

ԳՐԱՖԵՆԻ ՆԱՆՈԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ԵՎ ՀՆԱՐԱՎՈՐ ԿԵՆՍԱՐԺՇԿԱԿԱՆ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՈՐՈՇ ՄԱՆՐԱՄԱՍՆԵՐ

Ն.Մ. Իսախրյան, Ն. Բ. Մարգարյան

Հայաստանի Ազգային Դոկտերինիկական Համալսարան

Բանալի բառեր:

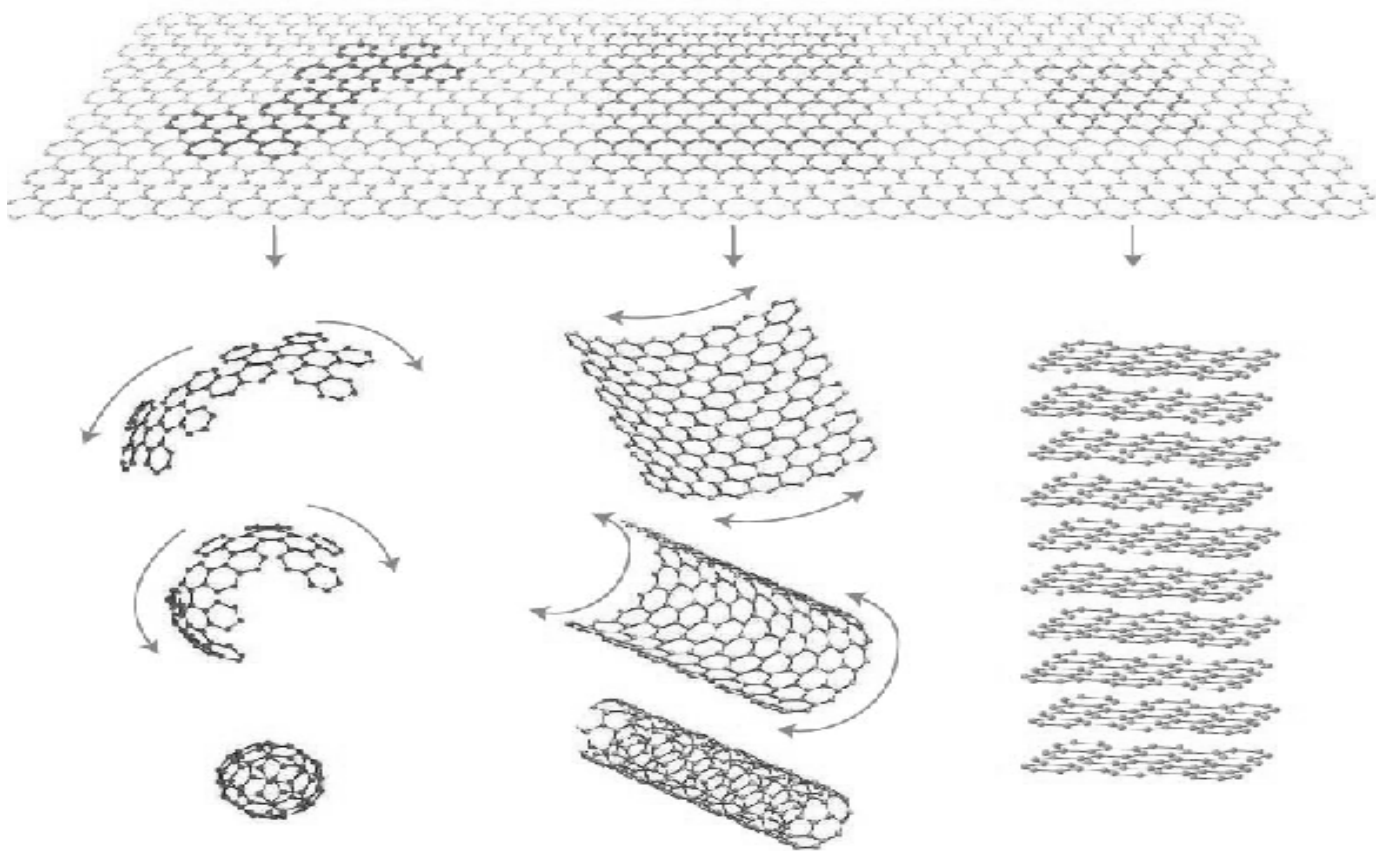
Նանոկառուցվածքային թաղանթ, մակերևույթային պոտենցիալ, մակերևույթային պլազմոնային ռեզոնանս, կենսաբանական տվիչ, մանրէասպան

Որակապես նոր նյութերի հայտնաբերումը, դրանց ֆիզիկական, կենսաբանական և կենսաբժշկական հատկությունների հետազոտումը, in vivo փորձարկումների իրականացումը եղել և մնում է ժամանակակից բժշկագիտության արդիական հիմնախնդիրներից մեկը: Ուստի զարմանալի չէ, որ նանոթաղանթների հայտնաբերումը, դրանց վարքի առանձնահատկությունները մեծ հետաքրքրություն են առաջացրել կենսաբժշկության ասպարեզում:

Դեռևս անցած դարի վերջին գիտական միտքն անդրադառնում էր գրաֆենի հատկությունների հետազոտմանն ու նրա հնարավոր կիրառություններին, սակայն՝ միայն տեսականորեն: Լ.Լանդաուի դասական աշխատություններից հետևում էր, որ անհնար է ստանալ մեկ ատոմի հաստությամբ շերտից բաղկացած նյութ (մեկ ատոմի հաստությամբ ձևափոխություն): Գիտականորեն ապացուցվում էր նաև, որ եթե անգամ հնարավոր լինի ինչ-որ ձևով ստանալ գրաֆենի մեկատոմանի ազատ թաղանթ, ապա այն թղթի նման հարթ չի կարող մնալ, այլ շատ արագ կկորցնի իր կայունությունը և կա՛մ «կնճրթվի»՝ ընդունելով գնդի տեսք («ֆուլլերեն»), կա՛մ էլ կփաթաթվի՝ վերածվելով նանոխողովակի, ինչպես ցույց է տրված

Նկ.1-ում : Այս երևույթը բացատրվում էր նրանով, որ միատոմ շերտում ոչինչ չի դիմադրում նրա ճկվելու ձգումանը: Հավելով միմյանց՝ գրաֆենի թաղանթի մասերը կոսանձվեն միմյանց այն նույն միջնուկելույթային ամուր ուժերով, որոնցով ամրացած են միմյանց գրաֆիտի շերտերը: Սակայն 2004թ. Անդրեյ Գեյմը և Կոնստանտին Նովոսելովը «**Science**» ամսագրում տպագրեցին մի հոդված, որում հայտարարեցին, որ ստացել են գրաֆեն՝ սիլիցիումի օքսիդի հիմքի վրա: Գրաֆենի երկչափ շերտի կայունության ապահովումը իրականանալի էր դարձել SiO_2 դիէլեկտրիկի բարակ շերտի հետ կապի առկայության շնորհիվ: Նախնական փորձարարական հետազոտությունների ընթացքում արդեն ստացվել էին խոստումնալից արդյունքներ՝ ամրություն, հաղորդականություն, կայունություն [1]:

Գրաֆենի ստացման գաղափարը ծագել էր պատահականորեն՝ գրաֆիտի որոշ հատկություններ թունելային մանրադիտակով հետազոտելու նպատակով կաշուն ժապավենի վրա դրա նմուշները պատրաստելիս: Գեյմի ու Նովոսելովի ուշադրությունը գրավել էր այն փաստը, որ ժապավենը «պոկում էր» գրաֆիտի շերտերը՝ թողնելով բացարձակ հարթ մակերևույթ: Կատարելագործելով ստացման եղանակը՝ նրանց հաջողվեց ունենալ 1մմ^2 մակերեսով նմուշ, որն ավելի



Նկ.1

քան բավարար էր նրա մեխանիկական և էլեկտրոնային հատկություններն ուսումնասիրելու համար: «Առաջադեմ փորձեր երկչափ նյութի՝ գրաֆենի հետ» ձևակերպմամբ Անդրեյ Գեյմը և Կոնստանտին Նովոսելովը 2010 թվականին արժանացան Ֆիզիկայի Նոբելյան մրցանակի [2], [3]:

Այսպիսով՝ ոչ միայն հնարավոր դարձավ ստանալ ածխածնային նանոկառուցվածքային թաղանթներ, այլև առաջացավ այդ նյութի լայնածավալ հետազոտություններ իրականացնելու անհրաժեշտություն, քանի որ կանխատեսելի էր, որ դրանք ունեն բացառիկ կիրառական նշանակություն օպտոէլեկտրոնիկայում, լազերային տեխնոլոգիաներում, կենսաբժշկության մեջ և այլ բնագավառներում [4]:

Ածխածնային նանոկառուցվածքային թաղանթները առանձնահատուկ են նաև այն առումով, որ բաղկացած են

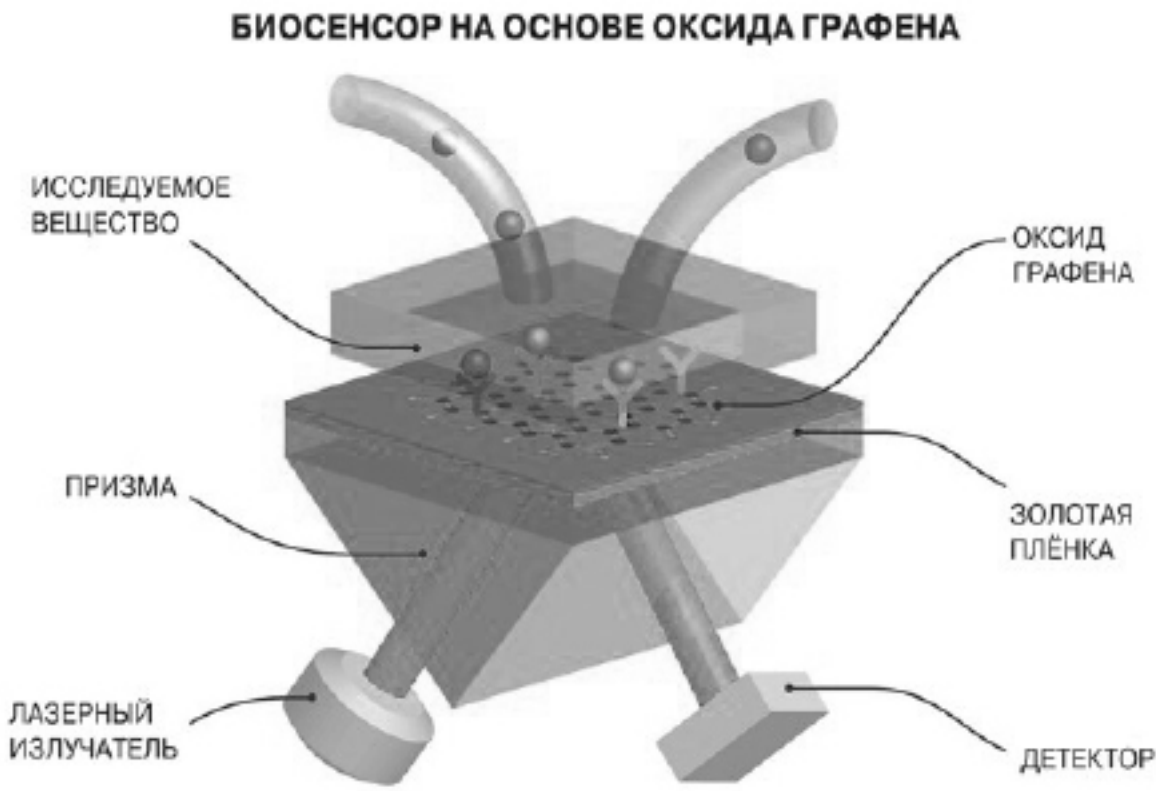
միայն մեկ տարրից՝ ածխածնից, որը հնարավորություն է տալիս հասկանալ և բավականաչափ ճշգրտորեն կանխատեսել դրանց շատ հատկություններ: Այս նյութը լավ հիմք է ֆիզիկական շատ երևույթների ուսումնասիրության համար:

Հետազոտությունների արդյունքում հայտնի են արդեն նրա բազմաթիվ հատկություններ: Այն 200 անգամ ավելի ամուր է, քան պողպատը, ճկուն է (ձգվում է 20-30%-ով), թափանցիկ է (կլանում է ճառագայթման 2%-ը), օժտված է մեծ ջերմահաղորդականությամբ և էլեկտրահաղորդականությամբ [5], [6], [7]: Էլեկտրոնի արագությունը գրաֆենում ընդամենը 300 անգամ է փոքր լույսի արագությունից և 1000 անգամ մեծ է, քան կրեմնիումում (նյութ, որն օգտագործվում է ժամանակակից ամբողջ միկրոէլեկտրոնիկայում) և ունի գրեթե զրոյական զանգված: Սա խոսում է այն մասին, որ գրաֆենը

ժամանակի ընթացքում կարող է փոխարինել կրեմնիումին՝ գերարագագործ էլեկտրոնիկա և համակարգիչներ ստանալու նպատակով [8]:

Գրաֆենի ակտիվ ուսումնասիրության ուղղություններից է նրա կիրառությունը **բժշկության և դեղագործության** ոլորտներում: Մասնավորապես ուսումնասիրվում են մակերևույթի վրա գրաֆենի նանոչափերի թաղանթների կախույթները (супензии) ֆունկցիոնալ խմբերի հետ (օրինակ՝ դեղերի): Գրաֆենի չնչին հաստության պատճառով այդպիսի թաղանթները կարող են հեշտությամբ ներթափանցել բջիջներ նրանց մեմբրանի միջով՝ դեղը նպատակաուղղված ձևով հասցնելով նշանակետ: Նախքան դեղորայքների իրական զարգացման գործընթացն սկսելը անհրաժեշտ է

ստուգել գրաֆենների թունավոր լինելու հնարավոր ելքը [9], [10]: Այդ խնդրի ուսումնասիրության ուղղությամբ հետազոտական աշխատանքներ են իրականացվում Մանչեստերի համալսարանի Բժշկության դպրոցում, որտեղ գիտական գործունեություն են ծավալել Անդրեյ Գեյմը և Կոնստանտին Նովոսելովը իրենց գիտական խմբով, (ինչպես նաև՝ Institute of Nanoproduct Safety Research, Hoseo University, Asan, Korea; Occupational Lung Diseases Institute, KCOMWEL, Incheon, Korea; KCL, Incheon, Korea; Department of Mechanical Engineering, Hanyang University, Ansan, Korea; Toxicology Laboratory, College of Animal Bioscience and Technology, Konkuk University, Seoul, Korea, and; Department of Work Environment, University of



Նկ.2. ՄՖՏԻ գիտաշխատողների կողմից առաջարկված չիպի կառուցվածքը. Ոսկու բարակ շերտի վրա նստեցվում է գրաֆենի օքսիդը

Massachusetts, Lowell, MA, USA. [9]):

Ներկայումս քիմիական և կենսաբանական սենսորներ նախագծելիս լայնորեն կիրառվում է մակերևույթային պլազմոնային ռեզոնանսի երևույթը: Կենսաօբյեկտների հետ կոնտակտի ժամանակ (ԴՆԹ, վիրուսներ, հակամարմիններ) պլազմոնային նանոկառուցվածքները թույլ են տալիս ավելի քան մեկ կարգով մեծացնել ֆլուորեսցենցիայի (լուսածորում) ազդանշանների ինտենսիվությունը, այսինքն՝ զգալիորեն ընդլայնում են կենսաբանական օբյեկտների հայտնաբերման, նույնականացման և ախտորոշման հնարավորությունները:

Արդեն գոյություն ունեն սենսորային չիպեր (1սմ² չափի բարակ թիթեղներ, ուր նստեցվում են հետազոտվող նմուշները), որոնք պատրաստվում են ոսկու բարակ շերտով պատված ապակուց: Չիպերի վրա առաջացնում են տիոլային մոլեկուլների կամ պոլիմերների շերտ: Չիպի տակ տեղադրված է լազեր, որը գրգռում է պլազմոնային ռեզոնանս, իսկ դրա բնութագրերը անդրադարձած ճառագայթից գրանցում է լուսադետեկտորը [11]:

Բիոսենսորի զգայունությունը կախված է մակերևույթի հատկություններից, ավելի ճշգրիտ՝ այն բանից, թե հետազոտվող նյութի քանի մոլեկուլ կարող է միանալ (ամրանալ) թիթեղին: Բիոսենսորների համար հեռանկարային նյութ է համարվում գրաֆենը. այն ունի մակերևույթի մեծ մակերես, պատրաստման առումով էժան է, ինչպես նաև փոխազդում է մեծ քանակությամբ կենսաբանական մոլեկուլների հետ:

Մոսկվայի ֆիզիկատեխնիկական ինստիտուտի նանոօպտիկայի և պլազմոնիկայի լաբորատորիայում իրականացված հետազոտական աշխատանքի հեղինակներ Յուրի Ստերունովը և այլոք [11] ստեղծել և

արտոնագրել են չիպերի սկզբունքորեն նոր տեսակ՝ գրաֆենի օքսիդի ծածկույթով, որն ավելի արդյունավետ է, քան անգամ մաքուր գրաֆենը: Նրանք 35 նանոմետր հաստությամբ ոսկու շերտով պատած ապակե թիթեղի վրա «գրել» են գրաֆենի օքսիդի «փաթիլներ»: Այնուհետև այդ մակերևույթի վրա նստեցրել են ստրեպտավիդինի սպիտակուցի շերտ, որը ծառայել է որպես «թակարդ» մոլեկուլների համար:

Հաջորդ քայլով գիտնականների այս խումբը BiOptix ընկերության բիոսենսորի կիրառությամբ պարզել է, թե պլազմոնային ռեզոնանսի պարամետրերը ինչպես են արձագանքում բարդ օրգանական մոլեկուլների՝ ԴՆԹ-ի միաթել ֆրագմենտների, ներկայությամբ: Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ գրաֆենի օքսիդի հիմքով սենսորը 3 անգամ ավելի զգայուն է, քան դեկատրանի հիմքովը և 3,7 անգամ ավելի զգայուն, քան մաքուր գրաֆենի դեպքում: Սա նշանակում է, որ այս կամ այն նյութը հայտնաբերելու համար նոր չիպին մի քանի անգամ ավելի քիչ մոլեկուլ է անհրաժեշտ: Բացի այդ, «օքսիդային» սենսորը ռեզոնանսային պարզ գործողություններից հետո (ավկալիով լվացումներ) պիտանի է ևս մի քանի անգամ օգտագործման համար: Ոչ պակաս կարևոր է այն փաստը, որ գրաֆենի օքսիդը ավելի հեշտ և էժան արտադրվող նյութ է: Հեղինակները նշում են, որ իրենց ստեղծած սարքը փաստորեն արդեն սերիական արտադրության և շուկա հանելու համար կիրառելի նախատիպ է:

Այսպիսով, գրաֆենի օքսիդի հիմքի վրա աշխատող բիոսենսորը գերզգայուն սարք է, որը մեծ հնարավորություններ է բացում բժշկության և դեղագործության դաշտում: Այն կօգնի ստեղծել նոր դեղեր և պատվաստանյութեր ընդդեմ այնպիսի վտանգավոր վարակիչ հիվանդությունների,

որպիսիք են ՄԻԱՎ-ը , հեպատիտները, հերպեսը, ինչպես նաև՝ քաղցկեղի և բազմաթիվ այլ տիպի հիվանդությունների համար:

Ըստ Յուրի Ստերունովի՝ այս սենսորի կիրառությունների ոլորտը շատ լայն է: Այն կարելի է օգտագործել նաև մթերքների որակի հսկողության, տոքսինների և ալերգենների որոնման, բժշկական ախտորոշման նպատակներով, ինչը կօգնի օրեր տևող թեստերի (анализы) կատարման ժամանակը կրճատել՝ հասցնելով թույլների:

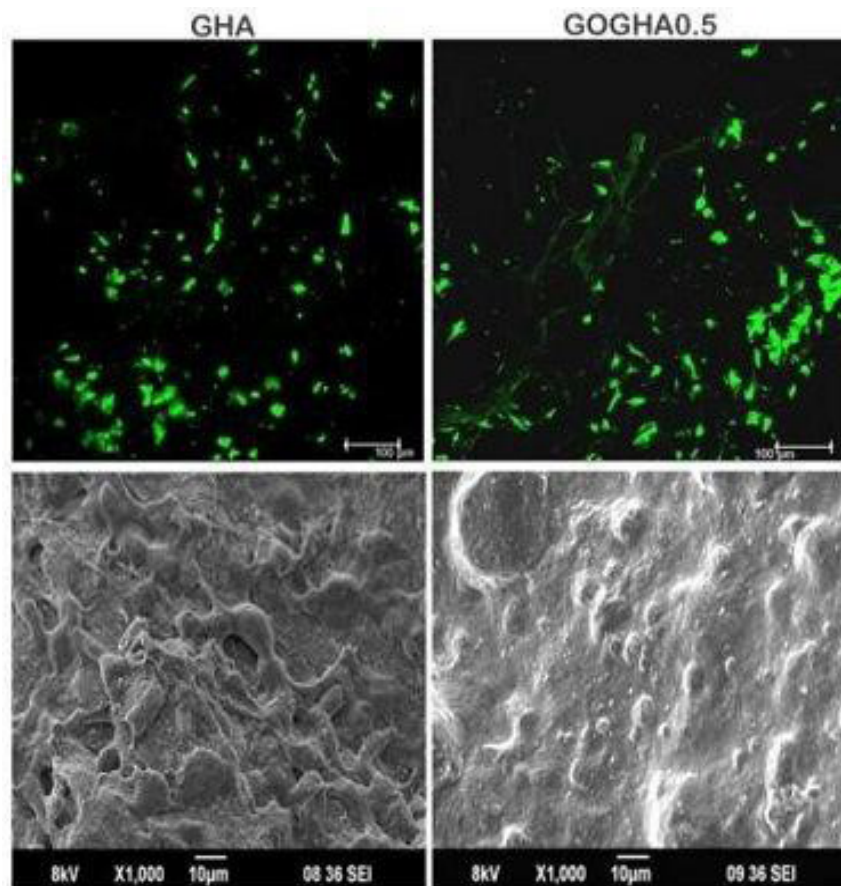
Գրաֆենի ևս մեկ կարևոր կենսաբժշկական կիրառության վերաբերյալ իրենց հետազոտությունների արդյունքներն են գրանցել Կալիֆորնիայի համալսարանի (Սան Դիեգոյի) բիոինժեներները [12]: Նրանք ստացել են գրաֆենի հիմքով չիպ, որը ունակ է հայտնաբերել ԴՆԹ-ի շղթայում առկա միանուկլեոտիդային պոլիմորֆիզմ կոչվող (SNP) մուտացիաները: Սրանց մեծ մասը օրգանիզմի գործառույթների վրա որևէ ազդեցություն չունեն, սակայն որոշները կարող են հանգեցնել բավական լուրջ հիվանդությունների՝ քաղցկեղի, նեյրոդեգեներատիվ խանգարումների և աուտոիմունային համախտանիշների:

Ուշագրավ են Չինաստանի տարբեր գիտական կենտրոնների (Jiangsu Key Laboratory for Carbon-Based Functional Materials and Devices, Institute of Functional Nano and Soft Materials Laboratory (FUNSOM); State Key Laboratory of Chemical Resource Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing; Center of Super-Diamond and Advanced Films (COSDAF) և Department of Physics and Materials Science, City University of Hong Kong) գիտնականների կողմից քաղցկեղի բուժմանն ուղղված հետազոտական աշխատանքները, որոնց արդյունքները ներկայացված են 2010թ. *Nano Letters* –ում [13]:

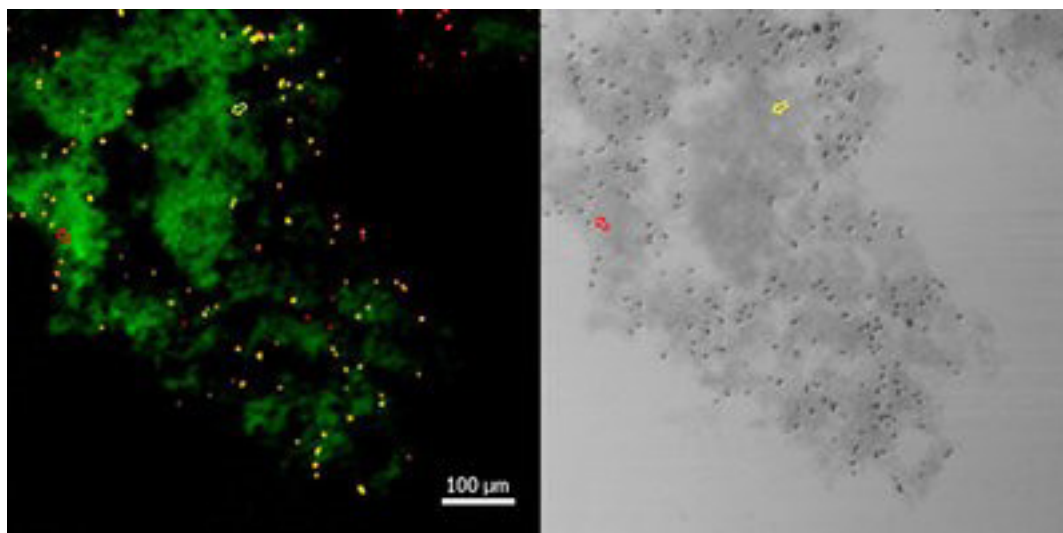
Փորձարկումների օրյեկտները եղել են առնետները: Կիրառել են պոլիէթիլենգլիկոլի՝ կենսասհամատեղելի թաղանթով պատած գրաֆենը (համարվում էր, որ մաքուր գրաֆենը կայուն չէ կենդանի օրգանիզմում): Երակի մեջ ներարկելուց հետո ընթացքին հետևելու նպատակով այն նշել են Cy7 ֆլուորեսցենտային ներկով և պարբերաբար չափումներ կատարել:

Առողջ առնետների օրգանիզմում արդեն 6 ժամ անց գրաֆենի մակարդակը գրեթե զրոյի է հավասարվել (որը հրաշալի արդյունք է), իսկ հիվանդ առնետների դեպքում 24 ժամ անց այն կուտակվել է քաղցկեղի շրջանում (շատ թույլ արտահայտված մնացորդային քանակով՝ նաև մարմնի մնացած մասերում) : Կարմիր լույսի տիրույթին մոտ *808nm* ալիքի երկարությամբ լազերային ճառագայթով ճառագայթելիս լուսաջերմային ազդեցության արդյունքում ուռուցքը այրվում էր, իսկ ճառագայթման տեղում մարմնի մակերևույթի ջերմաստիճանը կտրուկ աճում էր մինչև 50°: Հաջորդ օրը քաղցկեղը արդեն անհետացած էր լինում, մաշկի վրա թողնելով այրվածքին հատուկ սպի, որը զգալիորեն փոքրանում էր արդեն մեկ շաբաթվա ընթացքում:

40 օրվա հետազոտության արդյունքում քաղցկեղը կրկնվելու հակում չի նկատվել: Հիստոլոգիական, արյան քիմիական և ընդհանուր հետազոտությունները ցույց են տվել, որ օրգանիզմի վրա կողմնակի ազդեցություններ չեն հայտնաբերվել: Սակայն, ինչպես հեղինակային խումբն է նշում, դեռ շատ անելիքներ ունեն կենդանի օրգանիզմի վարքը հասկանալու և երկարատև ժամանակահատվածում գրաֆենի տոկսիկոլոգիան պարզելու ուղղությամբ: Այսքանով հանդերձ, կենդանի օրգանիզմ գրաֆենի ներերակային ներարկման և լուսաջերմային թերապիայի կիրառման առաջին արդյունավետ քայլն արդեն արված է, որը գրաֆենի՝



Նկ.3. Մեզենխիմալ ցողունային բջիջները կոմպոզիտ ոսկրի վրա 24ժամ անց



Նկ.4. Նանոթակարդ. *S. Aureus* մանրէն գրաֆենի օքսիդի թակարդում

որպես քաղցկեղի բուժման հետագա կենսաբժշկական կիրառական միջոց դառնալու խոստումնալից արդյունք է:

Գրաֆենի կենսաբժշկական հետազոտության մեկ այլ ոլորտ ակտիվացավ այն իրողությունից հետո, երբ Amrita բժշկական գիտությունների ինստիտուտի և Հնդկաստանի գիտահետազոտական կենտրոնի հետազոտական խմբերը ցույց տվեցին, որ գրաֆենի օքսիդը ունակ է վերականգնել ոսկրային հյուսվածքները: Նրանք հայտնաբերեցին, որ օքսիդի գրաֆենային թեփուկները արագացնում են ցողունային բջիջների բազմացման և ոսկրային հյուսվածքների վերականգնման պրոցեսները [14]: Այս պրոցեսի դինամիկան ներկայացված է Նկ.3 –ում:

Ուսումնասիրությունների այս ոլորտը զարգացման նոր փուլ անցան, երբ Ռայս լաբորատորիայի գիտնականներից Պուլիկեն Աջայան և նրա գործընկերները Տեխասից, Բրազիլիայից և Հնդկաստանից կայծային թրծման միջոցով գրաֆենի օքսիդների փաթիլների միացումով ստացան ծակոտկեն պինդ նյութ, որն իր մեխանիկական հատկություններով և կենսահամատեղելիությամբ համեմատելի է ոսկրին փոխարինող ստանդարտ նյութի՝ տիտանի հետ [15]:

Ենթադրվում է, որ այս մեթոդը իրենց հնարավորություն կտա գրաֆենից կառուցել բարդ կառուցվածքներով օբյեկտներ ընդամենը մի քանի րոպեների ընթացքում, որոնց մշակումը շատ ավելի դյուրին կլինի իրականացնել՝ համեմատած մետաղների հատուկ տեսակների հետ: Այս հետազոտությունների վերջնական նպատակն է ստանալ ոսկրային ինպլանտներ՝ մեխանիկական որոշակի հատկություններով, անհրաժեշտ խտությամբ, ծակոտկեն կառուցվածքով և կենսահամատեղելի:

Catholic University of the Sacred

Heart և Institute for Complex Systems in Rome կենտրոններում գործող գիտական խմբերը, հիմք ընդունելով գրաֆենի օքսիդի արդեն հայտնաբերված մանրէասպան հատկության դրսևորումը (տես Նկ.4.), շարունակեցին ուսումնասիրությունները՝ պարզելու համար, թե այս նյութի թաղանթների չափերն ու կոնցենտրացիան ինչպես են ազդում նրա մանրէասպան հատկության արդյունավետության վրա: Աշխատող թիմը հետազոտել է գրաֆենի օքսիդի ազդեցությունը երեք տարբեր մանրէների վրա, որի արդյունքում հայտնաբերել է, որ ԳՕ 200նմ թաղանթները ջրային լուծույթում ոչնչացրել են *Staphylococcus aureus* և *Enterococcus faecalis* մոտ 90% -ը և աղիքային ցուպիկների մոտ 50% -ը 2 ժամվա ընթացքում: Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել նաև, որ ԳՕ-ն այս առումով արդյունավետ է անգամ 10 մկգ/մլ-ից ցածր կոնցենտրացիաների դեպքում:

Խմբի առաջատարը՝ Վալենտինա Պալմիերին, մանրէների ոչնչացման պրոցեսը բացատրում է նրա 3 բաղադրիչներով. «ԳՕ – ի թիրեղները կարող են որպես նանոկոորիչներ կտրել մանրէների թաղանթները, սավանի նման փաթաթել մանրէները՝ դադարեցնելով նրանց աճը, կամ օքսիդացնել մանրէների բջջային կոմպոնենտները»: Հետազոտող թիմը հայտարարել է, որ ԳՕ-ն *Candida Albicans* սնկի վրա ազդում է նույն էֆեկտիվությամբ ինչ որ *Enterococcus faecalis* - ի դեպքում [16]:

Ըստ մասնագետների՝ այս և հետագա հետազոտությունները հնարավորություն կտան 0-ի հասցնել հիվանդի վարակվելու հավանականությունը հետվիրահատական շրջանում՝ հրաժարվելով մանէասպան դեղորայքի կիրառումից, ապահովելու բժշկական սարքավորումների և գործիքների արդյունավետ պաշտպանությունը

հնարավոր մանրէներից: Դեղորայքի նկատմամբ կայունություն ձեռք բերած մանրէների նկատմամբ պայքարը կարելի կլինի իրականացնել ԳՕ-ի մեխանիկական ազդեցությամբ:

Դուբլինի Տրինիթի – քոլեջի (անգլ. Trinity College, Dublin) և Մանչեստերի համալսարանի (The University of Manchester) գիտաշխատողները «խելացի պլաստիկին» մանկական խաղալիքը փոխակերպել են գերզգայուն տվիչի, որը կարող է աշխատել որպես շնչառական մոնիտոր, հաշվել զարկերակի աշխատանքը և նույնիսկ գրանցել սարդի քայլերը: 20 ատոմային շերտ հաստությամբ և մինչև 800 նանոմետր երկարությամբ գրաֆենի փաթիլները խառնելով «խելացի պլաստիկինին»՝ հետազոտողները ստացել են մեծ խտությամբ և բարձր հաղորդականությամբ նոր նյութ՝ G-putty: Ճնշման անգամ չնչին փոփոխությունը հանգեցնում էր նյութի էլեկտրական դիմադրության կտրուկ աճի: Այս «մաստակը» նվազագույնը 10 անգամ ավելի զգայուն է, քան նանոբաղադրիչով այլ տվիչներ:

Վերլուծելով նյութը սկանավորող էլեկտրոնային մանրադիտակի միջոցով՝ հետազոտողները հայտնաբերեցին, որ գրաֆենի թերթերը խառնուրդում կազմավորում են էլեկտրական հոսանք հաղորդող ցանց: Նյութի դեֆորմացման ժամանակ ցանցը խախտվում է, և էլեկտրական դիմադրությունն աճում է: Սակայն պոլիմերի փոքր մածուցիկության պատճառով գրաֆենի փաթիլները ժամանակի ընթացքում վերադառնում են իրենց տեղերը, այսինքն ընթանում է ինքնավերականգնման պրոցես [17]:

Այսպիսով, բժշկության և դեղագործության ոլորտներում գրաֆենի հնարավոր կիրառությունները բազմազան

են: Սակայն, ինչպես գիտնականներն իրենք են նշում, դրանք ներդնելուց առաջ անհրաժեշտ է անցկացնել նյութի ավելի երկարատև և ավելի ճշգրիտ հետազոտություններ:

Եզրակացություն

Դեռևս 90-ական թթ., երբ հնարավոր եղավ նյութի առանձնացված շերտի նվազագույն հաստությունը 1000 ատոմական չափերից հասցնել մինչև 2-ի, պարզ դարձավ, որ երկչափ նյութերն իրենց վարքով արմատապես տարբերվում են նույն տարրերից կազմված եռաչափ նմուշներից:

2004թ. Անդրեյ Գեյմը և Կոնստանտին Նովոսելովը ստացան որակապես բոլորովին նոր նյութ՝ գրաֆենի միատոմանի կայուն շերտ: Նախնական փորձարարական հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ այն իսկապես եզակի նյութ է և իր մի շարք հատկությունների շնորհիվ (ամուր է, ճկուն է (ձգվում է 20-30% -ով), թափանցիկ է, օժտված է մեծ ջերմահաղորդականությամբ և էլեկտրահաղորդականությամբ) կարող է ունենալ բացառիկ կիրառական նշանակություն օպտոէլեկտրոնիկայում, լազերային տեխնոլոգիաներում, կենսաբժշկության մեջ և այլ բնագավառներում:

Գրաֆենի ակտիվ ուսումնասիրության ուղղություններից է նրա կիրառությունը բժշկության և դեղագործության ոլորտներում:

Տարաբնույթ հետազոտական աշխատանքներ են տարվում տարբեր երկրների գիտական խմբերի կողմից, որոնց արդյունքները որակապես նոր հնարավորություններ են բացում էկոլոգիայի, կենսաբժշկության, դեղագործության և բժշկական կիրերնետիկայի զարգացման համար:

R

Resume

It had long been theorized that it should be possible to create sheets of carbon atoms only one atom thick, and that they would have some pretty amazing properties. Since then, scientists had been trying to isolate these sheets, known as graphene.

In 2004, the Russian physicists Andre Geim and Konstantin Novoselov working at the University of Manchester in the United Kingdom were the first to isolate the elusive material. Six years later, they won Nobel Prizes for their work.

