ЖУРНАЛ ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
т. 3, № 1 (1999) с. 70–75

JOURNAL OF PHYSICAL STUDIES
v. 3, No. 1 (1999) p. 70–75

ТУРГОРНИЙ ТИСК У ТКАНИНІ ЦУКРОВОГО БУРЯКА ПРИ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Л. А. Булавін, Ю. Ф. Забашта, А. Я. Фрідман
Фізичний факультет, Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
просп. Глушкова, 6, Київ, 252022, Україна
(Отримано 20 листопада 1997 р.; в остаточному вигляді — 15 березня 1999 р.)

Вивчено мікроскопічний механізм переміщення води із клітини в міжклітник при низьких температурах. Дослідження проведено на основі даних про поведінку тургорного тиску, які отримано запропонованим авторами методом визначення тургорного тиску за значеннями модуля зсуву. Дано теоретичне обґрунтування цього методу з використанням нелінійної теорії пружности. Виміряно модуль зсуву цукрового буряка при температурах 253 К $< T <$ 290 К. Визначено температурний інтервал, у якому модуль зсуву можна ототожнити з тургорним тиском. Одержано теоретичну оцінку для осмотичного тиску в буряковій тканині. Із порівняння цієї оцінки з експериментальним значенням тургорного тиску зроблено висновок, що переміщення води із клітини в міжклітник відбувається за допомогою активного транспорту. Запропоновано механізм цього переміщення. На думку авторів, він являє собою рух деформаційних солітонів уздовж ланцюгів, якими встелено стінки каналів, розташованих у плазмалемі.

Ключові слова: клітина, міжклітник, цукровий буряк, тургорний тиск, активний транспорт, деформаційний солітон.

PACS numbers: 62.20.Dc

I. ВСТУП

У цій статті автори продовжують вивчення процесів, що відбуваються в цукровому буряку при низьких температурах ($T <$ 290 К).

У попередній публікації [1] досліджуємо фазовий перехід "рідина–тверда фаза" в тканині цукрового буряка. Було встановлено, що цей фазовий перехід на температурній залежності пружного модуля від температури виявляє себе у вигляді перколяційного переходу при температурі T_0 =251 К.

Для інтерпретації експериментальних даних використано модель [2], згідно з якою на початковій стадії лід утворюється в міжклітниках за рахунок замерзання води, яка виштовхується в міжклітники із сусідніх клітин. Перколяційний перехід у рамках цієї моделі повинен спостерігатися за температури, при якій кластер, утворений прошарками льоду в міжклітниках, досягне розмірів зразка.

Опираючись на теорію перколяції [3], автори за своїми експериментальними даними розрахували кількість льоду в буряковій тканині при температурах 220 К $< T < T_0$.

У цій статті нас цікавитиме мікроскопічний механізм, який забезпечує виштовхування води в міжклітники. Як відомо авторам, це питання раніше в літературі не розглядали.

У цьому й полягає новизна запропонованої статті порівняно з роботою [1]. Якщо в останній було одержано експериментальні результати, які свідчать про виштовхування води в міжклітинник, то в цій статті ідеться вже про фізичну модель цього явища.

Відповідь на поставлене питання шукатимемо, вивчаючи поведінку тургорного тиску в інтервалі температур $T <$ 290 К.

II. ФІЗИЧНИЙ ЗМІСТ ТЕРМІНА "ТУРГОРНИЙ ТИСК"

Згаданий термін уживаний у фізіології рослин [2,4]: це тиск, що існує в клітині. Він має осмотичну природу. Прийнято [2,4] для опису поведінки тургорного тиску використовувати модель, яку називають "осмотичною коміркою" і яка являє собою деякий замкнений об'єм, розділений на дві частини напівпроникливою перегородкою — проникливою для води і непроникливою для речовин, розчинених у воді. В одній частині об'єму знаходиться вода, в іншій — розчин певної концентрації $c = n/N$ (n — число молекул розчиненої речовини, N — число молекул води). Саме ця друга частина моделює собою клітину, перша ж відповідає оточенню клітини. Як відомо, тиск у другій частині більший за тиск у першій частині на деяку величину P. Остання в моделі осмотичної комірки є аналогом тургорного тиску в клітині.

