

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГИПОБИОЛОГИИ

Угаров Г.С.

ФГАУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: ugarovgs@mail.ru

Теоретически обосновывается новое направление в биологической науке – гипобиологии, которая изучает особое состояние у живых организмов, известное под названием гипобиоз, наступающее под действием холода и других неблагоприятных факторов среды, так или иначе вызывающих снижение функциональной активности на фоне общего обезвоживания организма. Основной причиной гипобиоза, как считает автор, является истинное и физиологическое обезвоживание организма. Истинное обезвоживание организма происходит при недостатке воды и засухе. Физиологическое обезвоживание обычно наблюдается в условиях холода, который, по биологической температурной шкале Угарова (нулевая точка (0°U) находится при +4°С), располагается в зоне отрицательных температур. Под действием холода (от +4°С до 0°С) вода приобретает льдоподобную структуру или, по существу, превращается в «жидкий лед», практически недоступный для обменных процессов, в результате которого многие животные организмы впадают в спячку, оцепенение, а растения – в состояние вынужденного покоя. Физиологическое обезвоживание могут вызвать и некоторые химические вещества и газы, в частности, применяемые в медицине и в ветеринарии в качестве анестетиков, а также криопротекторы, путем связывания свободных молекул воды. Медицинские, сельскохозяйственные и экологические разделы гипобиологии могут быть полезными в решении важных прикладных задач. Описываются цели, задачи, объекты и методы исследования гипобиологии. Автор надеется, что гипобиология объединит усилия разрозненных в настоящее время по различным ведомствам биологов, медиков, исследователей в области сельскохозяйственных наук и других специалистов, занимающихся изучением всех проявлений гипобиоза у живых организмов, в решении теоретических и прикладных задач, стоящих перед этой наукой. В связи с этим планируется создание электронного журнала «Гипобиология», который будет выпускаться на издательской платформе RAE Editorial System <http://esrae.ru>.

Ключевые слова: гипобиоз, гипобиология, спячка, торпидность, покой, физиологическое обезвоживание, холод, состояние воды, (°U) – шкала Угарова

THEORETICAL BASE OF HYPOBIOLOGY

Ugarov G.S.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov»; Yakutsk, e-mail: ugarovgs@mail.ru

The new trend in biological science, the Hypobiology, which study the special state in living creatures knowing like hypobiosis and appearing under effect of cold and other adverse environmental factors what by one or another way cause reduction in the functional activity against the general dehydration of an organism, are justified theoretically. The main reason hypobiosis, according to the author, is a true and physiological dehydration. True dehydration occurs due to lack of water and drought. Physiological dehydration is usually observed in cold conditions, which, in biological Ugarov's temperature Scale (zero point (0°U) is located at +4°С) is in the negative temperatures. Under the influence of the cold (from +4°С to 0°С), water becomes ice-like structure, or, in essence, becomes a «liquid ice», almost inaccessible to the metabolic processes, in which many animal organisms come into hibernation or torpor, and the plants come to the state of forced rest. Some chemicals and gases also may be the cause of physiological dehydration, in particular, those of them what are used in veterinary medicine as anesthetics, and also cryoprotectants by the way of free water molecules binding. Medical, agricultural and environmental topics of the Hypobiology can be helpful in dealing with important applications. The objectives, tasks, objects and methods of the Hypobiology are described. The author hopes that Hypobiology will join forces, currently scattered in various departments, biologists, physicians, researchers in the sphere of agriculture sciences, and other experts involved in the study of all the manifestations of the phenomenon hypobiosis from living organisms to solve theoretical and practical problems facing this science. In this regard, we plan to create an electronic journal «Hypobiology» that will be created by the publishing platform RAE Editorial System <http://esrae.ru/>.

Keywords: Hypobiosis, Hypobiology, hibernation, torpid, calm, cold, physiological dehydration, water conditions, Ugarov's Scale

Известно, что некоторые организмы переживают неблагоприятные условия окружающей среды в состоянии гипобиоза, например, гетеротермные животные впадают в спячку, пойкилотермные – в оцепенение, холодоустойчивые растения – в состояние покоя и т.д. [2, 3, 5, 6]. К легкой форме гипобиоза можно отнести также естественную и искусственную гипотермию. Теоретическая и практическая значимость проблемы, обширность проводимых исследований потребовали проведения анализа массива

данных по гипобиозу, который позволил сделать обобщение, приведшее к созданию науки о гипобиозе и мы назвали ее гипобиологией. Ниже дается ее определение.

