

## Додаткові реагенти для очищення дифузійного соку: минуле, сьогодення, перспективи

**Л.М. Верченко**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій

**С.В. Ткаченко**, аспірант, Національний університет харчових технологій

**Л.М. Хомічак**, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу «Технології цукровмісних продуктів та інгредієнтів» Інституту продовольчих ресурсів НААНУ

**Н.В. Сидоренко**, аспірант, Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості

*В статті наведено аналіз та порівняння додаткових реагентів для очищення дифузійного соку на основі кремнієвмісних сполук, солей алюмінію, а також високомолекулярних флокулянтів. Показано перспективи використання в якості додаткових реагентів наночастинок металів та їх оксидів.*

*Ключові слова: дифузійний сік, очищення, додатковий реагент, приріст чистоти, кремнієвмісні сполуки, солі алюмінію, високомолекулярні флокулянти.*

*В статье приведен анализ и сравнение дополнительных реагентов для очистки диффузионного сока на основе кремнийсодержащих соединений, солей алюминия, а также высокомолекулярных флокулянтов. Показаны перспективы использования в качестве дополнительных реагентов наночастиц металлов и их оксидов.*

*Ключевые слова: диффузионный сок, очистка, дополнительный реагент, прирост чистоты, кремнийсодержащие соединения, соли алюминия, высокомолекулярные флокулянты.*

*The article is devoted to analysis and comparison of additional reagents for juice purification based on silicium compounds, aluminium salts and high-molecular flocculants. It deals with the perspectives of use as additional reagents of metals nanoparticles and their oxides.*

*Key words: diffusion juice, purification, additional reagent, purity gains, silicium compounds, aluminium salts, high-molecular flocculants.*

Для забезпечення високої якості цукру-піску необхідно приділяти велику увагу ефективності очищення дифузійного соку, особливо в разі погіршення технологічної якості цукрових буряків. В цукровій промисловості для очищення дифузійного соку застосовується кальцій-карбонатний спосіб очищення, де в якості основного реагенту використовується вапно у вигляді гідроксиду кальцію вапняного молока.

Сьогодні для збільшення ефекту видалення ВМС та РКД під час попереднього вапнування, покращення седиментаційно-фільтраційних властивостей соку І-ї карбонізації та підвищення якісних показників очищеного соку, цукрова промисловість застосо-

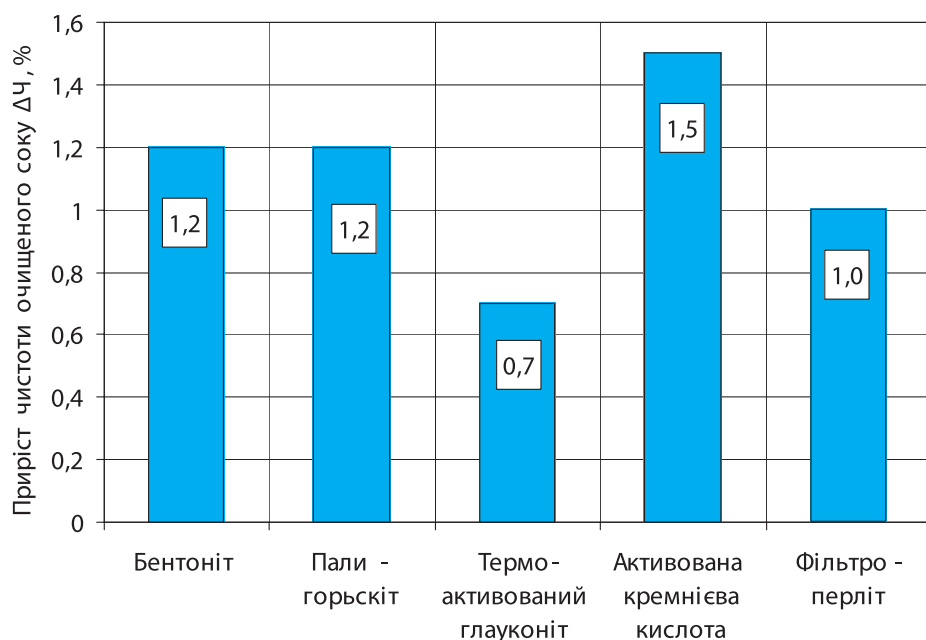
вує додаткові реагенти здебільшого коагулюючої та флокулюючої дії [1].