При цьому тургорний тиск визначаємо формулою

$$P = P_e + \psi_w, \tag{1}$$

де P_e — осмотичний тиск, ψ_w — так званий потенціял води [4].

Перша із двох останніх величин, як відомо [5], дорівнює

$$P_e = \frac{ck_BT}{v}, \tag{2}$$

де v — молекулярний об'єм води.

Для другої ж записують формулу

$$\psi_w = \frac{\mu_0 - \mu}{v}, \tag{3}$$

де μ та μ_0 — хемічні потенціяли води в першій та другій частині комірки.

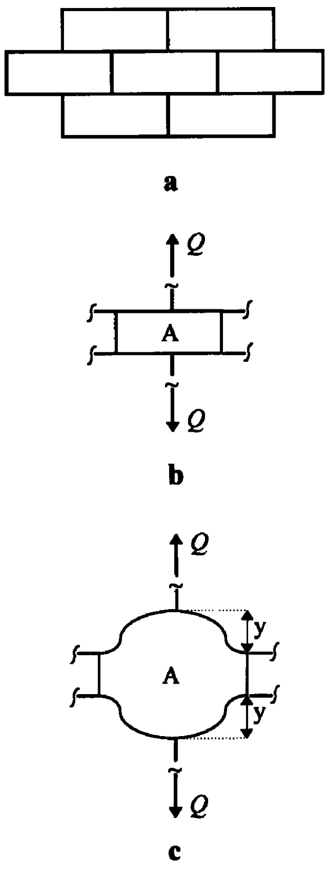

Рис. 1. Сотова модель клітинної структури та її деформація зовнішніми силами.

III. МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ТУРГОРНОГО ТИСКУ, ОПИСАНІ В ЛІТЕРАТУРІ

Виділяють прямі та непрямі методи вимірювання тургорного тиску. Класичним прикладом дослідження, у якому застосовано прямий метод, може бути робота [6]. У ній тургорний тиск в окремій клітині вимірювали за допомогою мікроманометра. На жаль, через малі розміри клітин цей метод не набув поширення, і у вимірюваннях тургорного тиску переважають непрямі методи. Умовно останні можна розділити на дві групи.

Методи першої групи ґрунтуються на вимірюванні ψ_w з формули (3). Маючи змогу оцінити величину P_e, можна вимірювання P замінити вимірюванням потенціялу води ψ_w. Саме цей факт покладено в основу більшости експериментальних робіт, присвячених вивченню тургорного тиску. Головна ідея, на якій ґрунтується визначення потенціялу води, полягає в тому, що коли клітина або ділянка рослинної тканини перебуває в рівновазі з середовищем (рідиною або парою), то величина ψ_w в будь-якій точці системи, включаючи оточення, однакова. Досліджуваний зразок знаходиться в рівновазі з парою або розчином певної концентрації. Вимірюють величину ψ_w в парі або розчині.

Таке вимірювання проводять двома основними способами. Згідно з першим, безпосередньо вимірюють тиск пари в повітрі за допомогою термоелектричного психрометра чи іншого подібного приладу (див., наприклад, [7–9]). Згідно з другим [10], зразки рослинної тканини поміщають у розчини різної концентрації або в пару. При цьому відбувається обмін вологою між зразком та середовищем. Зразки, що контактували з розчином або парою, зважують, визначаючи ту концентрацію, для якої не відбувається зміни ваги. Запропоновано інші способи визначення ψ_w: за зміною діяметра стебла при висиханні, за гідростатичним тиском, прикладання якого викликає виділення клітинного соку та ін [10].

Непрямі методи другої групи ґрунтуються на тому факті, що зміна тургорного тиску приводить до зміни пружних характеристик. При застосуванні цих методів вимірюють пружні характеристики, а вже за значеннями останніх розраховують тургорний тиск (див., наприклад, [10–12]).

