

ПРИРОДНО-ОЧАГОВЫЕ И ОСОБО ОПАСНЫЕ ИНФЕКЦИИ

УДК: 616.98:579.852.11B.anth:579.22

ИЗМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИИ ВОЗБУДИТЕЛЯ СИБИРСКОЙ ЯЗВЫ *BACILLUS ANTHRACIS*, КАК ФАКТ-ПРИМЕР ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ПОЛНОПРАВНОСТИ ИОННОГО УРОВНЯ САМОРЕГУЛЯЦИИ МИКРООРГАНИЗМА

Ш.Альгирмаа¹, Ш.Агиймаа²

¹Монгольский Университет Науки и Технологии, Улан-Батор, Монголия

²Национальный Центр зоонозных Инфекций, Улан-Батор, Монголия
algii_must@yahoo.com

*В работе показано, что деградация потока отрицательной энтропии ведет к освобождению необходимой микроорганизму свободной энергии. Поток отрицательной энтропии необходим для компенсации процесса возникновения положительных значений энтропии и убыли свободной энергии в клетке. Таким образом протекают самопроизвольные реакции метаболизма возбудителя сибирской язвы *Bacillus anthracis*.*

Ключевые слова: сибирская язва, отрицательная энтропия, свободная энергия

CHANGE OF ANTHRAX ENTROPY AS A FACT-EXAMPLE OF THE ION LEVEL EQUALITY EVIDENCE IN THE MICROORGANISM SELF-ORGANIZATION

Sh.Aligermaa¹, Sh.Agiimaa²

¹Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

²National Centre of Zoonotic Infection, Ulaanbaatar, Mongolia
algii_must@yahoo.com

8th khoroo, Baga toiruu 34, Sukhbaatar district, Ulaanbaatar, Mongolia 1419, Postal 46/520,
Tel (976)-11-324590

This paper describes the degradation of influx negative entropy flow which is released free energy for need microorganism. The negative entropy flow necessary for compensation of the process to rise positive value entropy and to decrease free energy in cell. As a result, proceed the self-organized metabolic reaction of anthrax.

Key words: anthrax, negative entropy, free energy

Возбудитель сибирской язвы может существовать в виде вегетативной и споровой форм. Вегетативные формы возбудителя обнаруживаются в живых тканях и органах больного животного и человека. Вегетативные клетки способны к росту и размножению, а также обладают основными факторами патогенности – капсулой и токсином. Устойчивость к неблагоприятным факторам внешнего воздействия и окружающей среды (высокая температура, солнечные лучи, высушивание и др.) вегетативных форм бацилл невелика. Споры же, образующиеся из вегетативных форм при неблагоприятных условиях окружающей среды, обычно не размножаются, но остаются жизнеспособными и сохраняются длительное время. Попадая в благоприятные условия, спора прорастает и переходит в вегетативную форму со всеми вытекающими отсюда последствиями. Кроме того, в организме человека или животного, сибиреязвенный микроб образует вокруг себя капсулу, которая защищает его от поглощения и переваривания фагоцитами крови.

Изучение культуральных свойств сибиреязвенных бацилл показало, что инкубирование на питательных средах при температуре выше 42 °C вызывает потерю способности микробная клетка к

спорообразованию и при 45 °С – прекращение ее роста. Спорообразование также утрачивается в организме животных и человека и не происходит при температуре ниже 15 °С [8].

Вывод энтропии из организма, как мера необратимого **рассеивания энергии**, есть неперенное условие его существования. Все процессы жизнедеятельности сопровождаются ростом внутренней энтропии организма ($d_i S > 0$). Чтобы не погибнуть, клетка должна потреблять отрицательную энтропию $d_e S > 0$ (негэнтропию, информацию) из окружающей среды равносильную выводу энтропии из организма.

Разность энтропий исходных компонентов и продуктов реакции ($d_e S = S_{исх} - S_{прод} < 0$) или «свободная» энергия обладает отрицательной энтропией (негэнтропией) по отношению к данному организму и за счет нее приводятся в движение внутренние упорядоченные процессы.

Цель работы

Изучение энтропии возбудителя сибирской язвы *Bacillus anthracis* на разных стадиях и формах жизнедеятельности бациллы.

Материалы и методы

В исследовании были использованы морфологические, физико-химические характеристики возбудителя сибирской язвы, учтены его физиологические особенности. Использован термодинамический метод расчёта в открытой системе, поскольку биологическая система является открытой, где микроорганизмы обмениваются с окружающей средой веществом, энергией и информацией.