Гипобиология – это наука, изучающая особое состояние у живых организмов, известное под названием гипобиоз, наступающее под действием холода и других неблагоприятных факторов среды, так или иначе вызывающих снижение функциональной активности на фоне общего обезвоживания организма [11].

Теоретической предпосылкой создания нового направления в науке – гипобиологии явилось установление основного механизма наступления явления гипобиоза, заключающегося в обезвоживании организма, в результате которого в нем происходит резкое замедление процессов жизнедеятельности.

Обезвоживание может быть, во-первых, реальным, то есть, когда организм недостаточно обеспечивается водой или теряет воду, например, при засухе, а также при экзогенном осмосе и, во-вторых, физиологическим. Физиологическое обезвоживание наблюдается в условиях холода и может наступить под воздействием некоторых химических агентов и газов, в частности, анестетиков, а также т.н. криопротекторов [1,12].

Основным фактором, вызывающим гипобиоз у большинства живых организмов, является холод, который начинается с $+4^{\circ}\text{C}$ или с 0°U по биологической температурной шкале Угарова, когда у них наступает физиологическое обезвоживание. При физиологическом обезвоживании вода, находящаяся в клетках и тканях живых организмов, становится недоступной для обменных процессов. Причиной тому является снижение кинетической энергии молекул воды и их проникающей и растворяющей способности в результате превращения структуры воды в состоянии жидкого кристалла или «жидкого льда», а также связывание молекул воды, растворимыми гидрофильными соединениями, в частности, сахарами, глицерином и др., которые образуются в условиях холода и выполняют функцию криопротекторов.

Механизм действия обоих факторов, холода и засухи, практически одинаковый – это обезвоживание организма. Если обезвоживание организма в условиях засухи является само собой разумеющимся, то механизм обезвоживания, вызываемого холодом, требует специального объяснения.

К сожалению, до настоящего времени исследователи не имеют ясного представления о холоде. Например, у физиологов растений наряду с понятием «Морозоустойчивость» есть понятие «холодоустойчивость» или «холодостойкость» растений. Однако в последнем случае понятие «холод» в прямом смысле не используется, и оно заменено понятием «низкие положительные температуры» (см. журналы «Физиология растений» или РЖ «Биология», а также многочисленные статьи и монографии, посвященные к этому вопросу). Это связано с тем, что до настоящего времени разделения температурной шкалы на зоны холода и мороза не существовало.

Нашими исследованиями установлена температурная граница между теплом и холодом – она находится при температуре $+4^{\circ}\text{C}$, ниже которой нормальное функционирование живых систем практически прекращается [7, 13], и у них начинается состояние, известное под названием гипобиоз. Основываясь на этих фактах, была создана биологическая температурная шкала, названная по традиции шкалой Угарова, где за 0 точку отсчета (0°U по шкале Угарова) была принята $+4^{\circ}\text{C}$ [8]. Таким образом, по биологической температурной шкале отрицательные температуры начинаются с $+4^{\circ}\text{C}$ или с 0°U и делятся на холодные – с 0°U до -4°U (с $+4$ до 0°C) и на морозные – с -4°U (0°C) и ниже [9,10].

Если неблагоприятное действие мороза связано с образованием льда внутри организма, то в условиях холода происходит т.н. «физиологическое обезвоживание», что является основной причиной наступления явления гипобиоза у большинства живых организмов.

Коротко рассмотрим механизм возникновения физиологического обезвоживания.