IV. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТУРГОРНОГО ТИСКУ, ЯКИЙ ЗАПРОПОНУВАЛИ АВТОРИ

Розглядатимемо клітинну структуру як нелінійний пружний континуум. У зв'язку з існуванням тургорного тиску вважатимемо, що цей континуум перебуває під дією гідростатичного тиску P. Позначимо через G модуль зсуву континууму, у якому відсутній тиск, а через $\tilde{G}$ — той же модуль, але вже для матеріялу, де цей тиск є. У роботі [15] між цими величинами встановлено співвідношення

$$\tilde{G} = \chi G + P, \tag{4}$$

де χ — деформація, викликана тиском. Очевидною є оцінка

$$\chi < 1. \tag{5}$$

Як відомо [4], клітина складається з трьох основних частин: клітинної стінки, протоплазми, вакуолі.

Для знаходження оцінки G будемо використовувати континуальну модель, що матиме дві складові: каркас, утворений клітинними стінками, та деяке суцільне середовище, що заповнює клітини. Пружні характеристики останнього є наслідками усереднення по всьому об'єму клітини і тому являють собою певні ефективні константи, що характеризують поведінку протоплазми та вакуолі разом.

Структура каркаса нагадує будову сотів. З цієї причини модель, яку ми вводимо, будемо називати "сотовою".

Матеріял, що заповнює клітину, являє собою деяку рідину. Тому її модулем зсуву можна знехтувати в порівнянні з модулем зсуву матеріялу стінок, основу якого, як відомо [4], складають ланцюги целюлози. Крім того, коли реалізується стан чистого зсуву, то в першому наближенні за деформаціями зміною об'єму, як відомо, можна знехтувати.

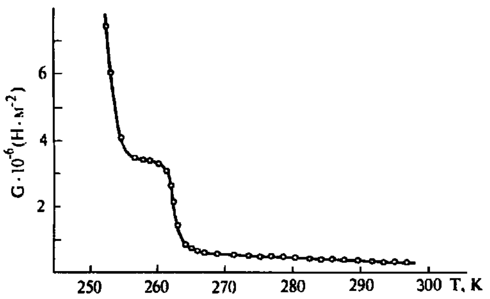

Рис. 2. Температурна залежність модуля зсуву $\tilde{G}$ бурякової тканини.

Отже, при $P = 0$, середовище, що в сотовій моделі заповнює клітини, фактично не впливає на деформаційні властивості системи, і все визначається в цьому випадку пружністю каркаса, утвореного стінками клітин. Отож, величину G слід ототожнювати з модулем зсуву згаданого каркаса. Оцінимо значення модуля G.

Спрощуючи ситуацію, будемо вважати, що клітина має форму куба з ребром L. При цьому каркас клітинної стуктури виглядатиме так, як показано на рис. 1а.

Нехай зображену структуру піддано дії розтягувальних сил, що направлені вздовж стінок, які на рис. 1а мають вертикальний напрям. Виділимо в цій моделі деяку комірку А, замінивши дальніх сусідів силами, з якими ці сусідні комірки діють на дану (рис. 1b). При вибраному розташуванні зовнішніх сил комірка А знаходиться під дією вертикальної сили Q — зовнішньої сили, що припадає на одну комірку. Зі зовнішнім напруженням σ величину Q пов'язує співвідношення

$$\sigma = \frac{Q}{L^2}. \tag{6}$$

Позначимо через y деформацію комірки в точці прикладання сили (рис. 1с). Для відносної деформації в напрямку розтягувальної сили отримуємо вираз

$$\varepsilon = \frac{2y}{L}. \tag{7}$$

Користуючись виразами (6) та (7), запишемо формулу для модуля розтягу E сотової моделі

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{Q}{2yL}. \tag{8}$$

Розрахуємо величину y. Позначимо через h товщину стінки клітини і розглядатимемо горизонтальну стінку як балку довжиною L та поперечним перерізом $L \times h$. Як видно з рис. 1с, у такій балці виникає деформація вигину. Теорія пружности в цьому випадку (див., наприклад, [16]) для прогину балки y дає формулу

$$y = \frac{QL^3}{48E_1 I}, \tag{9}$$

де E_1 — модуль розтягу матеріялу, з якого складається балка, $I = Lh^3/12$ — момент інерції поперечного перерізу.