Результаты и обсуждение

Социально-экологическая концепция эпидемического процесса Б.Л. Черкасского (1984) основана на использовании системного подхода к анализу явлений в природе и обществе. При этом подходе любое явление, объект, процесс рассматривается как целостная система, представляющая собой организованную совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов (подсистем), функционирующую с определенной целью. В то же время каждая из подсистем может рассматриваться как самостоятельная система, включающая в себя подсистемы более низкого уровня. Компоненты системы объединены в единое целое, а их функционирование объединено общей целью. Система – не простая сумма подсистем, а новое явление, обладающее признаками, отсутствующими у подсистем. С этих позиций Б.Л. Черкасским было рассмотрено такое явление как эпидемический процесс, т.е. процесс формирования инфекционной заболеваемости среди людей [12].

По “вертикали” система эпидемического процесса образована двумя иерархиями и организменным уровнем между ними: иерархия собственного эпидемического (соцэкологический и экосистемный уровни) и иерархия инфекционного процессов. Каждая из этих иерархий в свою очередь состоит из последовательного ряда подчиненных уровней. Иерархия инфекционного процесса включает организменный, тканево-органный, клеточный или молекулярный уровни. Однако, следует подчеркнуть, что очень многие жизненноважные процессы происходят ниже общепринятого молекулярного уровня, а именно на “ионном” уровне организации живого. Поэтому, мы считаем, что обосновано включение “ионного уровня” в ряд уровней, вошедших в структуру эпидемического процесса как целой системы (рис. 1). Это досадное упущение прежних исследователей мы попытались продемонстрировать на примере процессов саморегуляции, также как сам И.И.Шмальгаузен в свое время [10].

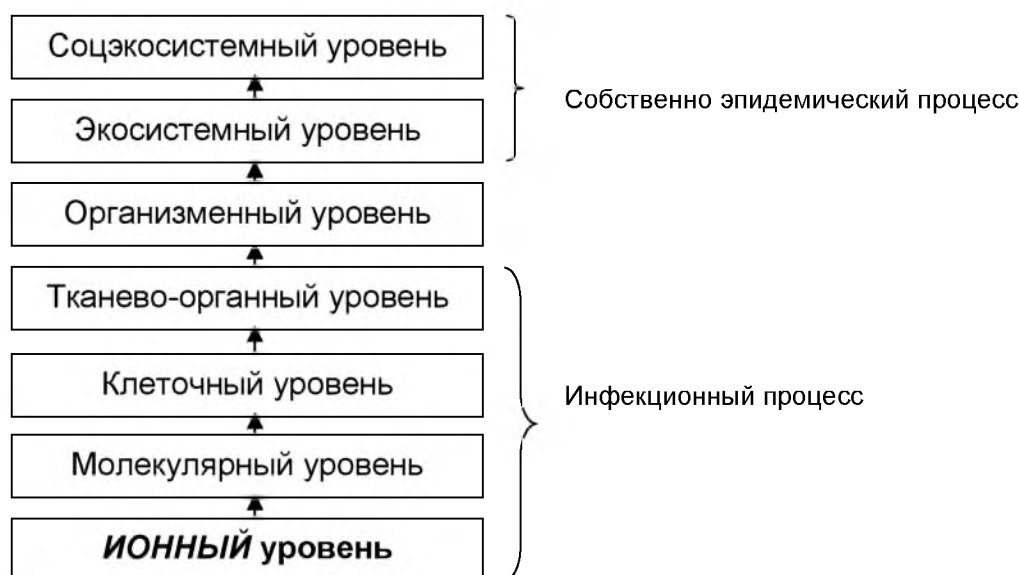
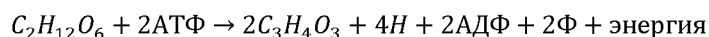
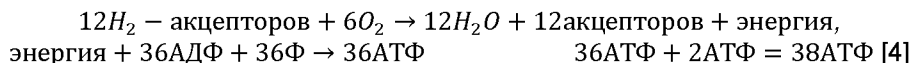


Рисунок 1. Структура эпидемического процесса как целой системы, дополненная нами существенно “новым” уровнем (Ж.Шагж, Ш.Агиймаа, Ш.Альгирмаа.1993 г.) [10]

Итак, рассмотрим изменения энергии при распаде глюкозы в клетке сибиреязвенного микроба. При анаэробном гликолизе суммарный энергетический выход составляет две молекулы АТФ.



