

М.М. Колодницький, А.І. Кулага, Є.С. Купкін

### ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗРАХУНКУ КУРСУ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ

*У статті наводиться короткий опис розробленого авторами програмного комплексу для автоматизації розрахунків курсу процедур променевої терапії на дистанційних гамма-апаратах для хворих радіологічних відділень онкологічних лікарень та диспансерів.*

На сьогодні існує сумна статистика, яка свідчить, що з погіршенням умов життя збільшується кількість хворих на ракові захворювання. Ось чому з економічною кризою в Україні та кризою в охороні здоров'я занепокоєння викликає лікування хворих на злоякісні новоутворення. На теперішній час розроблено досить багато методів лікування та профілактики цих хвороб, всі вони мають різний ступінь ефективності та застосування. Серед них слід виділити такі найбільш вживані методи, як хірургія, хіміотерапія, променева терапія та різноманітне їх комбінування й комплексне використання [1].

Променева терапія – це засіб протипухлинного впливу за допомогою різноманітного іонізуючого опромінювання. Променева терапія призводить до пригнічення пухлини, перекриттю можливих шляхів її метастазування. Позитивний клінічний ефект досягається у короткі строки при безкровному й безболісному впливі. Разом з тим, є дуже велика імовірність нанесення тяжких ушкоджень місцевого та загального характеру, що обумовлено променевим впливом на здорові тканини і органи. Все це призвело до ускладнення методу лікування, використання різноманітної, часто технічно дуже складної апаратури. Променева терапія вже нині стала комплексним процесом, у якому приймають участь не лише медичні працівники різних фахів, але й інженери [1–4].

У променевій терапії найбільшого поширення набуло використання  $\gamma$ -випромінення, як найбільш ефективного. Всі гамма-терапевтичні апарати у вітчизняних онкологічних та радіологічних установах заряджені закритими кобальтовими джерелами випромінення. Ці джерела містять ізотоп кобальту –  $^{60}\text{Co}$ , який є довгоживучим радіоактивним нуклідом [3].

Променева терапія вимагає особливої точності дозування (до  $\pm 5\%$ ) і вимірювання доз (до  $\pm 3\%$ ), тому що радіоактивне опромінення несе не лише позитивні результати лікування. Це обґрунтовано радіобіологічними дослідженнями і виправдано клінічно. Накопичення радіонуклідів в організмі, опіки шкіри, порушення роботи внутрішніх органів – це далеко не повний список можливих згубних наслідків через передозування в курсі променевої терапії. А недостатня доза не дає того результату, на який чекають, тобто призводить до того, що ракова пухлина продовжує свій розвиток як і до терапії, або не змінюється больова чутливість органів [2].

Як і в багатьох сферах діяльності, пов'язаних з урахуванням й обробкою великого обсягу даних та управлінням технологічними складними об'єктами, впровадження обчислювальної техніки до цього клінічного процесу дозволяє підвищити ефективність та продуктивність праці медичного персоналу, збільшити лікувальний ефект й безпеку лікувальних процедур, зменшити працевитрати, опрацювати та застосувати засоби оптимізації, що недосяжні в інших умовах.

При проектуванні курсу лікування гамма-терапії для більшої точності підрахунків вже досить давно використовуються обчислювальні машини. Та з розвитком потужностей комп'ютерної техніки і з новими досягненнями в інформаційно-комп'ютерних технологіях виникає необхідність поновлювати програмне та апаратне забезпечення.

В даній роботі представлено програмний комплекс, розроблений для робітників радіологічних відділень онкологічних лікарень, який призначений автоматизувати їх працю та підвищити ефективність та якість її виконання. Він повинен стати новим кроком у роботі медичного та інженерного персоналу радіологічних відділень. Програмний комплекс розроблювався для практичного використання в Житомирському обласному онкологічному диспансері. Але можливості та особливості комплексу дозволяють його використовувати у будь-якій іншій онкологічній лікарні нашої країни з радіологічним відділенням та подібним обладнанням.

Програмний комплекс дозволяє суттєво спростити деякі рутинні процеси, які проводяться на стадіях так званої передпроменевої підготовки хворого до дистанційної променевої терапії. На цій стадії визначаються та уточнюються відомості про характер злоякісного новоутворення, його локалізацію, розміри, можливі шляхи поширення, засоби та апаратуру променевого впливу. Тут вирішуються дві основні проблеми: топоμεтрія та розрахунок дозиметричних полів. Індивідуальний підхід до планування опромінення потребує топоμεтричної і дозиметричної підготовки та особливої організації і технологічного забезпечення всього лікувального процесу. Лікар, що лікує, на підставі відомостей про клінічну стадію, гістологічної будові пухлини, вік, загальний стан хворого розробляє план лікування, що обґрунтовується досить складними розрахунками поглинених доз в тілі й окремих органах хворого.

