

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ВОДЫ ПРИ ПРОРАСТАНИИ В НЕЙ СЕМЯН КАБАЧКА

© 2015 г. С.Н. Новиков, Л.Н. Новиков*, А.И. Ермолаева,
С.П. Тимошенко, Е.П. Горюнова

Московский институт электронной техники (Технический университет),
124498, Зеленоград, Москва, пл. Шокина, 1;

*Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

E-mail: spt@miee.ru

Поступила в редакцию 18.03.14 г.

После последней доработки 29.04.15 г.

Исследованы изменения надмолекулярной структуры дистиллированной воды при прорастании в ней семян кабачка. Используются методы гравиметрии, прецизионного термического анализа, измерения работы выхода электрона. На первой стадии прорастания семян – набухании – семена экстрагируют когерентные домены воды, при этом за счет перехода в стабильное состояние когерентных доменов, сорбированных в нанополостях, возникает поток электромагнитной энергии. На второй стадии эксперимента – появлении ростка – возникает поток излучения (биофотоны), о чем свидетельствует увеличение работы выхода электрона воды. Предложена гипотетическая модель процесса прорастания семени кабачка.

Ключевые слова: надмолекулярная структура воды, прецизионный термический анализ, изотермическое испарение, когерентная фаза.

После появления теоретических работ Миланской школы [1], посвященных надмолекулярной структуре жидкой воды (теория когерентной воды), число экспериментальных работ по этой проблеме резко возросло. В частности, ряд работ был выполнен авторами настоящей статьи [2,3], одна из которых (работа [3]) была направлена на выяснение влияния различных внешних воздействий на надмолекулярную структуру воды.

Настоящее исследование продолжает данную тему, поскольку пребывание (и появление) живого вещества в исследуемой воде должно проявиться в изменении ее свойств. Постановка такой работы весьма актуальна и с точки зрения биологической науки.

Для решения поставленной задачи были выбраны семена хорошо известного растения – кабачка (*Cucurbita pepo*) и изучены изменения свойств воды при их прорастании в дистиллированной воде. Аналогичный процесс рассматривался в работе [4].

МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

При проведении работы были использованы три доступных нам метода исследования свойств воды: а) гравиметрия изотермического

испарения воды (изменение массы H_2O во времени dm/dt , точность $\pm 0,5 \cdot 10^{-4}$ г); б) прецизионный термический анализ (изменение температуры во времени dT/dt при испарении жидкости, точность $\pm 0,001^\circ C$); в) изменение работы выхода электрона жидкой воды ($d\phi/dt$, точность 0,05 эВ). Методические подробности при исследовании воды указанными методами приведены в работах [2,5,6].

Изменение веса пробы испаряющейся в изотермическом режиме воды фиксировали с помощью дериватографа Q-1500D (Венгрия). Исследуемый образец помещали в кварцевый тигель. Диаметр сосуда (в его верхней цилиндрической части) равен 0,8 см (площадь сечения S составляла $0,5 \text{ см}^2$). Количество жидкости во всех опытах было одинаковым и составляло $0,50 \pm 0,05$ г. Точность определения изменения массы за счет испарения воды составляла $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ г. Весы защищены стандартным корпусом от случайных воздушных потоков и колебаний температуры в помещении, температура во всех опытах поддерживалась в пределах $\sim 19 \pm 1^\circ C$. Поскольку система термопар дериватографа не обеспечивала необходимой чувствительности к изменениям температуры при испарении жидкости ($\sim 0,1^\circ C$), была разработана и использована схема прецизионного измерения изменения

температуры при испарении жидкости [5]. Используя датчик, позволяющий связать изменение температуры при испарении воды с изменением частоты в RC-цепи, удалось повысить чувствительность до 0,001°C.

Изменения работы выхода электрона воды фиксировали известным методом статического конденсатора с ионизированным промежутком, подробно описанным в работе [6].

Использованная в работе методика проведения исследования эксперимента была весьма простой. В химический стеклянный стакан объемом ~50 мл наливали дистиллированную воду, полученную на стандартной лабораторной установке (без контроля содержащихся в ней примесей). Вода занимала ~2/3 объема стакана. Перед каждым циклом опытов (и периодически во время цикла) проводили исследования надмолекулярной структуры исходной воды всеми указанными выше методами при атмосферных условиях (исходные характеристики).