What graphene is and why scientists are so keen on manufacturing it Its unique molecular structure makes it transparent, flexible and strong, and it conducts electricity, making it an attractive material for optoelectronics, laser technology, biomedicine, etc.

The possibility of graphene application in medical field and pharmaceuticals is under active study. The results are impressive. They open up new vistas for progress in biomedicine, pharmaceuticals, surgery, medical cybernetics and ecology.

R

Резюме

Эксперименты, проделанные еще в 90-х годах, когда от толщины отсоединённых плёнок в тысячу атомов ученые дошли всего до двух, показали, что характеристики двумерных материалов кардинально отличаются от своих более объёмных экземпляров.

В 2004 году Андрей Гейм и Константин Новосёлов впервые получили качественно новый материал - одноатомный устойчивый слой графена. В ходе исследований выяснилось, что это действительно уникальный материал (сверхтонкий, сверхпрочный, гибкий – растягивается на 20-30 процентов, прозрачный (поглощает всего 2 процента излучения) кристалл, обладающий самой большой проводимостью и теплопроводностью) и может иметь исключительное прикладное значение в оптоэлектронике, лазерных технологиях, биомедицине и в других направлениях.

Активно изучаются прикладные возможности графена в медицине и фармацевтике. Наука интернациональна, поэтому мощное фундаментальное открытие графена подняла мощную волну научных исследований во всем мире, в результате которых открываются новые перспективы развития биомедицины, фармацевтики и медицинской кибернетики и экологии.

Ք **Գրականություն**

1. K. S. Novoselov, I. A. K. Geim, I. S. V. Morozov... Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films *SCIENCE* 2004, VOL 306, pp.666-669
2. Jump up↑ Стали известны имена лауреатов Нобелевской премии по физике
3. Jump up↑ «The Nobel Prize in Physics 2010» (անգլերեն): NobelPrize.org: Արհիվացված օրիգինալից-ից 2012-01-24-ին: Վերցված է 2011-01-08
4. Mariguchi H., Ohara H., Tsujioka M. History and Applications of Diamond-Like Carbon Manufacturing Processes// *SEI TECHNICAL REVIEW*,2013, pp. 52-58.
5. «Graphene properties»: www.graphene-battery.net: 29 May 2014: Վերցված է 29 May 2014
6. C. Soldano, A. Mahmood, E. Dujardin: Production, properties and potential of graphene, *Carbon* 48 (2010) 2127
7. K. S. Kim et al.:Large-scale pattern growth of graphene films for stretchable transparent electrodes, *Nature* 457, 2009 706
8. «ЛАНДАУ ОШИБАЛСЯ»: http://strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&d_no=34449#.WQXTUPnypp: © Электронное издание «Наука и технологии России».21.10.10 | Наука и техника:Нанотехнологии Принц Виктор Яковлевич . Վերցված է 2017-04-03
9. Kim JK, Shin JH, et al.: 28-Day inhalation toxicity of graphene nanoplatelets in Sprague-Dawley rats. 2016, Abstract,PMID: 26691980 DOI: 10.3109/17435390.2015.1133865, Վերցված է 2017-05 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26691980>
- 10.David Bradley: Is graphene safe?// Volume 15, Issue 6, June 2012, Pages 230
- 11.Y.V. Stebunov, O.A. Afteneva, A.V. Arsenin, V.S. Volkov, Highly sensitive and selective sensor chips with graphene-oxide linking layer // *ACS Applied Materials & Interfaces* 2015, 7 (39), pp 21727–21734 ,doi: 10.1021/acsami.5b04427
- 12.Michael T. Hwang et al.: Highly specific SNP detection using 2D graphene electronics and DNA strand displacement, *PNAS*, 2016, vol. 113 no. 26, 7088–7093, doi: 10.1073/pnas.1603753113
- 13.Kai Yang, Shuai Zhang, Guoxin Zhang, Xiaoming Sun, Shuit-Tong Lee, Zhuang Liu. Graphene in Mice: Ultrahigh In Vivo Tumor Uptake and Efficient Photothermal Therapy. // *Nano Lett.*, 2010, 10 (9), pp 3318–3323 DOI: 10.1021/nl100996u
- 14.Manitha Nair, D Nancy et al.: Graphene oxide nanoflakes incorporated gelatin–hydroxyapatite scaffolds enhance osteogenic differentiation of human mesenchymal stem cells, *Nanotechnology*,2015, Volume 26, Number 16
- 15.3-D graphene has promise for bio applications: Team welds nanoscale sheets to form tough, porous material <https://phys.org/news/2016-09-d-graphene-bio-applications.html>, *PHYSORG*,September 2, 2016,Վերցված է 2016-04-20
- 16.Tapping into graphene-oxide's antibacterial properties to fight infections; The member magazine of the Institute of Physics [physicsworld.com](http://physicsworld.com/cws/article/news/2016/mar/03/tapping-into-graphene-oxides-antibacterial-properties-to-fight-infections), 2016-03-03, <http://physicsworld.com/cws/article/news/2016/mar/03/tapping-into-graphene-oxides-antibacterial-properties-to-fight-infections> Վերցված է 2016-04-25
- 17.Conor S. Boland, Umar Khan et al .: Sensitive electromechanical sensors using viscoelastic graphene-polymer nanocomposites, *Science* 09 Dec 2016: Vol. 354, Issue 6317, pp. 1257-1260, DOI: 10.1126/science.aag2879