Одним з головних вхідних документів, на основі яких будуються ці плани, згідно з сучасною технологією проведення променевої терапії, є зображення поперечного перетину тіла хворого, на якому вказується місцезоналення злоякісного новоутворення відносно життєво важливих органів. Такі перетини отримуються в результаті топоμεтрії, в якій бере участь велике число медичних і технічних фахівців, які інколи територіально та адміністративно розподілені по різних відділенням медичного закладу.

### **Загальна характеристика програмного комплексу**

Перед тим, як дати характеристику програмного комплексу, коротко розглянемо особливості області його застосування.

Лікар, що лікує, за зробленими аналізами і рентгенівськими знімками визначає характер пухлини (її розміри, розташування, ступінь захворювання і т. п.) і призначає курс радіологічної терапії, тобто назначає обробку пухлини  $\gamma$ -випромінюванням. Лікар-радіолог, виходячи також з параметрів злоякісного новоутворення, його розмірів і розміщення відносно інших анатомічних органів, задає дозу, яку повинна отримати пухлина в курсі лікування, і характеристику опромінювання (відстань джерело-поверхня (ВДП), а також тип променевого впливу – однопольне, багательне або ротаційне). Після цього інженер-радіолог повинен розрахувати курс лікування, розподіливши дозу, призначену лікарем на весь курс, на разові дози так, щоб пухлина отримала саме назначену сумарну дозу, і щоб при цьому хворий не мав опіків шкіри, щоб сусідні внутрішні органи, які підпадають під опромінювання, не отримали надмірних доз. Для цього необхідно мати ізодозну картину опромінювання тіла у площині головного поперечного перетину і потім розрахувати дози, що одержує організм в критичних точках та на шкіряному покрові.

В цих умовах програма повинна забезпечити виконання основних функцій, що виконуються інженером у процесі розрахунку курсу лікувальних процедур, при призначеній лікарем терапії. Іншими словами, програма робить всі необхідні обчислення і обробку інформації для отримання повного плану лікування.

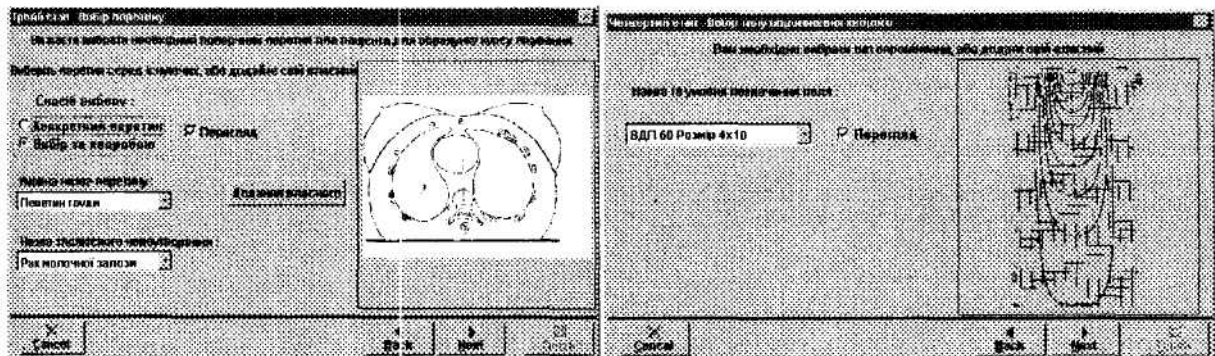
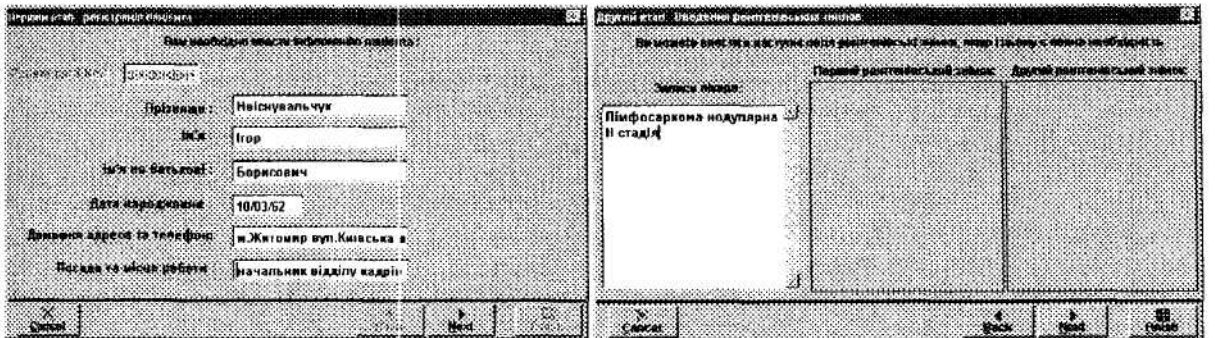
Для зручності роботи користувача було розроблено інтерфейс програми у вигляді взаємодії з "майстром" – рис. 1. Програмно "майстер" є набором форм, що вказують, які дії необхідно зробити на тому чи іншому кроці і проводять користувача через всі етапи роботи користувача: від реєстрації пацієнта до розрахунку курсу його лікування. Наприкінці роботи можна вивести звіт про лікування в прийнятій у лікувальній установі формі.