После измерений исходных характеристик дистиллированной воды в стакан с дистиллированной водой помещали воздушно-сухое семя кабачка (рис. 1а) и исследовали кинетику процесса прорастания семени путем ежесуточного отбора проб воды при комнатной температуре и их анализа указанными выше методами. Химический анализ воды и контроль ее электропроводности не проводили. Снятие одной кинетической кривой продолжалось ~13 сут. Кроме полученных характеристик воды проводили визуальный контроль за состоянием семени кабачка. При этом фиксировали время τ , при котором появлялся первый росток (обычно в виде «усиков» ~1 мм длины).

Всего было проведено исследование кинетики прорастания четырех семян. Некоторые особенности каждого эксперимента будут приведены при обсуждении результатов.

Следует заметить, что определение изменения работы выхода электрона воды было сопряжено с рядом трудностей, поэтому при этих измерениях не отбирали пробы воды, а осуществляли постоянный контроль работы выхода электрона воды, при этом прорастающее семя оставалось в воде. Конструкция установки для измерения работы выхода электрона позволяла подводить анализируемый сосуд с водой и семенем непосредственно под измерительный зонд прибора.

В результате исследований были получены следующие зависимости, характеризующие состояние воды при прорастании в ней семян:

1. Зависимость содержания когерентной фазы $P_{КД}$ в воде

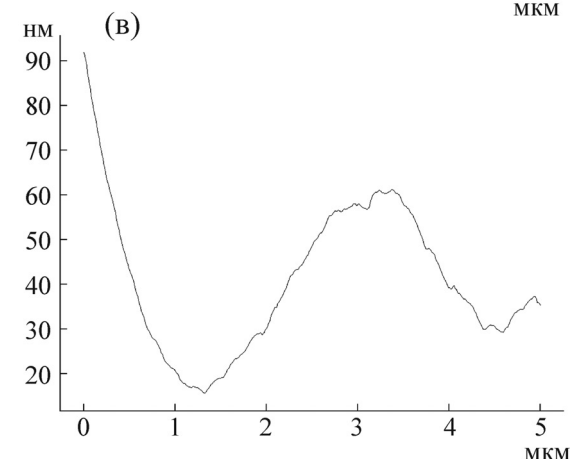
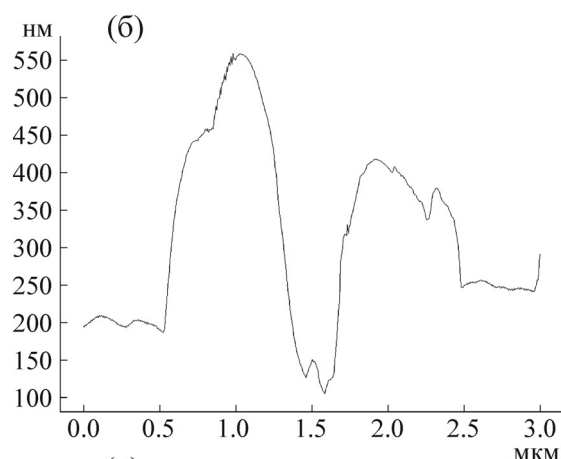
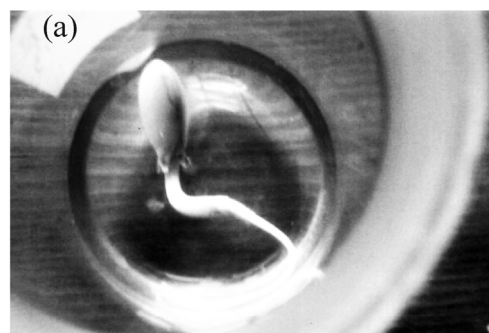


Рис. 1. (а) – Общий вид экспериментального сосуда; (б) – профилограмма поверхности оболочки семени; (в) – профилограмма ядра семени.

$$P_{КД} = f(\tau) \text{ (рис. 2,3,4);}$$

2. Зависимость температуры изотермического испарения воды

$$T = f(\tau) \text{ (рис. 5,6);}$$

3. Зависимость работы выхода электрона воды

$$\varphi = f(\tau) \text{ (рис. 7).}$$

На рис. 2 приведены исходные измерения кинетики изотермического испарения воды гравиметрическим методом. Показано, как по этим

