

УДК 616.057

*Масовному  
Богдану Івановичу  
на знак його  
масову участь*  
04.12.94

А.А. Смердов

## БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРНА ОСВІТА В УКРАЇНІ

Показана история зарождения и становления биоинженерной специальности. Рассмотрены особенности подготовки биоинженеров и техников в условиях перехода системы высшего образования Украины на сквозную ступенчатую подготовку специалистов, установлено, что общая оценка потребности биоинженеров составляет 3550-10000 человек. Сформулированы первоочередные задачи дальнейшего развития биомедицинского инженерного образования.

History of incipience and formation of bioengineering profession is described. Peculiarities of training of bioengineers and technicians under conditions of transformation of the higher education into the through step-by-step training of specialists are analysed. It is found that general demand in bioengineers is 3550-10000 persons. Urgent problems of the further development of biomedical engineering education are formulated.

Одна з основних тенденцій сучасної медицини — широке впровадження техніки у медицину — не тільки закономірна, але й необхідна, оскільки за допомогою сучасних технічних засобів лікар все ближче підходить до керування процесами, які відбуваються в організмі людини.

При накопиченні знань про природу і підвищенні складності задач, що вирішувалися технікою, у межах останньої почався процес її диференціації і поглибленої спеціалізації. Таким чином виникла біомедична техніка (БМТ), завданням якої є застосування технічних наук і технологій для практичного вирішення медичних проблем [1-3]. Відзначимо, що БМТ охоплює всі аспекти застосування технологій до живих систем. Це галузь техніки, що постійно розвивається, тому межі її впливу та взаємодії з іншими технічними дисциплінами на сьогоднішній день визначені досить приблизно. БМТ впливає на всі галузі медицини завдяки великому арсеналу методів та апаратних засобів.

Впровадження техніки у біологію і медицину сприяє підготовці інженерів з біомедичної техніки, які мають всебічні знання з техніки, біології та суміжних з ними галузей науки. Інженерами (незалежно від спеціальності) називають осіб, які отримали спеціальну технічну освіту.

Слово «біоінженер» з'явилося на початку 60-х років ХХ ст. і означало інженерів, які працювали у галузі створення і використання біомедичної техніки, розвитку якої, перш за все, сприяли досягнення у електроніці [4]. Так, за ініціативою Володимира Зворикіна — «батька американського телебачення», який у 1912 р. закінчив Петербурзький політехнічний інститут, — у 1952 р. була створена професійна група з медичної електроніки Інституту радіоінженерів США [5, 6]. Він став також засновником і президентом Міжнародної федерації медичної і біологічної техніки, вчений був глибоко впевнений у тому, що електроніка здатна в значній мірі покращити медичну діагностику [7].

Слід зауважити, що коли в 1962 р. групі почесних членів американського Інституту радіоінженерів (з нагоди його 50-річчя) запропонували думкою перенестись на 50 років уперед і описати досягнення у галузі радіоелектроніки за період 1963-2012 рр., то шість членів із 55 свій прогноз присвятили перспективам застосування електроніки у біології і медицині [8-12]. Хоча прогнози річ невдячна, але у даному випадку можна констатувати, що сьогоднішній стан розвитку БМТ дає всі підстави сподіватися, що вони здійсняться.

У зв'язку з інтенсивним розвитком

© А.А. Смердов, 1994

БМТ питанням підготовки інженерів у цій галузі, а також в електроніці, приділялася значна увага [13–15]. У США почали формуватися спеціальні програми підготовки біоінженерів, створюватися відповідні кафедри і коледжі з метою постійного поповнення промисловості та системи охорони здоров'я бакалаврами із спеціальною підготовкою як в інженерній справі, так і біології [16].

Перша кафедра електронно-медичної апаратури була створена у 1962 р. з ініціативи академіка А.І. Берга в Ленінградському електротехнічному інституті (ЛЕТІ, тепер кафедра біомедичної електроніки та охорони середовища). Фактично ЛЕТІ став родоначальником підготовки біоінженерів у колишньому СРСР [17]. У 1991 р. підготовку цих спеціалістів, крім ЛЕТІ, проводили шість вузів Росії, що розташовані в Москві (чотири), Томську і Ставрополі, а також Грузинський технічний університет і Ферганський політехнічний інститут [18].