За останні три десятиліття в розробку теорії і практики очищення дифузійного соку в цукровому виробництві з використанням додаткових реагентів великий вклад внесли роботи вітчизняних вчених, в тому числі Рєви Л.П., Ліпеца А.А., Шалатонова В.Н., Гусятинської Н.А., Олянської С.П. та ряду інших. Ці роботи засновані, в основному, на використанні в якості додаткових реагентів кремнієвмісних сполук, солей алюмінію, а також реагентів комплексної дії, які підвищують ефект очищення дифузійного соку та покращують седиментаційно-фільтраційні властивості соків.

У 70-х роках минулого століття Ліпец А.А. та Міхалюк Р.В., враховуючи широке застосування в різних галузях промисловості та невисоку вартість таких кремнієвмісних реагентів як бентонітові глини, дослідили їх вплив на ефект очищення дифузійного соку.

Було проаналізовано дифузійний сік, сік II-ї карбонізації та сироп, які обробляли черкаськими бентонітами – природними та активованими кислотою за різних температур, тривалості контакту з соком та їх кількості. Встановлено, що найвищий приріст чистоти очищеного соку – 1,2%, відносно соку очищеного за типовою схемою, спостерігали при додаванні природних бентонітів до дифузійного соку в кіль-

## ТЕХНОЛОГІЇ



**Рис. 1.** Залежність приросту чистоти очищеного соку від типу кремнієвмісного реагенту, використаного в технології очищення дифузійного соку

кості 0,5% до його маси та тривалості контакту 5 хв. при температурі 85°C-90°C. При цьому сік II-ї карбонізації, в порівнянні з соком, очищеним за типовою схемою, містив значно менше колоїдних і редуруючих речовин на 0,46% і 0,27% відповідно, що сприяло підвищенню виходу цукру та зниженню його витрат в мелясі [2].

Рева Л.П. та Щербатюк О.Є. продовжили дослідження впливу на ефективність очищення дифузійного соку природних мінеральних сорбентів. Дослідженням впливу палигорськіту, монтморилоніту, їх природної суміші, сапоніту і глауконіту встановлено, що найефективнішу дію на якість очищеного соку виявляє палигорськіт. Додавання цього мінералу до дифузійного соку перед його очищенням в кількості 1,0% до маси соку, з перемішуванням суспензії протягом 20 хв., сприяло підвищенню чистоти очищеного соку на 1,0-1,2%, зменшенню в сокові попереднього вапнування вмісту білків, аніонів кислот, забарвленості, що дозволяє знизити загальні витрати вапна на очищення дифузійного соку та обсяги рециркуляції, а також підвищити вихід та якість білого цукру [3].

Окремі дослідження Виговсько-

го В.Ю., Точкової О.В. з впливу мінералу глауконіту на ефективність очищення дифузійного соку з підвищеним вмістом поліцукридів [4] виявили, що кількість глауконіту для раціональної адсорбції декстрану становить близько 0,3-0,5% до маси розчину, а для пектину – 0,7% до маси розчину. Додавання такої кількості сорбенту в дифузійний сік дозволяє зменшити витрату вапна на очищення соку до 1,8% при підвищенні якісних показників очищеного соку. Використання ж термоактивованого глауконіту в кількості 0,3% до маси буряків для очищення соку II-ї карбонізації дозволяє підвищити чистоту очищеного соку на 0,7%, зменшити вміст редуруючих речовин на 38,0%, знизити забарвленість на 40,0%, видалити солі кальцію на 55,0% в порівнянні з типовою схемою очищення дифузійного соку.

Враховуючи ефективність використання природних кремнієвмісних мінеральних сорбентів для підвищення ефекту очищення дифузійного соку автори Рева Л.П., Замура С.А., Пушанко Н.М. [5, 6] дослідили вплив активованої кремнієвої кислоти (АК) та фільтроперліту (ФП) на повноту видалення нецукрів дифузійного соку.