Наиболее эффективным распадом глюкозы является аэробный гликолиз, в ходе которого образуется 38 молекул АТФ:



Свободная энергия в клетке равна 12 ккал/моль, а удельная теплота составляет 12 ккал/моль [3]. Соответственно, во время аэробного гликолиза высвобождается около 456 ккал энергии АТФ: 12 ккал/моль $\times$ 38 моль = 456 ккал.

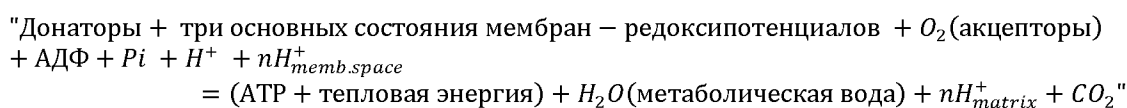
При полном окислении одной молекулы глюкозы образуется 688,5 ккал [8]

$$d_e S = \frac{\partial Q}{T} = \frac{456 \text{ ккал}}{288K} - \frac{688,5}{288K} = -0,81 \text{ ккал/К}$$

$$КПД = \frac{\text{энергия АТФ}}{\text{энергия полного окисления}} \times 100 \% = 66,2 \%$$

Коэффициент полезного действия образования энергии в микробной клетке при гликолизе составляет 66,2 %, что свидетельствует об очень высоком уровне использования потенциальной энергии АТФ синтезируемой в микроорганизме.

Явления, происходящие в десяти основных функционирующих системах макроорганизма на 12 уровнях, регулируют скорость протекания реакции трех основных состояний мембран-редоксипотенциалов с образованием тепловой энергии и продуктов распада. NCM (newly coded medicine) впервые выявила различные донаторы, позволяющие рассматривать энергообмен клетки на ионном уровне.



Производство энтропии при протекании внутриклеточных процессов пропорционально объему клетки – V , а отток энтропии из клетки пропорционален площади поверхности – S : Соответственно удельная энтропия микробной клетки может быть рассчитана по формуле:

$$dS_{уд.} = \frac{\partial Q_{исх}}{m \cdot T} \cdot \rho \cdot V - \frac{\partial Q_{прод}}{m \cdot T} \cdot \frac{1}{a} \cdot dp \cdot S \quad (1)$$

Энтропия клетки бациллы:

$$dS = dS_{уд.} \cdot m = \left[\frac{\partial Q_{исх}}{m \cdot T} \cdot \rho \cdot V - \frac{\partial Q_{прод}}{m \cdot T} \cdot \frac{1}{a} \cdot dp \cdot S \right] \cdot m \quad (2)$$

Введем обозначения в уравнении (1):

$$\frac{\partial Q_{исх}}{m \cdot T} \cdot \rho = A \quad \frac{\partial Q_{прод}}{m \cdot T} \cdot \frac{1}{a} \cdot dp = B$$

где, A и B – постоянные величины для данной микробной клетки бациллы и спор сибирской язвы.

$$dS_{уд.} = A \cdot V - B \cdot S$$

$$A = \frac{\partial Q_{исх}}{m \cdot T} \cdot \rho = \frac{456 \text{ ккал}}{10^{-12} \text{ кг} \cdot 288K} \cdot 1,055 \cdot \frac{10^{-3} \text{ кг}}{\text{м}^3} = 1,67 \cdot 10^9 \frac{\text{ккал}}{\text{К} \cdot \text{м}^3}$$

где, $\rho = 1,055 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ – плотность бактерий [9]

$m = 10^{-12} \text{ кг}$ – средняя масса микробной клетки [2]

$$B = \frac{\partial Q_{прод}}{m \cdot T} \cdot \frac{1}{a} \cdot dp = \frac{688,5 \text{ ккал}}{10^{-12} \text{ кг} \cdot 288K} \cdot \frac{1}{8,4 \cdot \frac{10^{-8} \text{ м}}{\text{с}^2}} \cdot 3 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = 0,85 \cdot 10^{24} \frac{\text{ккал}}{\text{К} \cdot \text{м}^2}$$

где, $Q_{10} = 3,8$ – температурный коэффициент диффузии через мембрану нейтральных полярных молекул [13]

$a = 8,4 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$ – ускорение растворения неполярных молекул в мембране, при $Q_{10} = 3,8$.