Підставляючи формулу (9) у вираз (8), отримуємо

$$E = 2E_1 \left(\frac{h}{L}\right)^3. \tag{10}$$

Із формули (10) випливає оцінка для модуля зсуву каркаса

$$\mathbf{G} \sim G_1 \left(\frac{h}{L}\right)^3, \tag{11}$$

де G_1 — модуль зсуву матеріялу, з якого складається стінка клітини.

Оскільки товщина стінки менша від розміру клітини, в усякому разі хоча б на порядок, то

$$h/L < 0.1. \tag{12}$$

Із формули (11) отримуємо оцінку

$$G < G_1 \cdot 10^{-3}. \tag{13}$$

Згадавши нерівність (5), записуємо

$$\chi G < G_1 \cdot 10^{-3}. \tag{14}$$

Усі наші сподівання щодо експериментального визначення тургорного тиску покладатимемо на існування співвідношення

$$\chi G < \delta \tilde{G}, \tag{15}$$

де $\delta\tilde{G}$ експериментальна похибка значення $\tilde{G}$.

У цьому разі рівність (4) можна буде переписати у вигляді

$$\tilde{G} = P. \tag{16}$$

Величина $\tilde{G}$ — це модуль зсуву, що вимірюється експериментально. Отже, якщо нерівність (15) справджується, то, вимірявши модуль зсуву, ми, згідно із формулою (16), отримуємо значення тургорного тиску. Наведені міркування є обґрунтуванням запропонованого методу визначення тургорного тиску за вимірюваними значеннями модуля зсуву.

V. ЕКСПЕРИМЕНТ

Вимірювали модуль зсуву $\tilde{G}$ паренхімної тканини цукрового буряка в інтервалі температур $(253\div290)$ К. Характеристики системи, яку досліджували: масова концентрація води $q_w = 0.75$, цукристість $q_1 = 0.16$.

Згадані величини визначають формулами $q_w = m_w/m$ та $q_1 = m_1/m$, де m — маса системи, m_w та m_1 — відповідно маси води та сахарози в системі.

Вимірювання проводили за допомогою оберненого маятника [17] на частоті 0.1 с$^{-1}$. Отриману температурну залежність показано на рис. 2.

Згідно з формулами (4) та (11), для розрахунків нам необхідно мати у своєму розпорядженні величину G_1 — модуль зсуву "стіночного" матеріялу. Звичайно ж зразка, що складався б тільки із "стіночного" матеріялу, не одержати жодним способом. Однак, висушуючи рослинну тканину, ми можемо, видаливши всю воду, отримати зразок, який наближатиметься за своїми властивостями до згаданого "стіночного" зразка. Оскільки ж мова про величини $\mathbf{G}$ та G_1 йтиме на рівні оцінок, то як оцінку величини G_1 можна використати величину $\mathbf{G}_d$ — модуль зсуву висушеного зразка — "сухої речовини", як її називають технологи.

Залежність $\mathbf{G}_d$ від температури T показано на рис. 3.

На цьому рис. в інтервалі 255 К$< T <$263 К видно сходинку. Така ж сходинка присутня на залежності $\tilde{G}(T)$ (рис. 2) в тому ж самому інтервалі. Та обставина, що модуль $\tilde{G}$ реаґує на зміну модуля $\mathbf{G}_d$, може означати тільки те, що нерівність (14) в цьому випадку не виконується. То ж говорити про існування залежности (16) можна тільки для температур $T > T_1$=263 К.