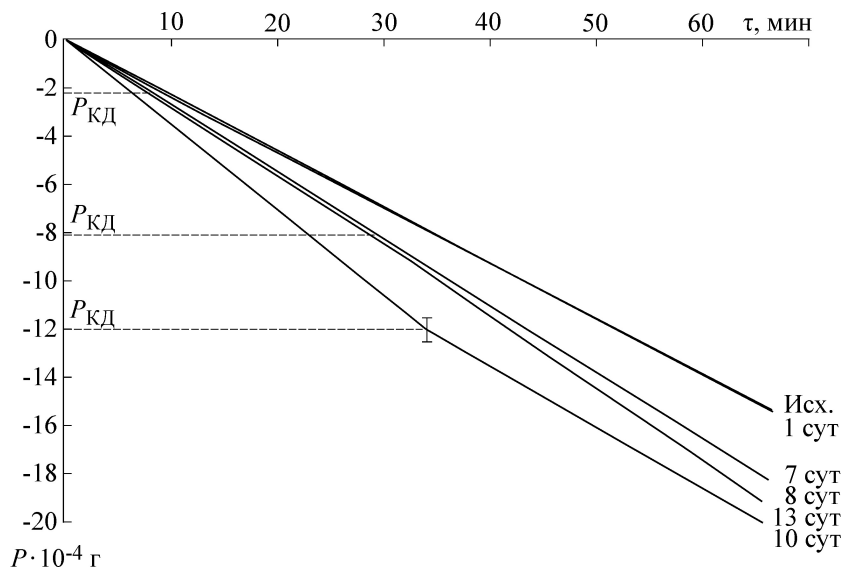


Рис. 2. Кинетические зависимости процесса испарения $P = f(\tau)$ для дистиллированной воды при прорастании в ней семян кабачка.

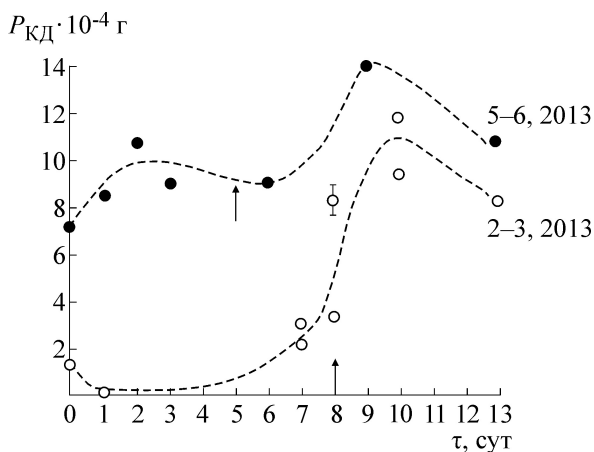


Рис. 3. Изменение содержания когерентных доменов в воде при прорастании семян кабачка в летний и зимний периоды; \uparrow – время появления ростка.

данным оценивалось содержание в анализируемой пробе когерентных доменов $P_{\text{КД}}$ в надмолекулярной структуре воды (подробно описано в [2]).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При обсуждении полученных экспериментальных результатов используются представления о структуре жидкой воды, развитые в теории когерентной воды [1].

Структура поверхности воздушно-сухих семян была изучена методом силовой микроскопии (рис. 1). Для исследования использовали зондовый микроскоп Solver R47-SPM. На

рис. 1б показана профилограмма оболочки семени кабачка, на рис. 1в приведена аналогичная профилограмма поверхности ядра семени. Из этих рисунков видно, что поверхность оболочки представляет собой грубопористую среду с глубокими каналами диаметром ~ 1 мкм.

Поверхность ядра, как следует из рис. 1в, значительно более гладкая, имеющиеся на ней поры имеют значительно меньший диаметр и наноразмерную глубину.

Кинетические кривые, приведенные на рис. 3–7, можно разделить на два временных этапа.