На основе проведенного анализа фазово-агрегатных превращений воды с учетом ее термодинамических параметров (значений теплот плавления и испарения, энергий ковалентной и водородной связей) установлено, что в жидкой воде наряду с несвязанными деструктурированными («газоподобными») молекулами воды (H_2O) содержатся образованные водородными связями гексагональные фрагменты структуры льда (H_2O)₆. Из этих структур формируются кластеры, причем концентрации газоподобной и льдоподобной фракций в жидкой фазе воды в ее равновесном состоянии приблизительно равны. Таким образом, при комнатной температуре жидкая фаза воды является смесью молекулярной структуры льда и свободных молекул воды [4]. Однако, с охлаждением воды это равновесие нарушается, в воде постепенно увеличивается количество льдоподобной воды и при охлаждении ниже $+4^{\circ}\text{C}$, т.е. в условиях холода, вода приобретает квазикристаллическую (льдоподобную) структуру, состоящую из кластеров с пентагонально-гексогональной структурой (H_2O)₅₋₆, или практически превращается в «жидкий лед».

Две структуры в воде – льдоподобная и свободная (деструктурированная) резко отличаются по структурным и энергетическим параметрам. Так, для льдоподобной структуры энергия, энтропия, плотность, межмолекулярное расстояние и координационное число меньше, чем для деструктурированной. Отличаясь практически по

всем параметрам, льдоподобная и свободная формы воды, очевидно, обладают и различной физиологической активностью.

Экспериментальными исследованиями было показано, что льдоподобная вода замедляет физиологические процессы, а свободная, наоборот, ускоряет их. Ассоциированные в льдоподобную структуру молекулы воды, имея крупные размеры и невысокую подвижность, обладают меньшей проникающей способностью через мембрану, чем свободная (деструктурированная). К тому же, при понижении температуры липиды мембраны загустевают, аквапоры сужаются или закупориваются. В результате этого происходит нарушение водообмена между отдельными органоидами клетки, большинство из которых имеют мембранное строение, затем между клетками и тканями. Эти процессы характеризуются физиологической недоступностью имеющейся в организме воды, вследствие чего в нем наступает физиологическое обезвоживание [7]. Подобное явление было зафиксировано у растений еще в XIX веке немецким физиологом Шимпером и получило название «физиологической сухости холодных почв», которое стало хрестоматийным и приводится во всех учебниках по физиологии растений. Сущность этого явления заключается в физической недоступности воды из холодной почвы, и влажная холодная почва оказалась физиологически сухой, в результате в опытах Шимпера растения погибали от недостатка воды.

В надземных частях растений в условиях холода возникает «физиологическая засуха» с подобным же механизмом, и в данном случае вода становится недоступной для клеток и тканей растений при полном тургоре листьев, и растение переходит в состояние вынужденного покоя, или гипобиоза [7, 8].

Физиологическое обезвоживание в зависимости от степени охлаждения или другого обезвоживающего фактора на организм может быть частичным (средним), например, большинство случаев гипотермии, или абсолютным (глубоким), например, гетеротермные животные во время зимней спячки, пойкилотермные – в торпидном состоянии, растения и их семена – в период вынужденного покоя и др. [3, 5, 6].

Как известно, оцепенение и спячка у животных возможны и при реальном обезвоживании организма, например, при недостатке влаги в пище. Так, степная черепаха *Tostubo horsfieldi* обычно теряет активность в конце мая – начале июня. Она зарывается в песок на глубину до одного метра и находится в торпидном состоянии до апреля следующего года. Сезонным

фактором подготовки и погружения черепах в торпидное состояние является резкое снижение содержания растительной влаги [2]. Типичные зимоспящие суслики также впадают в спячку в летнее время, в период засухи, когда трава, их основной корм, засыхает. Эти примеры указывают на то, что главным механизмом гипобиоза является обезвоживание организма – как реальное, так и физиологическое.

Гипобиология как наука имеет свои объекты изучения, цели, задачи и методы исследования.

Объекты исследования. Гипобиология является общепаразитологической наукой, и к объектам ее исследования относятся представители всех пяти царств живого мира: бактерий, сине-зеленых водорослей, животных, грибов и растений, которые находятся в состоянии гипобиоза.

Основной целью гипобиологии является исследование теоретических вопросов возникновения и наступления явления гипобиоза у живых организмов.