Підготовка біоінженерів у цих вузах здійснювалась за спеціальністю 19.05 «Біотехнічні і медичні апарати та системи». Поєднання теоретичних знань у галузі точних наук, практичних інженерного досвіду зі знанням основ біофізики, анатомії, фізіології і психології людини дає максимальний ефект у діяльності фахівця як на підприємствах медичної промисловості, так і в системі охорони здоров'я. У процесі навчання ці спеціалісти отримують глибокі знання з фізичних методів дослідження біологічних об'єктів і принципів побудови електронної медичної техніки, збору та обробки біомедичної інформації, використання кібернетичних методів та обчислювальної техніки у біологічних і медичних дослідженнях, синтезу біотехнічних систем різного призначення.

В Україні підготовка біоінженерів почалася у 1980 р. у Харківському інституті радіоелектроніки. Через десять років у Тернопільському приладобудівному і Львівському політехнічному інститутах була введена ця спеціалізація при підготовці радіоінженерів, а з 1993 р. почалась підготовка безпосередньо з спеціальності 19.05. У 1992 р. прийом студентів для навчання за цим фахом почав Харківський авіаційний інститут.

Таким чином, за останні роки в Україні спостерігається тенденція до збільшення кількості спеціалістів з біомедичної техніки. Зауважимо, що аналогічна ситуація складається і в Росії, де у 1993 р. Ульяновський філіал Московського державно-

го університету почав підготовку студентів за спеціальністю «Біотехнічні і медичні апарати і системи». Ця тенденція, на наш погляд, обумовлена поступовим усвідомленням важливості й перспективності розвитку технічних засобів оснащення системи охорони здоров'я і збільшенням випуску серійної та освоєнням нової медичної техніки, особливо підприємствами колишнього військово-промислового комплексу в межах конверсії. Розглядаючи перспективи підготовки біоінженерів в Україні, необхідно враховувати, по-перше, загальний стан і проблеми розвитку біомедичної техніки і, по-друге, перехід вищої освіти до ступеневої підготовки, згідно з «Законом України про освіту». Введення такої системи пов'язано, перш за все, з переходом економіки до ринкових відносин та розширенням міжнародних зв'язків, а також необхідністю інтеграції із світовою системою підготовки фахівців.

В Україні встановлено 66 базових (бакалаврських) напрямків вищої освіти, в основу затвердженої класифікації яких покладено Міжнародну стандартну класифікацію освіти (International Standard Classification of Education — ISCED). Новий перелік спеціальностей в умовах багатоступеневої підготовки забезпечує її наскрізність: рівень молодшого спеціаліста та робітничі професії являються складовою частиною відповідного рівня фахівця через визначений напрямок освітньо-професійного рівня бакалавра. Перелік та кваліфікаційні рівні робітничих професій розробляються Міністерством праці України на базі Міжнародної стандартної класифікації професій (International Standard Classification of Occupation — ISCO).

Підготовка фахівців різного рівня кваліфікації в галузі БМТ відповідно до ступеневої системи освіти здійснюється таким чином. Базовий (бакалаврський) напрямок «Електронні апарати» (Bachelor of Science in Electron Devices) об'єднує наскрізну підготовку: інженерів (спеціалістів) за спеціальностями 22.05 «Конструювання і технологія електронних обчислювальних засобів», 23.03 «Конструювання і технологія радіоелектронних засобів», 19.05 «Біотехнічні та медичні апарати і системи»; техніків (молодших спеціалістів) за спеціальностями 22.01 «Виробництво електронно-обчислювальної техніки», 23.01 «Радіоапаратобудування», 19.06 «Монтаж, технічне обслуговування і ремонт медичної техніки», «Ви-

робництво біомедичних електронних приладів»; робітників за професіями: градувальник радіоапаратури; намотувальник котушок; оператор автоматичної лінії підготовки і пайки електрорадіоелементів на друкованих платах; слюсар-механік радіоелектронної апаратури; контролер, монтажник, регулювальник і слюсар-складальник радіоелектронної апаратури і приладів; полірувальник і складальник хірургічних інструментів та апаратів; електромеханік по ремонту і обслуговуванню медичного обладнання, медичного рентгенівського обладнання, наркозодихальної і електронної медичної апаратури.