$p_{\text{в клетке}} = 6,7 \text{ атм.}$ (это соответствует 0,9%-ному водному раствору $NaCl$) [4, 13]

$p_{\text{среда}} = 6,4 \text{ атм.}$ $dp = 6,7 - 6,4 \text{ атм.} = 0,3 \text{ атм.} = 3 \cdot 10^4 \text{ Па}$

Возбудитель сибирской язвы в вегетативной форме существования представляет крупную палочку, в начальной фазе своего роста размеры его составляют 1 x 3 мкм, площадь поверхности и объем микробной клетки равны 10,99 мкм² и 4,71 мкм³ соответственно (табл.). Зрелые вегетативные клетки увеличиваются в размерах в 1,2-1,7 раза, а площадь их возрастает в 1,9 раза и объем – 2,4 раза. При воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды вегетативная клетка теряет воду, меняет форму и уменьшается в размерах (6-17 раз), площади (в 84,4 раза), объеме (в 1800 раз). Такое компактное состояние и наличие плотной оболочки позволяет спорам сибиреязвенного микроба выдерживать физические, химические и температурные факторы.

Таблица

Изменение энтропии возбудителя сибирской язвы на разных стадиях роста

№	Жизненная форма	Размеры, мкм	S, мкм ²	V, мкм ³	Энтропия, ккал/К
1	Вегетативная клетка в начале роста	1 x 3	10,99	4,71	-9,34
2	Вегетативная клетка в пределе роста	1.2 x 5	21,1	11,3	-17,94
3	Спора	0,2 x 0,3	0,255	0,0063	-0,191

Одним из таких механизмов сохранения отрицательной энтропии является деление клетки.

Спора имеет тепло: $\partial Q = T \cdot dS_{\text{спор}} = 288\text{К} \cdot \frac{0,191\text{ ккал}}{\text{К}} = 55,01\text{ ккал}$;

Теплоёмкость споры: $C = \frac{\partial Q}{T} = \frac{55,01\text{ ккал}}{274\text{К}} = 0,203 \frac{\text{ккал}}{1^\circ\text{C}}$

По закону Джоуля-Коппа молярная теплоёмкость твердого тела: $C = 25 \cdot n = 6\text{ кал}/(\text{К} \cdot \text{моль}) \cdot n$ где, n – число моля.

$$n = \frac{C}{6\text{ кал}/(\text{К} \cdot \text{моль})} = \frac{203\text{ кал}/\text{К}}{6\text{ кал}/(\text{К} \cdot \text{моль})} = 34\text{ моль}$$

Из этого следует, что спора *Bacillus anthracis* – это твердое тело, содержащее–34 моля вещества.

Удельная энтропия споровой формы возбудителя сибирской язвы очень низка и составляет (–0,191 ккал/К), что показывает компактность расхода энергии микроба в таком состоянии. Чтобы не допустить гибели и положительного значения энтропии ($dS > 0$) для сохранения жизнеспособности, в клетке запускаются дополнительные механизмы, позволяющие сохранять термодинамическое равновесие с отрицательным значением энтропии. Прорастание споры в вегетативную форму сопровождается потреблением большего количества тепловой энергии, энтропия микробной клетки повышается в 48,9 раз. Энтропия в начале роста бациллы составляет –9,34 ккал/К, затем при дальнейшем увеличении размеров микробной клетки показатель повышается в 1,9 раза (–17,94 ккал/К) (рис. 2). Энтропийный фактор продолжает расти далее до предела ее развития ($y=0.0388$, $R=0.92$).

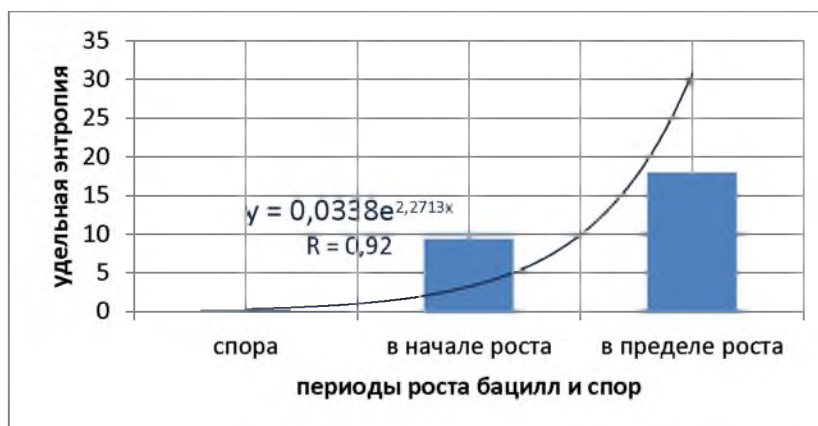


Рисунок 2. Изменение энтропии сибиреязвенного микроба на разных стадиях роста и развития