Під час введення даних необхідно, щоб інформація поступово, крок за кроком, деталізувала постановку задачі. Наприклад, спочатку користувач визначає приблизне розташування пухлини в організмі, обираючи поперечний перетин та внутрішні органи, що охоплює опромінення, і лише потім може вказати точну геометричну орієнтацію новоутворення, вводячи точні зміщення.

Інформація, що виводиться, повинна бути, у свою чергу, достатньо повною та нести для користувача необхідний для нього рівень інформативності. Як приклад можна навести проблему виведення графічної частини вирішення задачі з визначення ізодозної картини при опроміненні організму. Також необхідно продивитись розподіл ізодоз в організмі та на внутрішніх органах, і зокрема, можливо, виникне необхідність уточнити дозу, яку отримує деяка точка перетину.

У програмі використовуються вхідні дані, які одержуються в результаті наступних дій:

- вибір із списку злоякісних новоутворень, різних типів конкретного захворювання пацієнта чи введення іншого не вказаного;
- визначення необхідного поперечного перетину серед тих, які запропоновані користувачу, або підключення додатково створеного;
- установка користувачем точних геометричних розмірів перетину, які відповідають фізичним розмірам пацієнта;
- завдання точного розташування пухлини на створеному перетині;
- введення параметрів опромінення, які вказав лікар (дозу на пухлину, тип поля та інші дані);
- підтвердження правильності виконання попередніх етапів, чи корегування введеної інформації на будь-якому етапі.



**Пацієнти радіологічного відділення**  
Звіт на 05/20/98

Початок сторінки

<b>Прізвище</b>	Парезалець
<b>Ім'я</b>	Володимир
<b>По батькові</b>	Олександрович
<b>Дата народж.</b>	06/13/65
<b>Дом. адреса</b>	м. Київ, вул. Дар'я 36, кв. 43, дом. тел. 34-2312
<b>Робота</b>	співпрац. з розробки СІТ 'EloKone'
<b>Прізвище</b>	Секончук
<b>Ім'я</b>	Ігор
<b>По батькові</b>	Сидорович
<b>Дата народж.</b>	05/19/68
<b>Дом. адреса</b>	м. Бєлгород, вул. Соціалістична 13, кв. 13, дом. тел. 3-45-16
<b>Робота</b>	розробник моделювання СІТ 'EloKone'
<b>Прізвище</b>	Третяк
<b>Ім'я</b>	Тетяна
<b>По батькові</b>	Володимирівна

**Звіт по пацієнтам, що проходили лікування в період**  
з 04 01 98 по 04 10 98  
Дата звіту 20 05 98

Прізвище	Ім'я	По батькові	Дата народж.
Перезалець	Володимир	Олександрович	13 06 65
Секончук	Ігор	Сидорович	19 05 68
Третяк	Тетяна	Володимирівна	16 10 61