Этап I – процесс набухания семени (до появления ростка). В связи с тем, что данное исследование проводили в течение продолжительного времени (январь–июль 2013 г.), было замечено, что исходное состояние семян, выбранных в воздушно-сухом состоянии для эксперимента в зимнее и летнее время, не идентично. Это, в частности, отражалось на длительности первого этапа наблюдения (до появления ростка). Если этот период для «зимних» семян составлял ~ 7 – 9 сут, то в случае «летних» он сокращался до 1–2 сут. По-видимому, это различие не случайно, и «летние» семена более подготовлены к прорастанию за счет поглощения влаги из окружающей атмосферы. Для иллюстрации этого на рис. 3 приведены кинетические кривые $P_{\text{КД}} = f(\tau)$ для «зимних» и «летних» образцов семян. Поскольку характер зависимостей $P_{\text{КД}} = f(\tau)$ для них аналогичен, то для удобства обсуждения эти кривые были смещены по оси τ таким образом, чтобы получен-

ные экспериментальные точки образовали единую кинетическую кривую (рис. 4).

Как видно из рис. 4, кинетическая кривая $P_{\text{КД}} = f(\tau)$ имеет два характерных участка. При наблюдении в течение $\tau \approx 6-7$ сут $P_{\text{КД}}$ воды уменьшается (рис. 4) или находится на наиболее низком уровне (рис. 3). В этот период вода проникает в семя, преодолевая пористую защитную оболочку семени. Вероятно, последняя не является фильтрующим элементом для кластеров воды, содержащих когерентные домены [7]. Более того, по-видимому, семя «нуждается» в когерентных доменах, поэтому $P_{\text{КД}}$ в воде на этом этапе резко снижается. Механизмом переноса когерентных доменов воды через оболочку является, по-видимому, осмос [7], приводящий оболочку семени к расширению и в конечном счете к разрыву.

Накопление в семени когерентных доменов на этом этапе приводит к повышению энергии (энтальпии). Об этом свидетельствуют данные прецизионного термического анализа (рис. 5).

Из результатов, приведенных на рис. 6, видно, что до времени эксперимента $\tau < 8$ сут величина $\Delta T = T - T_{\text{min}}$ монотонно возрастает, что согласно [5], связано с уменьшением теплоты кипения жидкости (рис. 5а), т.е. с ослаблением связи между молекулами в объеме. Следовательно, перенос когерентных доменов воды в процессе набухания через оболочку семени добавляет энергию веществу семени (рис. 5а).

Этап II – появление ростка. Эта стадия исследования (7–9 сут) является наиболее принципиально важной, так как в неживом веществе (вода) появляется живая материя (делящиеся клетки растения).

В своей лекции «Когерентная квантово-электродинамическая организация биохимических процессов» (7-я школа «Биофотоника и приложение биофотонов» Neuss, Германия, 2007 г.) профессор E. Del Giudice охарактеризовал процесс появления биофотонов при митозе клетки следующим образом: «... мы можем указать на принципиальное различие между «живой» водой (т. е. водой в составе живой ткани) и «неживой». В неживой воде когерентные домены слипаются друг с другом, а в живой они по тем или иным причинам отделены друг от друга». Далее автор приводит возможный механизм образования биофотонов: «Я покажу вам механизм, обеспечивающий появление биофотонов... они производятся в особых мастерских, которые представляют собой когерентные домены воды».

Несколько иные представления о механизме возникновения биофотонов развивает в ряде

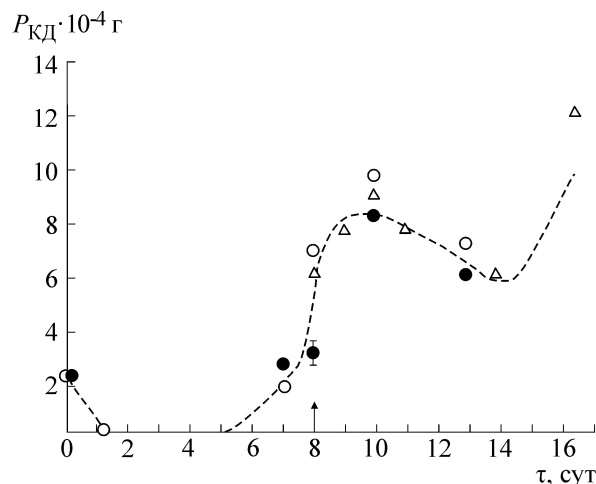


Рис. 4. Зависимость содержания когерентной фазы $P_{\text{КД}}$ в дистиллированной воде от времени τ при прорастании в ней семян кабачка: светлые кружки – 1-й цикл опытов (февраль 2013г.); темные кружки – 2-й цикл опытов (март 2013г.); треугольники – 3-й цикл опытов (апрель 2013г.); \uparrow – время появления ростка.

