.* Артериальное давление: переосмысление. Киев: НАНУ; 2015: 458. [*Grigorijan R.D., Lajbah K.G.* Arteriotony: new look. Kiev: NANU. 2015: 458 (in Russian).]
17. *Aspenes S.T., Nilsen T.I.L., Skaug E.A., Bertheussen G.F., Ellingsen K., Vatten L., Wisloff U.* Peak Oxygen Uptake and Cardiovascular Risk Factors in 4631 Healthy Women and Men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011; 43(8): 1465–1473.
18. *Satoru Kodama, Kazumi Saito, Shiro Tanaka.* Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women a meta-analysis. *JAMA.* 2009; 301(19): 2024–2035.
19. *Апанасенко Г.Л., Гаврилюк В.А.* Биологическая деградация Homo sapiens: пути противодействия. Саарбрюккен: Palmarium Acad. Publ. 2014: 102. [*Apanasenko G.L., Gavriluk V.A.* Biological degradation of Homo sapiens: ways of counteraction. Saarbrucken: Palmarium Acad. Publ. 2014: 102 (in Russian).]