Крім того, до базового напрямку «Електроніка» (Bachelor of Science in Electronic Engineering) введено нові спеціальності: фахівця з біомедичної електроніки і молодшого спеціаліста — виробництво біомедичних електронних приладів. На наш погляд, ці спеціальності необґрунтовано створено у додаток до аналогічних спеціальностей з базового напрямку «Електронні апарати». По-перше, тут порушена наскрізність підготовки фахівців різної кваліфікації у зв'язку з відсутністю відповідних робітничих професій, по-друге, термін «біомедична електроніка», як показує світовий досвід [19], майже не вживається як загальне поняття. На зміну йому прийшли такі самостійні назви, як біомедична техніка, біологічне і медичне приладобудування, які більш адекватно відображають цю спеціалізовану галузь сучасної техніки.

Розглянемо можливу кар'єру біоінженерів, а також зробимо спробу спрогнозувати потребу в таких фахівцях в Україні. Хоча кар'єра біоінженера може бути різноманітною, як і сам предмет цієї спеціальності, однак можна виділити три основні сфери діяльності цих спеціалістів: заклади системи охорони здоров'я; підприємства та організації медичної промисловості; науково-дослідні установи і навчальні заклади технічного та медичного профілей.

Система охорони здоров'я України — своєрідна «індустрія здоров'я» — у 1984 р., наприклад, нараховувала 661 тис. лікарняних ліжок, 6200 лікарняних, амбулаторно-поліклінічних закладів і поліклінік, 17 тис. фельдшерсько-акушерських пунктів, 732 санітарно-епідеміологічних і 35 дезінфекційних станцій, біля 300 медико-санітарних частин, 465 санаторіїв-профілакторіїв. У системі охорони здоров'я було зайнято біля 1,2 млн чоловік, серед яких 167 тис. лікарів і 491 тис.

медичних сестер [20, 21].

Для порівняння зауважимо, що у системі охорони здоров'я США зайнято приблизно 5 млн чоловік, з них 3 млн — у приватних лікарнях. У 1984 р. в Україні нараховувалося 542 тис. лікарів і 153 тис. стоматологів, 1486 тис. робітників середнього медичного персоналу (тобто 62,9 на 10 тис. населення) [22]. Система охорони здоров'я займає за обсягом третє місце серед галузей промисловості США, тому зміни у застосуванні БМТ можуть впливати на економіку: скорочувати або розширювати кількість робочих місць, прискорювати або, навпаки, сповільнювати інфляцію, впливати на енергоресурси [23].

Такий показник, як число лікарів на 10 тис. населення у 1977 р., наприклад, дорівнював в Україні — 33,7; колишньому СРСР — 34,5; США — 18,2 [24, 25], співвідношення між середнім медичним персоналом і лікарями для усіх країн практично однаково: 2,95; 2,92; 2,76, проте є значна розбіжність по такому показнику, як кількість працівників охорони здоров'я, що приходяться на одне лікарняне ліжко, який дорівнює: 1,82; 1,9; 3,5 відповідно. Цей показник дозволяє орієнтовно оцінити кількість персоналу немедичного профілю, який повинен забезпечувати функціонування сучасних медичних закладів, озброєних різноманітною технікою. Наприклад, у 1977 р. витрати на обладнання одного ліжка в США перевищували 33440 \$ [25]. Отже, чим вища технічна озброєність ліжка, тим більшим буде цей показник, що ми і спостерігаємо в системі охорони здоров'я США.