В отличие от других микроорганизмов, образующих споры (грибы, плесени и др.), спорообразование у *B.anthraxis* является средством сохранения вида в условиях, при которых невозможно размножение возбудителя. Споры характеризуются высокими значениями показателя светопреломления. При электронной микроскопии сформировавшиеся споры имеют многослойную

споровую оболочку. В некоторых участках удавалось обнаружить до шести ее слоев. С внешней стороны оболочка имеет множественные выпячивания, а с внутренней прилегает к кортексу споры [6]. Возбудитель сибирской язвы, особенно в споровой форме, обладает высокой устойчивостью к воздействиям факторов внешней среды, сохраняя не только жизнеспособность, но и вирулентность. Знание закономерностей циркуляции возбудителя сибирской язвы в природе имеет принципиальное значение и связано с проблемой ликвидации этой инфекции. Однако до настоящего времени не решены многие вопросы, связанные с проблемой существования сибиреязвенного микроба вне биологического хозяина. Поэтому актуальным является изучение экологических закономерностей и жизнедеятельности *B.anthraxis* в абиотической среде обитания. Особенно это важно на современном этапе в условиях массовой иммунизации сельскохозяйственных животных.

Заключение

1. Многие процессы жизнедеятельности происходят не только на молекулярном, но и “ионном” уровнях организации живого.
2. Энтропия *B. anthracis* имеет разные значения на определенных стадиях жизненных форм сибиреязвенного микроба.
3. Низкий уровень энтропии споровой формы возбудителя сибирской язвы способствует выживанию микроорганизма в неблагоприятных условиях окружающей среды.

Литература

1. Амбага М. Объяснение научной основы методов пульсовой диагностики с использованием S-NCM знания / Мат. междунар. конф. посв. 15-ой год. образования института “Новая медицина” Newly codod medicine, 25-ой годовщине мембранной теории –хий, шар, бадган, 80 летию доктора Ж.Шагж. - 2015.
2. Справочник по биологии / Под ред. К. М. Сытника ; Т. Л. Богданова, А. В. Брайон, А. В. Денисьевский и др. – Киев : Наукова думка, 1985 . – 580.
3. Брода Э. Эволюция биоэнергетических процессов. М.: Мир, 1978. - 71 с.
4. Винчестер А. Основы современной биологии. - М.: Мир, 1967. - 139 с..
5. Ганин В.С. По тропам эпидемических катастроф. - Иркутск. 2011. - С. 176-177.
6. Маринин Л.И., Мокриевич А.Н., Бахтеева И.В. и др. Методы изучения биологических свойств возбудителя сибирской язвы (учебно-методическое пособие). – Оболенск, 2009. – С.17.
7. Маринин Л.И., Онищенко Г.Г., и др. Сибирская язва человека: эпидемиология, профилактика, диагностика, лечение. - Оболенск, 2008. - С. 32.
8. Пяткин К.Д., Кривошеин Ю.С. Микробиология. М.: Мир, 1986.- С. 46-309.
9. Рубин А.Б. Термодинамика биологических процессов. М.: изд. Московского университета, 1984. – С. 61-69.
10. Шагж Ж., Агиймаа Ш. Взаимосвязь ионного уровня с инфекционными и эпидемическими процессами / Теория и практика лечения и профилактики на ионном уровне метаболизм. - УБ., изд. Бат принтинг, 2000. – С. 4-5.
11. Шагж Ж. Новая теория энергообеспечения организма и её практическое применение. УБ.: Admonprint, 2015. – С. 64-72.
12. Черкасский Б.Л. Системный подход в эпидемиологии. – М.: Медицина, 1988.
13. Ясуа Кагава. Биомембраны.- М.: Высшая школа, 1985. - 194 с.

Сведения об авторах

Шагж Альгирмаа – кандидат биологических наук, доцент Монгольского Университета Науки и Технологии. Тел.(976) 88265483 E-mail: algii_must@yahoo.com