Задачи гипобиологии. Гипобиология решает следующие задачи:

- изучение эволюции гипобиоза как приспособительного механизма
- выживание живых организмов в экстремальных экологических условиях существования;
- выявление общих механизмов наступления состояния гипобиоза при действии различных неблагоприятных факторов внешней среды;
- изучение физиолого-биохимических (гипобиологических) процессов, протекающих в живых организмах во время гипобиоза;
- исследование возможностей прикладного использования явления гипобиоза в биологии, медицине и сельском хозяйстве.

Разделы гипобиологии. Гипобиология имеет следующие разделы:

Общая гипобиология – изучает общепаразитологические вопросы гипобиоза.

Медицинская гипобиология занимается изучением искусственной и естественной гипотермии, медикаментозного и холодового наркоза, общей и местной анестезии, вопросами хранения трансплантатов, биологических, медицинских и лекарственных препаратов в холоде, а также в обезвоженном состоянии и т.д.

Сельскохозяйственная гипобиология изучает влияние холода и засухи на сельскохозяйственные растения и домашних животных, а также вопросы хранения продуктов полеводства и садоводства в холоде, при сушке; холодное закалывание растений, стратификацию семян, яровизацию растений и др.

Экологическая гипобиология занимается исследованиями формирования морозоустойчивости путем естественного холодового закаливания растений в осенний и раззакаливания в весенний периоды, состояние рыб, водных насекомых, земноводных и растений в пресноводных водоемах в зимний период, спячку гетеротермных животных и др.

Методы гипобиологии. Гипобиология является экспериментально-описательной наукой и использует все методы, применяемые в морфологии, цитологии, гистологии, физиологии, биохимии, биофизике, микробиологии и др. биологических и смежных науках. Физиолого-биохимические процессы, протекающие в живых организмах в состоянии гипобиоза, называются гипобиологическими, или гипобиотическими процессами.

Автор надеется, что гипобиология объединит усилия разрозненных в настоящее время по различным ведомствам биологов, медиков, исследователей в области сельскохозяйственных наук и других специалистов, занимающихся изучением всех проявлений гипобиоза у живых организмов в решении теоретических и прикладных задач, стоящих перед этой наукой. В связи с этим планируется создание электронного журнала «Гипобиология», который будет издаваться на издательской платформе RAE Editorial System <http://esrae.ru>.

Список литературы

1. Ананьев В.Н. Влияние инертных газов на поглощение кислорода в замкнутом пространстве // Актуальные проблемы современной науки. – 2011. – № 6. – С. 249–253
2. Асанова К.А., Нарматова К.К. Гипометаболическое состояние у животных (Обзор) / Библиотечно-информационный Центр Джалил-Абадского государственного университета, 2009. – URL: <http://www.arch.kurlibnet.kg/uploads/25.Asanova.pdf> (дата обращения 20.07.2013).
3. Лепилов С.М. Гипобиоз семян гемерокаллиса гибридного и возможные факторы его прерывания // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2009 – Т.1, № 42. – С. 211–217.
4. Особая роль системы «миллиметровые волны – водная среда» в природе / Н.И. Синицин, В.И. Петросян, В.А. Елкин, Н.Д. Девятков, Ю.В. Гуляев, О.В. Бецкий // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1999. – № 1. – С. 3–21.
5. Применение состояния искусственного гипобиоза в животноводстве и ветеринарии / С.В. Хижняк, В.М. Войццкий, В.С. Морозова, С.Д. Мельничук // Природопользование и аграрное производство: мат-лы между. науч.-практ. конф. (Иркутск, 23–25 мая 2012 г.) – Иркутск: Изд-во ИРГСХА, 2012. – С. 307–314.
6. Рогожин В.В. Физиолого-биохимические механизмы формирования гипобиотических состояний высших растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Иркутск, 2000. – 28 с.
7. Угаров Г.С. Эколого-физиологические аспекты адаптации организмов к низким положительным температурам. – Якутск: Якутское книжн. изд-во, 1988. – 295 с.
8. Угаров Г.С. Биологическая температурная шкала. – Якутск: Изд-во ЯГУ, 2001. – 28 с.
9. Угаров Г.С. Возможности использования Биологической температурной шкалы в биологии и медицине // Между. журн. exper. образования. – 2010. – № 11. – С. 77–79.