У нашому експерименті похибка складала величину

$$\delta\tilde{G} = 0.05\,\tilde{G}. \tag{17}$$

Згідно з попередніми міркуваннями, для того, щоб мати право використати рівність (16), необхідно впевнитись, що виконується нерівність

$$G_d \cdot 10^{-3} \leq \tilde{G}. \tag{18}$$

Із урахуванням рівности (17) переписуємо (18) у вигляді

$$\mathbf{G}_d < 50\tilde{G}. \tag{19}$$

Порівнюючи значення $\mathbf{G}_d$ та $\tilde{G}$, упевнюємось у справедливості співвідношення (19) для кожної з температур T >263 К. У свою чергу це означає справедливість рівности (16). Отже, ми маємо право в інтервалі 263 К$< T <$290 К ототожнити модуль зсуву $\tilde{G}$ з тургорним тиском, одержуючи залежність $P(T)$, показану на рис. 4.

Тургорний тиск у коренях, виміряний іншими методами, складає величину $(5 \div 10) \cdot 10^5$ Па [4]. Як видно із рис. 4, експериментальне значення P, отримане методом, який запропонували автори, попадає в згаданий інтервал, що ще раз підтверджує дієздатність цього методу.

VI. РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА ОСМОТИЧНОГО ТИСКУ В БУРЯКОВІЙ ТКАНИНІ

Клітинний сік можна розглядати як розчин багатьох речовин у воді. Позначимо кількість цих речовин через S. Масові концентрації їх позначатимемо через q_j, зберігаючи індекс "1" за сахарозою. Позначимо через m_j масу молекули j–тої розчиненої речовини, через n_j — кількість таких молекул, через m — масу молекул води. Враховуючи очевидні рівності

$$n_j m_j = q_j M, \tag{20}$$

$$N m = q_w M, \tag{21}$$

запишемо вираз для концентрації c_j j–тої розчиненої речовини

$$c_j = \frac{n_j}{N} = \frac{q_j m}{q_w m_j}. \tag{22}$$

Як відомо [5], у випадку, коли в розчині міститься декілька (S) розчинених речовин, осмотичний тиск є сумою парціяльних тисків

$$P_e = \frac{k_B T}{v} \sum_{j=1}^{S} c_j. \tag{23}$$

Підставляючи вираз (22) у формулу (23) і враховуючи, що $m/v = \rho$, де ρ — густина води, одержуємо

$$P_e = \frac{\rho k_B T}{q_w} \sum_{j=1}^{S} \frac{q_j}{m_j}. \tag{24}$$

Розрахуємо величину

$$P_{1e} = \frac{\rho k_B T}{q_w} \times \frac{q_1}{m_1}. \tag{25}$$

Величину m_1, як відомо, визначають формулою

$$m_1 = 1.66 \cdot 10^{-27} \nu_1. \tag{26}$$

де $\nu_1 = 330$ — молекулярна маса сахарози в атомних одиницях.

Підставляючи числові значення величин у формулу (24), отримуємо значення $p_{1e} = 1.6 \cdot 10^6$ Па.

Порівнюючи це значення з експериментальним значенням тургорного тиску P (рис. 4) і зважаючи на очевидну нерівність $P_{1e} < P_e$, приходимо до нерівности

$$P < P_e. \tag{27}$$

Отже, експериментально виміряне значення тургорного тиску в буряковій тканині виявляється меншим за величину осмотичного тиску.

VII. ВИСНОВОК: МЕХАНІЗМ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВОДИ ІЗ КЛІТИНИ В МІЖКЛІТНИК

Результат, виражений формулою (27), є ключовим у нашій статті, бо саме він дозволяє зробити принциповий висновок про характер руху води із клітин у міжклітник.

Повернімося до спрощеної моделі водного обміну в системі у вигляді деякої осмотичної комірки і ототожнимо ту частину комірки, де знаходиться вода, з міжклітником. Одержаний висновок, виражений формулою (27), означає, згідно з рівністю (1–3), що

$$\mu < \mu_0, \tag{28}$$

тобто, хемічний потенціял води в клітині менший, ніж у міжклітнику. Отже, перехід води із клітини в міжклітник відбувається в напрямку ґрадієнта хемічного потенціялу.

У фізіології рослин [5] прийнято виділяти механізми пасивного та активного транспорту. У першому випадку (дифузія) переміщення молекул речовини відбувається проти ґрадієнта хемічного потенціялу цієї речовини, у другому — за ґрадієнтом. Отже, молекули води переходять із клітини в міжклітник за допомогою активного транспорту.

