

# אורח המלחמה הרדיולוגית

## הרדיואקטיביות בתקופה שלפני הפצצה האטומית

הכימאי הצרפתי בקרל היה הראשון (1896) לגילוי תופעת הרדיואקטיביות. הוא הניח כמות מסוימת של מלחי-אורניום בקרבת לוח-צילום עטוף נייר בלתי חדיר לאור. לאחר הורדת העטיפה גילה שהלוח הושחר כאילו הוצג לאור. מכאן הסיק שהמינרלים של האורניום הקרינו סוג קרינה המסוגל לחדור בעד החשכה ועטיפת הנייר. בנסותו מינרלים שונים מצא שרק אלה המכילים אורניום הם בעלי תכונה מוזרה זו. יתר על כן, נראה היה שכמות הקרינה הנה פרופורציונלית לכמות האורניום במינרל.

כעבור זמן לא רב לאחר מכן התגלה שהחומר הנקרא בשם 'זיור-הזפת' אף הוא בעל תכונות רדיואקטיביות והקרינה שלו עלתה על זו שאפשר היה לקוות לה לפי כמות האורניום שהוא מכיל. משפחת קירי הצליחה להפריד את המרכיב הרדיואקטיבי שבזיור-הזפת — וקראה לו בשם רדיום. אנשי המדע המשיכו להתקדם צעד אחר צעד בהרחבת הידיעות בתחום הרדיואקטיביות. רק נסיון אחד מן התקופה הקדומה של מחקר זה מענין במיוחד בגלל המסקנות הכרוכות בו ביחס לתועלת הצבאית הגלומה בחומרים רדיולוגיים מסוימים. בנסיון זה הוכנסה כמות רדיום קטנה לתיבת עופרת בעלת דפנות עבות; בדופן אחת נקדח חור. דפנות עופרת עצרו את הקרינה פרט למקום החור. בשיטה זאת אפשר היה לצמצם את הקרינה לאלומה צרה וישרה. בהשפעת שדה מגנטי התפרדה האלומה לשלוש אלומות קטנות יותר. אחת מהן המשיכה להתפשט בקו ישר, בלתי מושפעת ע"י הכוחות המגנטיים; דבר זה הוכיח את העדרם של מטענים חשמליים בתוכה. שתי האלומות האחרות הוטו שמאלה וימינה וע"י כך נתגלתה נוכחותם של מעטנים חיוביים באחת מהן ושלייליים — בשניה.

הוכח איפוא שהרדיום הוא מקור לקרינה המורכבת משלשה סוגים שונים. לשלושת סוגי הקרינה השונים ניתנו שמות הבחנה הלקוחים מהאותיות הראשונות של האלפא ביתה א, ב, ג, א, ב, ג, א. התברר שהקרנים שסומנות באות אלפא מורכבות מחלקיקים הנושאים מטען חיובי ואינם נבדלים

אחת התוצאות של התפוצצות אטומית היא שחרור חומרים רדיואקטיביים אשר קרניהם מסוגלות להרוג או לפצוע בני אדם הנמצאים באזור המטרה. אולם חומרים אלה הם בעיקר מוצרי-לוואי של הפצצה האטומית אשר כוח השמדתה הראשי הוא בהדף ובתופעות החום. למעשה — כפי שיתברר מהדיון שלפנינו — הפצצה האטומית מהנה אמצעי שאינו ניתן לפיקוח ואף בלתי יעיל ביותר בתורת נשק המשתמש בחומרים רדיואקטיביים למטרות צבאיות.

לאנשי מדע ידוע זה מכבר שחומרים מסוימים פולטים קרניים הפועלות באופן ימית על תאים חיים. הם גם חקרו את הבעיות הקשורות בשימוש בחומרים אלה כנשק צבאי. הידיעות שרכשנו עם פיתוח הפצצה האטומית הוסיפו תנופה למחקרים אלה. כיום התקדמנו במידה כזאת עד כי מונח חדש — מלחמה רדיולוגית (מ.ר.) — הוכנס למלון הצבאי. מ.ר. מטפלת באספקטים הצבאיים של חומרים רדיואקטיביים המיוצרים והמועברים אל המטרות שלא באמצעות הדטונציה של הפצצה האטומית.

במקרה של מלחמה בעתיד יתכן ונהיה מוכנים להשתמש במ.ר. נגד אויב. ולהיפך, קיימת האפשרות שהאויב ישתמש בה נגדנו. חשיבות רבה נודעת איפוא לכך, שקציני הצבא ירכשו ידיעה מסוימת מה מסוגלת מ.ר. לעשות ודבר החשוב אולי עוד יותר — מה אין ביכולתה לעשות. כי הפחד ההמוני שהמ.ר. עלולה להטיל בקרב אנשים הבורים לגבי סגולותיה יתכן כי הוא נמנה על סכנותיה החמורות. מאידך, המבינים בדבר ידעו בלי ספק שקל להבחין במלחמה הרדיולוגית בעזרת מכשירים פשוטים, שרק בתנאים מיוחדים היא מסוגלת להרוג או לפצוע ושאין כל קושי להתגונן כנגדה. במלה אחת, הם יראו אותה כראות כל סכנת-מלחמה שיש להשלים עמה.