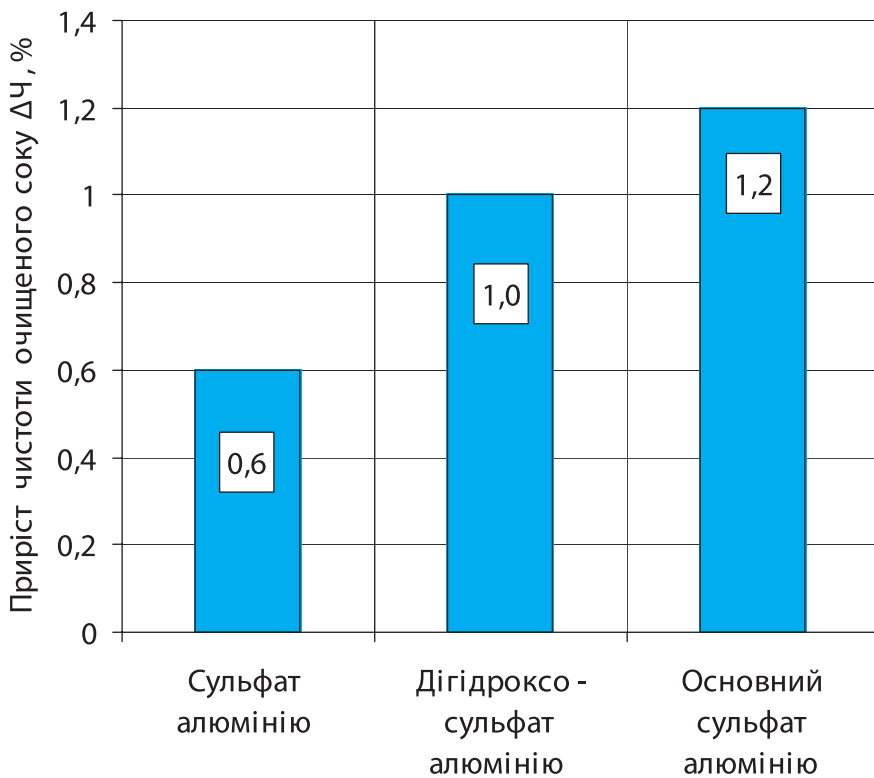
Встановлено, що максимальна ефективність очищення АК досягається лише за використання технологічної схеми з відділенням переддефекаційного осаду до основного вапнування. Приріст чистоти очищеного соку при цьому складає 1,5%. При використанні ФП для очищення дифузійного соку за умов введення його безпосередньо в дифузійний сік та в метастабільну зону на попередньому вапнуванні приріст чистоти очищеного соку склав 1,0%. Також було виявлено, що осад попереднього вапнування, який одержаний за умов оброблення дифузійного соку фільтроперлітом, достатньо стабільний до умов високої лужності під час основного вапнування [7].

Узагальнені дані приросту чистоти очищеного соку в залежності від типу додаткового кремнієвмісного реагенту представлені на **рисунку 1**.

Таким чином серед кремнієвмісних реагентів найбільш ефективною щодо приросту чистоти очищеного соку виявилась активована кремнієва кислота за умов використання технологічної схеми з відділенням переддефекаційного осаду до основного вапнування.

Сьогодні широко застосовуються в технології очищення дифузійного соку солі алюмінію, а саме сірчаноокислий алюміній, основні солі алюмінію (гідроксосульфат, дігідроксосульфат).

Перші дослідження по використанню сульфату алюмінію (СА) в якості додаткового реагенту для очищення дифузійного соку були проведені Шалатовим В.Н., Ліпецом А.А. та ін. у 80-х роках минулого століття [8]. При очищенні дифузійного соку, який одержаний із цукрових буряків погіршеної технологічної якості, було виявлено, що додавання СА в невеликих кількостях в зону попереднього вапнування з рН<sub>20</sub> 8,0-9,5, призводить до підвищення чистоти очищеного соку на 0,6-1,0% і зниження витрат вапна. Тоді ж



**Рис. 2.** Залежність приросту чистоти очищеного соку від типу додаткового реагенту на основі солей алюмінію, використаного в технології очищення дифузійного соку

Шалатонов В.Н. та Ліпец А.А. на експериментальному матеріалі пояснили механізм дії сульфату алюмінію гідролізом його в слаболужному середовищі з утворенням гідроксиду алюмінію. При цьому було встановлено, що приріст ефекту очищення при додаванні СА залежить від повноти осадження саме гідроксиду алюмінію [9].

В 2002 році Ліпец А.А., Навроцький Ю.Б., Гусятинська Н.А. запропонували для додаткового очищення дифузійного соку використовувати основну сіль алюмінію – дігідроксо-сульфат алюмінію (ДСА) [10, 11], оскільки гідроліз основної солі протікає більш повно. Внаслідок додавання ДСА в кількості 0,04÷0,06% до маси соку на попереднє прогресивне вапнування зменшується забарвленість на 25,0-35,0% та підвищується чистота очищеного соку на 0,25-0,4% порівняно з використанням СА.