Виконаний експеримент дозволяє зробити однозначно висновок, що перехід молекул води із клітин у міжклітник являє собою різновид активного транспорту. Цей тип рухомости властивий тільки живим системам, бо, як уже згадувалось, потік речовин усупереч законам дифузії направлено за ґрадієнтом хемічного потенціялу.

Установивши, що ми маємо справу з активним транспортом, спробуємо, ґрунтуючись на літературних даних, запропонувати гіпотетичний мікроскопічний механізм переміщення води із клітин у міжклітник при низьких температурах.

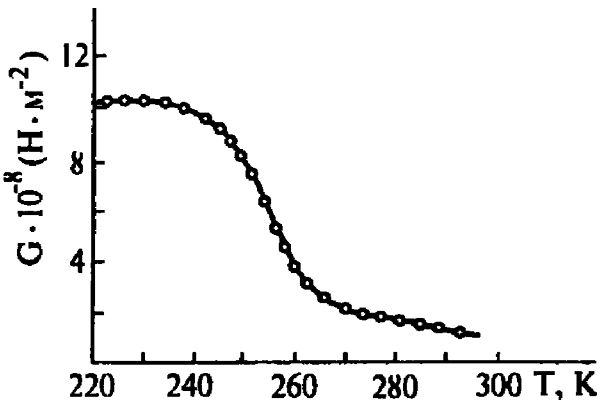

Рис. 3. Температурна залежність модуля зсуву G_d висушеної бурякової тканини.

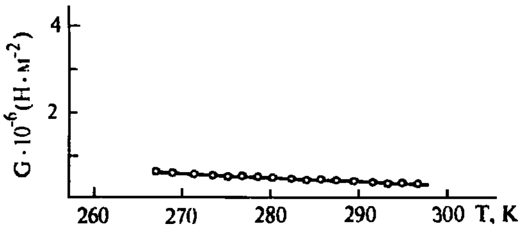

Рис. 4. Температурна залежність тургорного тиску P бурякової тканини.

Як відомо [5], протоплазма клітин має три основні складові: структурні елементи (ядро, мітохондрії, пластиди), цитоплазма, рибосоми. Цитоплазма складається також із трьох частин: мембрани, частинок (діктіосоми, лізосоми, центріолі, мікротрубочки), цитоплазматичного матрикса. Розрізняють зовнішні обмежувальні мембрани, у тому числі мембрану протоплазми (плазмалему), вакуолі (тонопласт), ядра, мітохондрій, лізосом та субодиниць діктіосом, а також внутрішні мембрани цитоплазми (ендоплазматична сітка), мітохондрій та пластид. Роль напівпроникливої мембрани в моделі осмотичної комірки, використаної в цій статті, відіграє плазмалема. Вона безпосередньо прилягає до клітинної стінки. Як відомо [5], мембрана являє собою одну або декілька елементарних мембран, що накладаються одна на одну. Елементарна мембрана — це подвійний ліпідний шар, у якому розташовані білкові молекули. Відомо також [18], що молекули води дифундують через мембрани зі значною швидкістю. Цей факт свідчить, що в подвійному ліпідному шарі існують наскрізні канали, через які й проходять молекули води.

У своїх пошуках механізму активного транспорту води через плазмалему використаємо модель, запропоновану в [19–21]. Діяметр каналу дорівнює приблизно 4 $\mathring{A}$. Канал оточено подвійною стінкою. Внутрішню утворено структурованою водою у вигляді впорядкованих ланцюгів, що проходять уздовж усього каналу, зовнішня складається з білкових молекул. Така модель дозволяє пояснити існування обох згаданих типів переміщення води через мембрану. Пасивний транспорт відбувається звичайним шляхом — за рахунок дифузії молекул води через канал. Активний же транспорт, на нашу думку, забезпечується рухом деформаційних солітонів — краудіонів [22] — уздовж водних ланцюгів у шарі структурованої води.