работ Ф.-А. Попп [4]. Он считает, что основным источником биофотонов являются хранилища (store) «сжатого» солнечного света (squeezed light), локализованные в особых малых полостях – резонаторах (cavity), входящих в живую клетку. В создании хранилищ биофотонов активную роль играют когерентные домены воды.

Обе точки зрения не противоречат друг другу, скорее они являются взаимодополняющими. Единственное возражение авторов настоящей работы вызывает категорическое утверждение Ф.-А. Поппа, что в неживой системе не могут «выделяться гиперболические осцилляции после светоиндуцированной ре-эмиссии», т.е. излучение типа биофотонов. Это мнение, по крайней мере, устарело, так как в настоящее время описаны высокодисперсные неорганические объекты (пористый кремний), обладающие указанными свойствами [8].

После краткого обзора основных точек зрения на механизм образования биофотонов рассмотрим полученные экспериментальные результаты, соответствующие этапу II.

Как следует из рис. 4, визуальное появление ростка отмечается на восьмые сутки пребывания его в воде (для «зимних» семян кабачка). Количество когерентной фазы $P_{\text{КД}}$ в воде, уменьшающееся на I этапе (набухание), на II этапе резко возрастает. По-видимому, это означает, что все вакантные центры сорбции когерентных доменов в семени заполнены и критическая концентрация когерентных доменов, необходимая семени, достигнута. При этом зна-

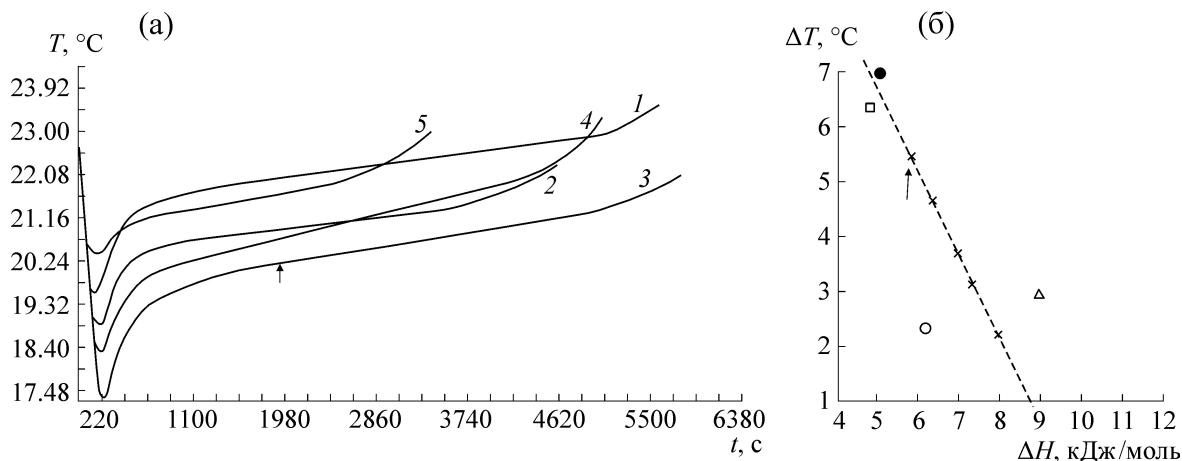


Рис. 5. (а) – Исследование процесса испарения дистиллированной воды при прорастании в ней семян кабачка методом прецизионного термического анализа: 1 – исходная вода, 2 – через 7 сут наблюдения, 3 – через 8 сут наблюдения (появление ростка \uparrow), 4 – через 9 сут наблюдения, 5 – через 10 сут наблюдения. (б) – Зависимость эффекта охлаждения дистиллированной воды ΔT от теплоты кипения ΔH [5]: треугольник – бензин, светлый кружок – вода, квадрат – ацетон, темный кружок – этиловый спирт, крестик – данные настоящей работы (\uparrow – время появления ростка).