Визначимо можливі нижню і верхню оцінки потреби у біоінженерах для лікувальних закладів України, виходячи із таких, обережно висловлених, передумов. Припустимо, що на 100 лікарняних ліжок необхідно мати одного фахівця. Для порівняння відмітимо, що сьогодні на одного лікаря припадає три ліжка, а на медичну сестру — 1,14 [26]. Враховуючи, що на кінець 1991 р. в Україні нараховувалося 702,6 тис. лікарняних ліжок [26], верхня оцінка потреби у біоінженерах буде дорівнювати 7026, нижня — у 3 рази менша і становить 2350 спеціалістів. Вона встановлена таким чином: прийнято, що кожна центральна районна лікарня повинна мати одного біоінженера, а в обласних центрах кількість їх визначається із попередньої передумови — один спеціаліст на 100 лікарняних ліжок. Враховуючи кіль-

кість районів України, чисельність населення обласних центрів і беручи до уваги, що на 10 тис. населення припадає 135,7 лікарняних ліжка, одержуємо приведену нижню оцінку [21, 26]. Середня статистична розбіжність між верхньою та нижньою оцінками по всіх областях становить 3,33 рази, крім Донецької області, де вона дорівнює 22, і Чернівецької — 1,6 рази.

Таким чином, на думку автора, Міністерству охорони здоров'я України, яке планує «взяти на себе не властиву і ніде у світі не практиковану відповідальність за забезпечення ліками, медичним обладнанням, апаратурою та іншими необхідними для медицини засобами» [27], доцільно ввести у лікувальних закладах з метою підвищення ефективності та надійності її експлуатації посади інженерів з медичної техніки.

Медична промисловість, яка є другою сферою використання біоінженерів, знаходиться на етапі свого організаційного оформлення після створення Державного комітету України з медичної та мікробіологічної промисловості. Зараз 14 підприємств та організацій Української науково-виробничої асоціації «Укрмедприлад», що розробляють та випускають БМТ, входять до складу Міністерства машинобудування, військово-промислового комплексу та конверсії. У цьому міністерстві ще 35 підприємств, які входили раніше до складу аналогічних союзних міністерств, виробляють БМТ. Загальна номенклатура БМТ в Україні за станом на початок 1993 р. становила приблизно 700 одиниць. На долю асоціації «Укрмедприлад», в якій працює приблизно 18 тис. чоловік, приходиться до 75 % об'єму і номенклатури всієї БМТ.

Для порівняння відмітимо, що у 1976 р. біомедичну техніку в США виробляли на 1900 підприємствах, на яких працювало 124 тис. робітників і службовців, зауважимо, що в основному це були дрібні підприємства і лише 32% з них мали більше 20 службовців [25]. Середня чисельність працюючих на них становила 65 чоловік, у той час як на підприємствах асоціації «Укрмедприлад» — 1285.

Виходячи з перспектив переходу до бюджетно-страхової системи фінансування медичної допомоги при підготовці біоінженерів, необхідно враховувати в майбутньому потреби приватних підприємств. Процес їх створення, як свідчить досвід московської міжнародної виставки «Здравоохранение-93», почався. Цікаво, що серед семи українських учасників

виставки було п'ять приватних фірм, а з 226 російських — 103 [28].

Можна допустити, що потреба в біоінженерах, які будуть зайняті виробництвом БМТ, становитиме орієнтовно 5–10% працюючих сьогодні на державних підприємствах або 1–2 тис. чоловік. На наш погляд, це, безумовно, занижена оцінка, оскільки в найближчому майбутньому державні й приватні фірми почнуть виділяти більше фінансів на охорону здоров'я людей, що стимулюватиме розвиток БМТ і відповідно підготовку фахівців.

У третій сфері — науково-дослідних установах і навчальних закладах технічного та медичного профілю — кількість біоінженерів найменша, що, безумовно, в значній мірі залежить від двох перших. Фахівці для них будуть готуватися через магістерську підготовку випускників, що отримали диплом бакалавра. Навчальні плани, програми, кваліфікаційні вимоги та методика підготовки магістрів знаходяться на стадії їх розробки. Багатолітній досвід зарубіжних країн свідчить про те, що до 20% дипломованих бакалаврів продовжують своє подальше навчання на магістра [14, 16]. Сьогоднішній стан і досвід підготовки інженерів в Україні свідчить про те, що приблизно 5–10% загального числа дипломованих бакалаврів продовжать навчання на магістрів, які у подальшому будуть займатися науково-дослідною та педагогічною роботою. В абсолютному вираженні ця кількість буде становити 200–900 чоловік.