10. Угаров Г.С. Биологическая температурная шкала и качество жизни человека // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 10. – С. 8–10.

11. Угаров Г.С. Гипобиология. Медицинские аспекты // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 8. – С. 43–45.

12. Pauling L. A molecular theory of general anesthesia // Science – 19616 – № 34716 – P. 15–21.

13. Ugarov G.S. Temperature on the border between heat and cold. // 49th Annual Meeting of the Society for Cryobiology (June, 3 to 6, 2012, Rosario Argentina), Rosario, 2012. – P. 36.

References

1. Ananiev V.N. Vliyanie inertnykh gazov na pogloshhenie kisloroda v zamknutom prostranstve // Aktualnye problemy sovremennoy nauki. 2011. № 6. pp. 249–253
2. Asanova K.A., Narmatova K.K. Gipometabolicheskoe sostoyanie u zhivotnykh (Obzor) / Bibliotечно- Informacionnyy Centr Dzhallil-Abadskogo gosudarstvenngo universiteta, 2009. URL:<http://www.arch.kurlibnet.kg/uploads/25.Asanova.pdf> (data obrashheniya 20.07.2013).
3. Lepilov S.M. Gipobioz semyan gemerokallisa gibridnogo i vozmozhnye faktory ego preryvaniya // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. 2009 T.1, no. 42. pp. 211–217.
4. Osobaya rol sistemy «millimetrovye volny – vodnaya sreda» v prirode / Sinicin N.I., Petrosyan V.I., Elkin V.A., Devyatkov N.D., Gulyaev Y.V., Beckij O.V. // Biomeditsinskaya radioelektronika. 1999. no. 1. pp. 3–21.
5. Pimenenie sostoyaniya iskusstvennogo gipobioza v zhivotnovodstve i veterinarii / Xizhnyak S.V., Vojcickij V.M., Morozova V.S., Melnichuk S.D. // Prirodopolzovanie i agrarnoe proizvodstvo: mat-lymezhd. nauch.-prakt.konf. (Irkutsk, 23-25 maya 2012 g.) – Irkutsk: Izd-vo IrGSXA, 2012. pp. 307–314.
6. Rogozhin V.V. Fiziologo-bioximicheskie mexanizmy formirovaniya gipobioticheskix sostoyanij vysshix rastenij: Avtoref.dis. d-ra biol.nauk. – Irkutsk, 2000. – 28 p.
7. Ugarov G.S. Ekologo-fiziologicheskie aspekty adaptacii organizmov k nizkim polozhitelnym temperaturam. Yakutsk: Yakutskoe knizhn. Izd-vo, 1988. 295 p.
8. Ugarov G.S. Biologicheskaya temperaturnaya shkala. Yakutsk: Izd-vo YaGU, 2001. 28 p.
9. Ugarov G.S. Vozmozhnosti ispolzovaniya Biologicheskoy temperaturnoj shkaly v biologii i medicine // Mezhd.zhurn. eksper.obrazovaniya no. 11, 2010 pp 77–79.
10. Ugarov G.S. Biologicheskaya temperaturnaya shkala i kachestvo zhizni cheloveka // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya № 10, 2011, – P. 8-10.
11. Ugarov G.S. Gipobiologiya. Mediciskie aspekty // Sovremennye naukoemkie texnologii № 8, 2012 – P. 43-45.
12. Pauling L. A molecular theory of general anesthesia // Science 1961, no. 3471 pp. 15–21.
13. Ugarov G.S. Temperature on the border between heat and cold. // 49th Annual Meeting of the Society for Cryobiology (June, 3 to 6, 2012, Rosario Argentina), Rosario, 2012. pp. 36.

Рецензенты:

Петров К.А., д.б.н., старший научный сотрудник ИБПК СО РАН, г. Якутск;
 Иванов Б.И., д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник ИБПК СО РАН, г. Якутск;
 Рахимов И.И., д.б.н., профессор, зав. кафедрой биоэкологии, профессор Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Казань;
 Хисматуллина З.Р. д.б.н., доцент, зав. кафедрой морфологии и физиологии человека и животных биологического факультета, профессор, ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет», г. Уфа.

Работа поступила в редакцию 26.09.2013.