Подальші дослідження щодо застосування в якості додаткових реагентів основних солей алюмінію дали можливість розробити спосіб очищення дифу-

зійного соку, де в якості додаткового реагенту використовується дифузійний сік, який оброблений основним сульфатом алюмінію (ОСА) у кількості 0,02-0,04% до маси соку. Зокрема при додаванні 15,0% дифузійного соку, який оброблений 0,04% ОСА до маси соку, в зону з рН<sub>20</sub> 9,0–10,0 на попередньому вапнуванні у порівнянні з типовою технологією очищення спостерігається підвищення чистоти очищеного соку на 1,0%, зменшення забарвленості на 35,0%, зменшення в ньому вмісту білків та аніонів кислот на 0,16 % та 0,022% відповідно [12].

Дослідження останніх років засвідчили високу ефективність ОСА щодо поліпшення технологічних показників очищеного соку, який одержаний при переробці коренеплодів буряків, що уражені кагатною гниллю та слизистим бактеріозом, а саме чистота очищеного соку підвищується на 1,2%, залишковий вміст солей кальцію зменшується на 30,0–35,0%, а забарвленість знижується на 45,0–50,0% [13].

На **рисунку 2** приведені узагальнені дані приросту чистоти очищеного соку від типу додаткового реагенту на основі солей алюмінію.

Для покращення седиментаційно-фільтраційних властивостей соків в цукровій промисловості в якості додаткових реагентів використовують високомолекулярні флокулянти, які поділяють на три основні групи: природні полімери, неорганічні речовини та синтетичні полімери.

Природні полімери: крохмаль, карбоксиметилцелюлоза, пектиновий клей, пшеничні, кукурудзяні висівки, гуарові смоли, альгінат натрію, буряковий та дифузійний соки, гідролізат жомового пилу, полігалактуронова кислота, пектин [14]. При додаванні до нефільтрованого соку І-ї карбонізації природні полімери підвищують в 2,0-4,0 рази швидкість седиментації, зменшують об'єм осаду, поліпшують якісні показники очищеного соку.

Серед неорганічних флокулянтів широкого поширення набула активна кремнієва кислота (АК). АК являє собою аніонний поліелектроліт. Тому у лужному середовищі взаємодія негативного заряду флокулянту із позитивно зарядженими частинками карбонату кальцію суспензії соку ІІ-ї карбонізації, утворює сприятливі умови для агрегації частинок осаду. При цьому підвищуються не тільки седиментаційні властивості осаду ІІ карбонізації, а і на 0,5% підвищується чистота очищеного соку [15].

Широкого розповсюдження та застосування в цукровому виробництві отримали синтетичні флокулянти, які мають велику молекулярну масу. При введенні в них різноманітних замісників і функціональних груп легше варіювати їх хімічний склад, просторову структуру і заряд, а відповідно і флокулюючу здатність до конкретних дисперсій.



Найбільш уживаним серед синтетичних флокулянтів є поліакриламід (ПАА), але дослідженнями [16] було доведено, що флокулююча дія ПАА на суспензію соку II-ї карбонізації погіршується за незначних змін рН соку при надходженні на переробку підморожених коренеплодів та буряків тривалого зберігання. Крім того ПАА погано диспергується у воді, що вимагає застосовувати для його приготування допоміжні речовини.

У 1995 році в УкрНДЦП було досліджено зразки флокулянтів закордонного виробництва. Було встановлено, що найефективнішими щодо покращення седиментаційно-фільтраційних показників осаду є флокулянти: Cartoflok 250 (США); Magnaflok LT-27 (Англія); Superflok A110 (США); Praestol 2540 (Германія); Sedipur TF2TR (Германія).

Нині споживачеві пропонується широкий спектр хімічних реагентів для інтенсифікації технологічних процесів виробництва цукру. Для використання в сокоочисному відділенні пропонуються синтетичні флокулянти: Магнафлок та Уніфлок. При цьому підприємства-реалізатори зазначають, що дані реагенти дозволяють інтенсифікувати декантацію соку, покращити структуру осаду, підвищити продуктивність фільтраційного обладнання, а при наявності відстійників виключити з технологічної схеми очищення станцію фільтрації соку I-ї карбонізації та знизити втрати цукру в осаді.