Відомо [4], що гідроліз молекул АТФ служить джерелом енергії для процесів життєдіяльности клітини. Будемо вважати, що енергія, яка звільнилася при згаданому гідролізі, пішла на утворення солітона в тому кінці ланцюга, що контактує з цитоплазматичним матриксом, а також на надання цьому солітонові кінетичної енергії, достатньої, щоб перетнути плазмалему. Унаслідок проходження солітона уздовж ланцюга молекула води виходить із плазмалеми, опиняючись у міжклітнику.

Таким, на нашу думку, є механізм переміщення води із клітини в міжклітник при низьких температурах.

[1] Л. А. Булавін, Ю. Ф. Забашта, А. Я. Фрідман, А. І. Костюк, Журн. фіз. досл. **1**, 225 (1997).
[2] В. В. Полевой, *Физиология растений* (Высшая школа, Москва, 1989).
[3] I. M. Zdman, *Models of disorder* (Cambridge University Press, London, 1979).
[4] E. Libbert, *Zehrbuch der Pflanzenphysyologie* (VEB Gustav Ficher Verlag, Jena, 1974).
[5] Л. Д. Ландау, Э. М. Лифшиц, *Статистическая физика* (Наука, Москва, 1975).
[6] K. Ahrens, Planta **30**, 113 (1939).
[7] C. F. Ehlig, Plant Physiology **37**, 288 (1962).
[8] W. R. Sardner, C. F. Ehlig, Plant Physiology **40**, 705 (1965).
[9] J. Hellkvist, G. P. Richards, P. G. Jarvis, J. Appl. Ecol. **11**, 637 (1974).
[10] Р. Слейчер, *Водный режим растений* (Мир, Москва, 1970).
[11] J.S. Capbell, K. J. Papendick, E. Rabienol, Agron. J. 71, 31 (1979)
[12] Jtoh Kimio, Nakamura Voshiyuki, Kawata Hiroko, Plant Cell. Physiol. **28**, 987 (1987)
[13] Л. И. Седов, *Механика сплошной среды* (Наука, Москва, 1970).
[14] А. И. Лурье, *Нелинейная теория упругости* (Наука, Москва, 1980).
[15] А. М. Косевич, *Дислокации в теории упругости* (Наукова думка, Киев, 1978).
[16] Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теория упругости* (Наука, Москва, 1980).
[17] О. З. Голік, А. Ф. Лопан, Укр. фіз. журн. **12**, 991 (1967).
[18] А. С. Давыдов, *Биология и квантовая механика* (Наукова думка, Київ, 1979).
[19] В. Я. Антонченко, *Физика воды* (Наукова думка, Київ, 1986).
[20] А. С. Давыдов, *Солитоны в биоэнергетике* (Наукова думка, Київ, 1986).
[21] А. С. Давыдов, *Солитоны в молекулярных системах* (Наукова думка, Киев, 1988).
[22] Я. И. Френкель, *Введение в теорию металлов* (Наука, Ленинград, 1972).

THE TURGOR PRESSURE IN THE SUGAR–BEET TISSUE UNDER LOW TEMPERATURES

L. A. Bulavin, Yu. F. Zabashta, A. Ya. Fridman
Kiev National Taras Shevchenko University, Department of Physics
6 akad. Hlushkova Pr., Kyiv, UA–252022, Ukraine

The microscopic mechanism of water transference from a cell to the space between cells is investigated under low temperatures. The study is based on the data about the turgor pressure behaviour. This data is determined with the help of the method suggested by the authors of determining the turgor pressure by the shear modulus values. The theoretical basis of this method is given with the use of the nonlinear theory of elasticity. The shear modulus of the sugar–beet is measured under the temperatures 253$<T<$290 K. The temperature interval is determined in which the shear modulus is equal to the turgor pressure. The osmos pressure in the sugar–beet tissue is evaluated theoretically. From comparing the theoretical osmos pressure and the experimental values of the turgor pressure the conclusion is drawn that water from a cell to the space between cells is moved by the active transport, a mechanism of this motion is suggested. In the authors' opinion this mechanism reveals the motion of the deformation solitons along the water chains which are within canals in walls of the plasmalemma.