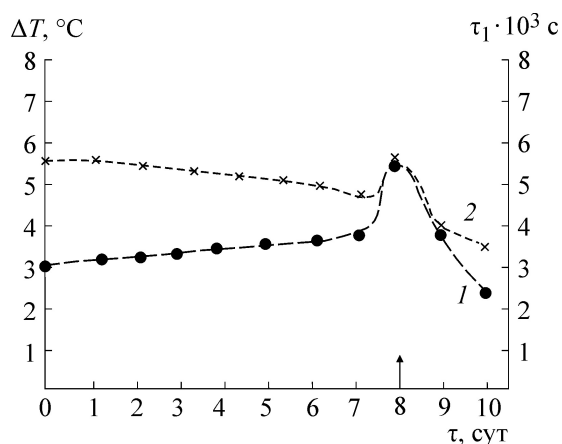


Рис. 6. Зависимости изменения температуры воды ΔT на I этапе от времени наблюдения τ (кривая 1); зависимость полного времени испарения τ_1 от времени наблюдения τ (кривая 2). \uparrow – Время появления ростка.

чения $P_{\text{КД}}$ на 9–10-е сутки превышают среднюю величину $P_{\text{КД}}$ для исходной дистиллированной воды $\sim (6-7) \cdot 10^{-4}$ г, что, возможно, связано с генерацией когерентных доменов свежесозранными клетками ростка.

По данным прецизионного термического анализа (рис. 5,6), при появлении ростка (при $\tau = 8$ сут) энтальпия воды увеличивается (ΔT_{max}), следовательно, энергия, передаваемая воде, максимальна и теплота, необходимая для испарения, минимальна (рис. 5а).

Для оценки энергии, выделяемой вновь образованными клетками ростка, рассмотрим из-

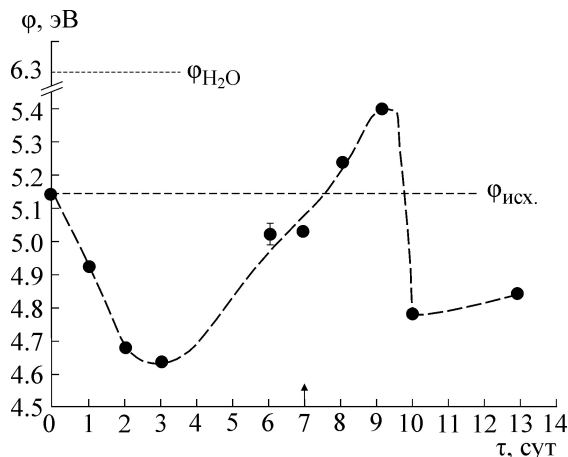


Рис. 7. Изменение работы выхода электрона воды при прорастании в ней семян кабачка.

менение работы выхода электрона ϕ воды в процессе прорастания семян.

Результаты этих экспериментов показаны на рис. 7. Как видно из этих данных, значение работы выхода ϕ для исходной воды сильно отличается от его справочной величины $\phi_{\text{H}_2\text{O}} = 6,3$ эВ [9]. Такая ситуация является типичной для твердых тел и обычно объясняется сорбцией на их поверхности полярных молекул (например, паров H_2O), имеющих значительный собственный дипольный момент (эффект Шоттки). В случае воды различие между табличным и измеренным ϕ связано, по-видимому, с присутствием на поверхности воды слоя кластеров (когерентных доменов), обладающих, согласно

Работа выхода электрона для различных образцов воды

Образец	ϕ , эВ	Дата измерения
Водопроводная вода	6,25	24.01.11 г.
Талая вода	4,7–6,0	9.02.11 г.
Кипяченая вода	6,4	28.01.11 г.

теории когерентной воды, меньшей плотностью и большим дипольным моментом [1].

Ряд измерений работы выхода электронов различных образцов воды, результаты которых приведены в таблице, показывают, что отличие $\phi_{\text{экс}} < \phi_{\text{табл}}$ наблюдается не во всех случаях, следовательно, зависит от надмолекулярной структуры воды.