Рис. 1. Ілюстрація роботи програми



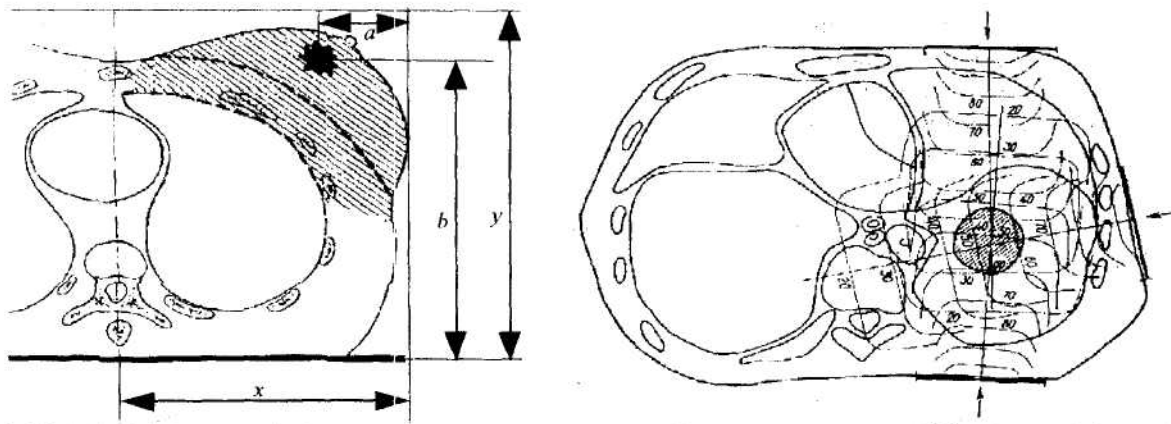


Рис. 2. Поперечний перетин пацієнта з означеним розташуванням пухлини і визначення процентної глибинної дози в зоні з кожного поля опромінення, розташованого на топографо-анатомічному ескізі

Серед вихідних даних програми зазначимо:

- зображення необхідного перетину тіла даного пацієнта на екрані монітора чи на друкуючому пристрої;
- картини ізодоз для заданого опромінення;
- графічне зображення, що ілюструє характер опромінення тіла пацієнта (накладення ізодоз на поперечний перетин тіла);
- точні дані про дози, які отримує шкіра та внутрішні органи під час курсу лікування;
- дози, обчислені в довільних точках перетину, заданих користувачем;
- таблиці, в яких визначена послідовність курсу лікування хворого й описуються процедури, що його визначають, та порядок їх прийняття.

Через велику кількість однотипних даних та постійне їх поповнення основною концепцією організації даних у комплексі була обрана база даних (реляційна модель баз даних). Тому системою програмування була обрана система керування базами даних, а саме Visual FoxPro 3.0 фірми Microsoft. Visual FoxPro версії 3.0 являє собою RAD-систему з об'єктно-орієнтованою мовою програмування та значними можливостями роботи з базами даних.

Програма використовує у своїй роботі технологію OLE 2.X для обміну даними. Сама програма працює в ролі OLE-клієнта, а OLE-сервером у програмному комплексі виступає графічний пакет PhotoFinish 3.0 від фірми Z-Soft. Вибір саме його можна пояснити такими його перевагами, як велика кількість різноманітних інструментів, різних типів трансформацій зображення (навіть велика кількість фільтрів та ефектів), підтримка великої кількості графічних форматів, простота у використанні, зручний інтерфейс користувача. Але найпривабливішими його рисами, які виділили саме його, були: малий об'єм інсталяційного пакета, підтримка технології OLE 2.X (версія 2.0 підтримувала лише OLE 1.0) та наявність всіх необхідних можливостей і простота їх використання. Певно, у цього пакета існують і деякі недоліки: відсутність багаторівневої технології, малі можливості відміни попередніх дій (лише у версії 2.0 та 3.0, у версії 4.0 ця можливість стала однією з найпотужніших) та відсутність підтримки кольорового простору СМҮК (яка завадила цьому пакету стати в один клас з професійними програмами обробки зображень, такими як PhotoShop, Picture Publisher, Painter). Але перераховані відсутні можливості пакета PhotoFinish ніяк не використовуються при виконанні тієї роботи, яка вимагається від нього в цьому програмному комплексі.

Програма має також і можливість виконувати функції обліку пацієнтів. У процесі роботи програма враховує і такий важливий параметр, як радіоактивний розпад джерела опромінення, перераховуючи кожного разу активність елемента.

#### Приклад методики побудови перетинів і розрахунку курсу опромінення

На основі схематичного малюнка одного або декількох перетинів тіла з вказаним на ньому місцем розташування патологічної зони променевої терапії спільно з фізиком складають план опромінення, для чого визначають величину зони опромінення.

Оптимальний обсяг опромінення вибирають індивідуально для кожного хворого з обов'язковим врахуванням клінічних даних і фізико-технічних умов опромінення.

Далі необхідно вибрати найбільш раціональне розташування дозного поля, при якому доза буде оптимально розподілятися в зоні поразки і на шляхах регіонального лімфовідтоку, обходячи критичні органи. Після цього променевий терапевт і фізик-дозиметрист вибирають вид опромінення, засіб опромінення, розміри та форму полів опромінення, напрямки пучків променів, відзначають їх на топографо-анатомічному ескізі. Після нанесення полів опромінення через середину намічених полів проводять перпендикулярні лінії, що перетинаються в центрі пухлини (рис. 2). Після цього за напрямком центрального пучка променів накладають ізодозні лінійки, відповідні вибраним фізико-технічним умовам опромінення, і встановлюють процентну глибинну дозу в зоні з кожного поля опромінення по толерантності тканин в зоні його розташування.