Порівняльні дослідження впливу синтетичних флокулянтів на седиментаційно-фільтраційні властивості та якісні показники переддефекосатурованого соку, підтвердили ефективність застосування флокулянту Magnaflok LT-25 щодо підвищення чистоти очищеного соку та зниження його забарвленості [17]. В [17] показано високу ефективність комплексного реагенту «Кросс-5»,

додавання якого до переддефекосатурованого соку, в кількості 0,0005% до маси соку, підвищує швидкість седиментації в 1,7 рази в порівнянні з контрольною пробою. При цьому чистота очищеного соку збільшується на 1,4%.

В зв'язку з розвитком нового напрямку науки – нанотехнології, з'явилися перспективи створення широкого спектру додаткових реагентів для процесу очищення соків цукрового виробництва на основі металів та їх оксидів в нанорозмірному стані. Такі реагенти в силу своєї високої подрібненості мають високорозвинену питому поверхню та характеризуються підвищеною хімічною активністю [18].

Перший досвід застосування додаткового реагенту на основі гідроксиду алюмінію, тверда фаза якого перебуває в нанорозмірному стані, засвідчив його високу ефективність [19]. Оброблення соку на попередньому прогресивному вапнуванні цим реагентом в кількості 0,0003% до маси соку сприяє утворенню осаду з високою стійкістю до пептизації в умовах високої лужності основного вапнування. При цьому суспензія соку I-ї карбонізації має прийнятні седиментаційно-фільтраційні показники, а якість очищеного соку значно перевищує якість соку контрольного варіанту, а саме: чистота його на 1,4% вища, він має майже вдвічі нижчі показники по забарвленості та вмісту солей кальцію.

Таким чином на сучасному етапі розвитку цукрової промисловості, коли увесь виробничий процес орієнтований виключно на одержання цукру високої якості, не можна обійтись без додаткових реагентів для очищення дифузійного соку. Різноманітний асортимент додаткових реагентів, що пропонуються технологіями-науковцями та технологіями-практиками для очищення дифузійного соку, вказує на відсутність універ-

сального реагенту, який забезпечував би підвищення технологічних показників на всіх стадіях очищення. На нашу думку, подальші дослідження в напрямку технології підвищення ефективності очищення дифузійного соку повинні ґрунтуватися на використанні препаратів металів та їх оксидів, тверда фаза яких перебуває в нанорозмірному стані.

#### Список використаних джерел

1. Головин П.В. Химия и технология свеклосахарного производства / П.В. Головин, А.А. Герасименко. – К. : Наукова думка, 1964. – 728 с.
2. А.А. Лупец. Очистка диффузионного сока бентонитами / Лупец А.А., Михалюк Р.В., Костенко А.С. // Сахарная промышленность. – 1976. – №12. – С. 14–18.
3. Про доцільність використання природних мінеральних сорбентів для додаткового очищення дифузійного соку / [Л.П. Рева, О.Є. Щербатюк, Н.М. Пушанко та ін.] // Цукор України. – 2004. – №3–4. – С. 24–27.
4. Точкова О.В. Розроблення способів очищення дифузійного соку погіршеної якості з використанням мінералу глауконіту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.05 «Технологія цукристих речовин» / О.В. Точкова. – Київ, 2005. – 20 с.
5. Підвищення ефективності очищення дифузійного соку обробленням його фільтроперлітом / Л.П. Рева, Н.М. Пушанко, С.А. Замура, Л.В. Алексеева // Цукор України. – 2007. – №5–6. – С. 18–21.
6. Рева Л.П. Використання активованої кремневої кислоти для додаткового очищення дифузійного соку / Л.П. Рева, Н.М. Пушанко, С.А. Замура // Цукор України. – 2008. – №3. – С. 11–15.
7. Замура С.А. Підвищення ефективності додаткового очищення соків та сиропу з вико-

ристанням кремнієвмісних реагентів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.05 "Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння" / С.А. Замура. – Київ, 2009. – 21 с.

8. *В.Н. Шалатонов*. Применение сульфата алюминия для очистки диффузионного сока, полученного из свеклы пониженного качества / Шалатонов В.Н., Липец А.А., Навроцкий Ю.Б. // Сахарная промышленность. – 1985. – №11. – С. 29–31.

9. *В.Н. Шалатонов*. Влияние продуктов гидролиза сульфата алюминия на удаления несахаров диффузионного сока / Шалатонов В.Н., Липец А.А. // Сахарная промышленность. – 1987. – №1. – С. 20–22.