Таким чином, загальна оцінка потреби біоінженерів в Україні може коливатися від 3550 до 10000 чоловік і залежатиме від багатьох факторів: політичного і економічного стану, темпів переходу до ринкових відносин, проведення реформ у системах охорони здоров'я, освіти та ін.

Перехід освіти до ступеневої наскрізної підготовки фахівців відкриває додаткові можливості щодо підготовки молодших спеціалістів (техніків) у галузі БМТ. Сьогодні підготовку техніків за спеціальністю 19.06 «Монтаж, технічне обслуговування і ремонт медичної техніки» здійснює Харківський технікум медичного обладнання МОЗ України. З метою скорішого задоволення потреби в молодших спеціалістах по БМТ їх підготовку доцільно проводити на базі технікумів, які мають спеціальність 23.01 «Радіоапаробудування», із залученням медичних училищ у частині забезпечення дисциплін біомедичного напрямку.

Підготовку техніків за спеціальністю 23.01 проводять 19 технікумів, розташованих у 13 областях України та двох у республіці Крим [29]. Практично в усіх містах, де знаходяться ці технікуми, є медичні училища, загальна кількість яких становить 109 [29]. Для здійснення інтегрованої підготовки техніків з БМТ необхідно розробити відповідні навчальні програми і вирішити організаційні питання, які пов'язані з різною відомчою приналежністю цих середніх спеціальних навчальних закладів Міністерства освіти та охорони здоров'я. Враховуючи наскрізність підготовки фахівців, навчальні програми підготовки техніків повинні бути пов'язані з навчальними програмами підготовки бакалаврів за спеціальністю «Електронні апарати» та інженерів за фахом «Біотехнічні та медичні апарати і системи».

Певні кроки у цьому напрямку зроблені Науково-методичною комісією з радіоелектронного апаратуобудування Міністерства освіти України. Так, розроблена навчальна програма підготовки бакалаврів електронних апаратів, яка побудована таким чином. Чотирирічна підготовка в обсязі 6936 годин (136 кредитів) основана на вивченні базових циклів гуманітарних, соціально-економічних, природничо-наукових, загально-професійних дисциплін. Загальна підготовка складається з обов'язкових дисциплін (6069 годин) і дисциплін спеціальної підготовки (867 годин), які суттєво розрізняються у залежності від подальшої спеціалізації навчання. При підготовці фахівців з БМТ вивчають біологію, біохімію, біофізику, біомеханіку, фізіологію систем, основи побудови та застосування біомедичної радіоелектронної апаратури, мікропроцесорні пристрої та системи у медицині. При підготовці інженерів за спеціальністю «Біотехнічні та медичні апарати і системи» протягом 1,5 років навчальна програма (3417 годин) включає 15 спеціальних дисциплін, які стосуються побудови, проектування, виробництва та експлуатації біомедичної техніки.

Перехід до ступеневої підготовки у системі освіти України тільки почався, тому є багато питань, які потребують свого вирішення особливо у галузі біомедичної інженерної освіти. По-перше, необхідно створити нові технічні засоби навчання з урахуванням особливостей біотехнічних систем, в єдиному контурі управління яких адекватно поєднані елементи різної фізичної природи — біоло-

гічні і технічні, по-друге, скласти підручники і навчальні посібники, у тому числі електронні, з біомедичної техніки, потретє, розробити програми викладання технічних концепцій особам без технічної освіти і біологічних концепцій — з технічною. Вирішенню цих задач, безумовно, буде сприяти використання світового досвіду. Наприклад, у технічному коледжі Бостонського університету існує інтегрована програма з техніки і медицини (ІПТМ), яка дає можливість отримати студентам ступінь бакалавра з біомедичної техніки у технічному коледжі або ступінь доктора медицини у медичній школі. ІПТМ призначена для підвищення ефективності переходу від чисто технічного навчання на перших курсах до медичних дисциплін — на випускних. Загальна тривалість навчання у цьому випадку становить вісім років [30].