Из рис. 7 видно, что результаты измерений работы выхода электронов воды при прорастании в ней семян кабачка согласуются со сделанными выше предположениями о механизме взаимодействия семян с водой. Действительно, значения ϕ на начальном этапе наблюдений (до $\tau = 3-4$ сут) значительно уменьшаются, что связано, по-видимому, с увеличением дипольного момента когерентных доменов [3] при переносе их воды через оболочку семени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общеизвестно, что процесс прорастания происходит в два этапа – набухание семени и появление ростка. На первой стадии семя поглощает воду и увеличивается в объеме до тех пор, пока оболочка не нарушается. После этого наступает вторая стадия – появление ростка. Основываясь на изменении свойств надмолекулярной структуры воды при исследовании кинетики процесса прорастания семени кабачка, можно предположить следующий гипотетический механизм (см. схему рис. 8), а именно: экстрагируя из окружающей семя воды фракцию, содержащую когерентные домены, семя запасает необходимую энергию, выделяющуюся

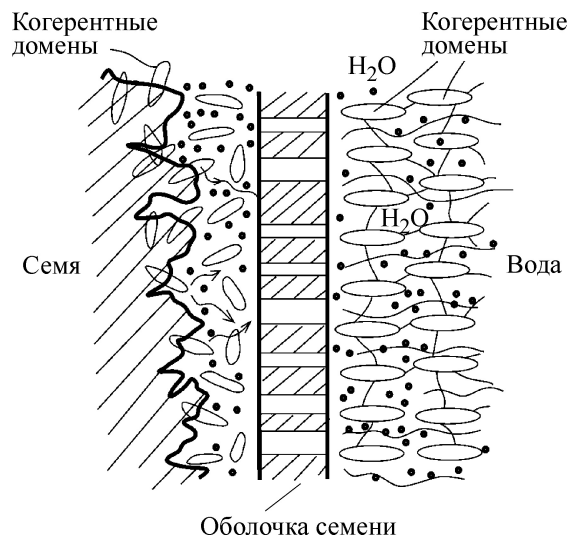


Рис. 8. Схема кинетики прорастания семян кабачка.

при переходе когерентных доменов из метастабильного в основное состояние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. R. Arani, L. Bobo, E. Del Giudice, and G. Preparata, *Int. J. Mod. Phys. B* **9** (15), 1813 (1995).
2. С. Н. Новиков, А. И. Ермолаева, С. П. Тимошенко и В. С. Минаев, *Биомед. радиоэлектроника*, № 3, 23 (2012).
3. С. Н. Новиков, А. И. Ермолаева, С. П. Тимошенко и Н. Ф. Перевозчиков, *Биомед. электроника*, № 8, 20 (2012).
4. F.-A. Popp, *Indian J. Exp. Biol.* **41**, 391 (2003).
5. Л. Н. Новиков, С. Н. Новиков, А. И. Ермолаева, и др., *Изв. вузов. Электроника*, № 6, 87 (2014).
6. С. Н. Новиков и С. П. Тимошенко, *Изв. вузов. Электроника*, № 5, 81 (2002).
7. Д. Г. Уоттерсон, *Успехи физ. наук* **36** (1), 5 (1991).
8. С. Н. Новиков, А. И. Ермолаева, С. П. Тимошенко и др., *Изв. вузов. Электроника*, № 2, 22 (2014).
9. *Физические величины. Справочник* (Энергоатомиздат, М., 1991).

Changes in Properties of Water during Germination of Zucchini Seed in Water Used

S.N. Novikov*, L.N. Novikov, A.I. Ermolaeva*, S.P. Timoshenkov*, and E.P. Goryunova***

**National Research University of Electronic Technology, Zelenograd, Moscow, pl. Shokina 1, 124498 Russia*

***Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
ul. Mira 19, Ekaterinburg, 620002 Russia*

In this research the changes in the supramolecular structure of distilled water during germination of the seed in this water were studied. We used three methods: gravimetry, precision thermal analysis, electron work function measurements. In the first stage of seed germination – seed swelling – the seed extracts coherent domains in the water, herewith due to the transition of coherent domains adsorbed in nanofields into a stable state the flow of electromagnetic energy appears. In the second stage of the experiment – germ growing – the flow of biophotons occurs. This is evidenced by the increased water electron work function. A hypothetical model of the process of zucchini seed germination is suggested.

Key words: supramolecular structure of water, precision thermal analysis, isothermal evaporation, coherent phase