10. *Деклараційний патент на винахід 46398А Україна МПК6 С 13 С 1/00*. Спосіб очищення дифузійного соку / Липец А.А., Гусятинська Н.А., Навроцкий Ю.Б., Чагайда А.О. ; заявник і патентовласник Український державний університет харчових технологій. – № 2001074772 ; заявл. 09.07.2001 ; опубл. 15.05.2002, Бюл. №5.

11. *Герасименко Н.Г.* Роль

электролитических свойств продуктов гидролиза основных солей алюминия при водоочистке / Н.Г. Герасименко, И.М. Соломенцева, А.К. Запольский // Химия и технология воды. – 1988. – Т.10, №4. – С. 329–332.

12. *Патент на корисну модель 42418U Україна МПК7 C13D 3/00*. Спосіб очищення дифузійного соку / Липец А.А., Гусятинська Н.А., Гусятинський М.В., Братюк Д.В. ; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій – № 200813625 ; заявл. 25.11.2008 ; опубл. 10.07.2009, Бюл. №13.

13. *Гусятинская Н.А.* Использование дополнительных реагентов при известково-углекислотной очистке диффузионного сока / Н.А. Гусятинская, А.А. Липец, Д.В. Братюк // Цукор України. – 2012. – №12(84). – С. 41–46.

14. *Бобровник Л.Д.* Физико-химические основы очистки в сахарном производстве: монография / Л.Д. Бобровник. – К. : Вища шк., 1994. – 255 с.

15. *Бугаенко И.Ф.* Интенсификация процесса отстаивания сока II сатурации активной кремниевой кисло-

той / И.Ф. Бугаенко, Т.Н. Самолова, Е.П. Ишина. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1984. – 20 с. – (вып.1).

16. *О влиянии флокулянтов на качество сока II сатурации* / И.Г. Бажал, И.А. Олейник, Е.Н. Широких [и др.] // Сахарная промышленность. – 1980. – №7. – С. 16–18.

17. *Оляньська С.П.* Удосконалення технології очищення дифузійного соку з використанням вискоєфективних флокулянтів / С.П. Оляньська, В.В. Цирюльникова // Цукор України. – 2010. – №2. – С. 29–35.

18. *Коллоидно-химические основы наноауки*: [Кол. авторов под редакцией акад. Шпака А.П. и проф. Ульберг З.Р.]. – К. : Академперіодика, 2005. – 462 с.

19. *Перший досвід застосування реагенту в нанорозмірному стані для додаткового очищення дифузійного соку в бурякоцукровому виробництві* / Л.М. Верченко, С.В. Ткаченко, А.І. Маринін, К.Г. Лопатько // Цукор України. – 2012. – №12(84). – С. 15–20.

**Рецензент:**  
**І.Б. Петриченко, к.т.н.**

## ЦІКАВІ НОВИНИ

### Матеріал для сенсорних екранів з цукру

Науковцям з Університету Райса в США вдалося отримати одношаровий і багатшаровий графен, що підходить для роботи з цукрозою (столовим цукром) і двома іншими речовинами, які містять вуглець. На основі графену вже створено надчутливі сенсори які можуть виявляти присутність одного електрона, біосенсори, мініатюрні конденсатори високої місткості, швидкодійні елементи енергонезалежної пам'яті нового покоління, модулятори випромінювання, прозорі сенсорні екрани з діагонально понад 80 см. Обнадійливими є перші спроби застосування графену в медицині (зокрема при лікуванні пухлин). Запропонована науковцями методика дозволяє виготовити великі зразки високоякісного одношарового і багатшарового графену при відносно невисокій температурі нижче 800°C. Процес вирощування графену протікає досить швидко і дуже легко модифікується.

Свої експерименти дослідники проводили на стандартній підкладці з кремнію, покритій тонким шаром міді або нікелю, які є каталізаторами цього процесу. На перших етапах експерименту дослідники на мідну або нікелеву основу наносили щонайтоншу плівку з поліметилметакрила (РММА), а на наступних етапах камеру, де знаходився початковий матеріал, піддавали нагріванню при низькому тиску, при цьому пропускаючи через неї гази аргону і водню. Через 10 хвилин РММА-плівка під впливом температури, низького тиску, водню і аргону перетворювалась на графен, причому його товщина безпосередньо залежала від інтенсивності подання потоку газів. Натхненні результатами дослідів, науковці вирішили в якості джерела вуглецю взяти будь-який початковий матеріал, взявши для експерименту звичайну сахарозу. Повторивши всі необхідні операції експерименту, дослідникам вдалося виростити цілком якісні графенові листи.

Джерело: [nanoware.ru](http://nanoware.ru)