1. *Engineering*. Mc-Graw Hill Encyclopedia of Science and Technology. // Mc-Graw Hill Book Company. — 1987. — 6, № 4. — Р. 350.

2. *Biomedical Engineering* // Там же. — № 2. — Р. 555-558.

3. *Азимов А.* Язык науки / Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 280 с.

4. *Смердов А.А., Попов В.И.* Медицина и электроника. — Киев: Знання, 1985. — 64 с.

5. *Электроника: прошлое, настоящее, будущее*/Пер. с англ. под ред. В.И. Сифорова. — М.: Мир, 1980. — 296 с.

6. *Геррик И.* История применения электроники в медицине и биологии // Тр. ин-та радиоинженеров. Ч. 2. — 1962. — № 5. — С. 1225-1229.

7. *Зворыкин В.* Электроника и медицинское обслуживание // Там же. Ч. 1. — С. 643-644.

8. *Уиллер Н.* Электронные приборы в биофизике // Там же. — С. 644-646.

9. *Лиддел У.* Диагностика // Там же. — С. 646.

10. *Ластед Л.* Биомедицинская электроника в 2012 г // Там же. — С. 647-648.

11. *Бузинь Н.* Электронный анализ спектра химических соединений // Там же. — С. 648-650.

12. *Голэй И.* Биоморфическое развитие электроники // Там же. — С. 639-643.

13. *Толбо С.* Подготовка инженеров для биомедицинских исследований // Там же. Ч. 2. — С. 1247-1250.

14. *Термен Ф.* Образование в области связи и электроники в 2012 г. // Там же. — С. 579-580.

15. *Эверитт В.* Инженерное образование в 2012 г. // Там же. — С. 581-582.

16. *Люис Э.* Биомедицинское инженерное образование. Кибернетика и педагогика / Пер. с англ. под ред. А.И. Берга. — М.: Мир, 1972. — С. 59-70.

17. *Ахутин В.М., Попечителей Е.П.* Био-

медицинская электроника. — М.: Радио и связь, 1986. — С. 235–255.

18. *Справочник* для поступающих в высшие учебные заведения СССР в 1991 году / Авт.-сост. Г.В. Арсеньев и др. — М.: Высш. шк., 1991. — 495 с.

19. Уильямс У. Обработка и анализ биологических сигналов // ТИИЭР. — 1977. — 65, № 5. — С. 3–7.

20. *Здравоохранение* в Украинской ССР. Пути и итоги развития / Под ред. А.Е. Романенко. — Киев: Здоров'я, 1987. — 480 с.

21. *Українська Советская Социалистическая Республика: Энциклопедический справочник.* — Киев: УСЭ, 1987. — 516 с.

22. *Современные Соединенные Штаты Америки: Энциклопедический справочник.* — М.: Политиздат, 1988. — 542 с.

23. Банта Х.Д., Коркоран С., Сейнс Дж. К вопросу о сравнительной пользе и стоимости медицинской техники // ТИИЭР. — 1979. — 67, № 9. — С. 8–15.

24. СССР: Энциклопедический справочник. — М.: Сов. энциклопедия, 1979. — 576 с.

25. *Американская техника и промышленность // Сб. рекламных материалов.* Вып. 8. Мед. приборы и оборудование. Фирма "Чилтон КО". (США): — М.: Внешторгреклама СССР, 1978. — 140 с.

26. *Україна в цифрах у 1991 році: Короткий статистичний довідник.* — Київ: Техніка, 1992. — 215 с.

27. Спіженко Ю.П. Проблемы реформы системы охорони здоров'я в Україні // Лікарська справа. — 1993. — № 1. — С. 3–10.

28. *Здравоохранение-93.* Официальный каталог 5-й международной выставки. Москва, 23–30 сентября 1993.

29. *Довідник для вступників до середніх спеціальних навчальних закладів Української РСР на 1991 рік/ Уклад. В.В. Голуб та ін.* — Київ: Вища шк., 1991. — С. 276.

30. *Boston University Undergraduate Programs Bulletin, 1990/91.* — 461 p.

*Держ. ун-т «Львівська політехніка»*