В результаті отримується топографо-анатомічна карта доз, що характеризує просторовий розподіл енергії опромінення в даному біологічному об'ємі. При задовільному розподілі доз 100–80 % ізодози повинні включати весь об'єм патологічної зони. На область шляхів регіонального лімфовідтоку допускається 60–70 %, а життєво важливі анатомічні структури опромінюються мінімальними дозами, що не перевищують 50–30 % дози для патологічної зони. В наведеному прикладі статичного опромінення передбачувані поля опромінення намічалися за периметром поперечного перетину тіла. Площу опроміненого шкіряного покриву вибирають з розрахунку рівномірного опромінення патологічної зони. Різноманітні комбінації з 2–6 статичних полів дозволяють одержувати різноманітні розподіли доз. У випадках застосування рухомих варіантів опромінення розподіл доз одержують, звичайно, накладенням карт ізодоз однозонного опромінення, як це робиться при багатопольному статичному опроміненні. Багатозонне опромінення виконують в декількох напрямках. Вибір просторового розподілу дози залежить від задачі, яку вирішує променевий терапевт.

Успіх променевого лікування залежить від розподілу в часі загальної поглиненої дози, вибору величини одноразової дози, потужності дози, режиму чергування процедур, тимчасових інтервалів між ними, тривалості всього курсу опромінення. Значення перерахованих доз визначають у відповідності до стадії розвитку патологічного процесу, гістологічної будови пухлини, розташування поблизу пухлини життєво важливих органів.

Необхідно особливо відмітити, що програмний комплекс не замінює роботу лікаря по прийняттю рішень, він лише служить для автоматизації роботи лікарів і повинен бути інтелектуальним інструментом в їхніх руках. Природно, що результати використання цієї програми у великій мірі залежать від фахівця, що її застосовує.

Переваги при використанні програмного комплексу можна охарактеризувати основними вимогами до нього:

- автоматизація праці робітників відділу променевої терапії (інженера-радіолога та інженера-дозиметриста);
- підвищення ефективності роботи обладнання та медичного персоналу;
- зменшення рутинності праці інженерів;
- створення можливості пошуку найкращого способу лікування, замість прийняття простішого і, як правило, не завжди кращого;
- складна за змістом робота з розрахунку курсу лікування може бути спрощена за допомогою створеного комплексу;
- забезпечення набагато вищої точності розрахунків;
- зменшення можливості помилки при обрахунках, тобто зменшення фактора людської ненадійності;
- підвищення інформативності та якості звіту про курс лікування для медичного персоналу, що обслуговує процедури;
- можливість візуального контролю над розробленим лікуванням за допомогою математичного моделювання;
- для лікаря поява можливості динамічно змінити курс призначеного лікування в залежності від отриманих результатів;
- нескладна корекція зроблених помилок при виборі лікарем курсу;
- створення умов для інтелектуальної творчості та можливостей для творчого пошуку нового в лікуванні.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Комбинированное и комплексное лечение больных со злокачественными опухолями. Руководство для врачей / Под ред. В.И. Чисова. – М.: Медицина, 1989. – 560 с.
2. Милько В.И., Лазарь А.Ф., Назимюк Н.Ф. Медицинская радиология. – К.: Вища школа, 1980. – 280 с.
3. Ратнер Т.Г., Фадеева М.А. Техническое и дозиметрическое обеспечение дистанционной гамма-терапии. – М.: Медицина, 1982. – 176 с.
4. Вайнберг М.Ш., Сулькин А.Г. Эксплуатация гамма-терапевтических аппаратов. – М.: Медицина, 1981. – 104 с.
5. Васильева Э.Ю., Галина Л.С., Кодюков В.М., Сулькин А.Г. Атлас дозных распределений. Статическое облучение. – М.: Атомиздат, 1975. – 190 с.

КОЛОДНИЦЬКИЙ Микола Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри ПЗОТ, докторант Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– математичне моделювання технічних систем, комп'ютерні інформаційні технології.

КУЛАГА Артем Ігорович – випускник ФІКТу Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– програмні продукти обробки сигналів;  
– медична електроніка.

КУПКІН Євген Савелійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри АУТС Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– апаратні та програмні прилади обробки сигналів;  
– медична електроніка.