אנו מדגישים את העובדה שכזאת תהיה העמדה של אלה המתמצאים במלחמה רדיו-לוגית. מתפקידה של הרשימה המובאת להלן היא לעזור בהתמצאות זו.

\* מתוך החוב' "לקצין", המיועדת למ"פ ומעלה בצבא אה"ב.

להשתמש ברדיואקטיביות לצרכים צבאיים עידוד. וזאת בגלל בעיות מעשיות, שעד 1942 לא נראתה כל תקווה לפתרון. כתוצאה מהתכנית רחבת המימדים שהוליכה לייצור פצצות אטומיות הושגו ידיעות חדשות ותהליכים חדשים הנוגעים לרדיואקטיביות. אמנם, נראה כי לא התגברו עדיין על כל המכשולים המעשיים, אולם המלחמה הרדיואולוגית, שהיתה פעם אך נושא חביב לכותבי רומנים מדעיים, עברה מהר לתחום המציאות.

### הגדרת המלחמה הרדיואולוגית

תופעות רדיואולוגיות מלוות הן את תהליך הינצרה של הפצצה האטומית והן את פיצוצה. למרות זאת אין הפצצה האטומית נכללת בהכרח במושג המלחמה הרדיואולוגית. בשם מלחמה רדיואולוגית מבינים בדרך כלל את ניגופו של שטח המטרה בחומרים רדיואקטיביים באמצעים אחרים מאשר התפוצצות אטומית. לשם נוחיות הדיון נסמן את המלחמה הרדיואולוגית ע"י הקיצור מ.ר.; החומרים המנגפים יקראו בשם, נושאי המלחמה הרדיואולוגית ונסמנם ע"י נ.מ.ר.

### הייצור של נ.מ.ר.

שיטה אחת ליצירת חומרים רדיואקטיביים בכמות ניכרת היא בפיצוץ פצצה אטומית. התפוצצות כזאת משחררת רסיסים ושאריות של אטומי אורניום ופלורונונים היוצרים למעלה ממאה חומרים רדיואקטיביים שונים. אחדים מהם רדיואקטיביים במידה רבה, אחרים באופן חלש; חלקם מקרינים זמן רב, בעוד שאצל אחרים יורד כושר-הקרינה תוך שניות ספורות ואף תוך זמנים קצרים יותר. ההדף שלאחר ההתפוצצות מפזר את החומרים האלה על פני שטח גדול ועל ידי העלתם לשכבות העליונות של האטמוספירה הופכם לבלתי מזיקים (יוצא מכלל זה הוא פיצוץ אטומי מתחת לפני המים, או מתחת לפני הקרקע, בהם נלכדים החומרים הרדיואקטיביים); יוצא איפוא, שהחומרים הרדיואקטיביים הנוצרים בשעת התפוצצות אטומית באויר, על אף ריבויים, מתבזזים במידה רבה מבחינה צבאית.

מקור שני לחומרים רדיואקטיביים (בכמויות המספיקות לשימוש צבאי) מהוה הסוללה האטומית או הריאקטורים המיצרים פלוטוניום לשימוש בפצצה האטומית. ריאקטורים אלה מסוגלים ליצור חומרים רדיואקטיביים בכמויות העולות פי מיליונים רבים על תפוקתם של הציקלוטרוניום.

במאומה מגרעיני ההליום, קרני הפתא נתגלו כמורכבות מאלקטרונים הטעונים, כידוע, מטען שלילי. רק ביחס לקרני גמא אפשר היה להוכיח שהם קרנים אלקטרו-מגנטיות כדוגמת האור הנראה ואינן מורכבות מחלקיקים; ברם, אורך הגל שלהם, שהוא קצר מאד, מקנה להן אנרגיה גבוהה ואתה גם כושר חדירה גדול מזה של האור הרגיל.

אנשי המדע הגיעו למסקנה שרדיואקטיביות טבעית מופיעה רק בחומרים בודדים כמו אורניום, רדיום וטוריום. יחד עם זה שמו לב לכך שחומרים אחרים עלולים להעשות רדיואקטיביים בעקבות הפצצת האטומים שלהן ע"י חלקיקים כדוגמת האלפא והביטא של הרדיום. לדוגמא יכול לשמש אטום הפחמן, אשר בהשפעת ההפצצה בחלקיקים כאלה עלול לקלוט כמה מהם וע"י כך ליהפך לאטום בלתי יציב, המפיץ קרינה הדומה לזו של הרדיום. אטומים, היציבים בתנאים רגילים, ושהפכו רדיואקטיביים באופן מלאכותי נקראים בשם רדיואיזוטופים. מספר הרדיואיזוטופים שנוצרו עד כה מגיע למאות אחדות.

מיד לאחר גלוי תופעת הרדיואקטיביות על ידי בקרל התברר מה רב הכוח המזיק לתא החי הגלום בקרינה הרדיואקטיבית. דבר זה הביא בהכרח למחשבות ביחס לשימושים צבאיים אפשריים ברדיואקטיביות. מכשולים מסוימים הופיעו מיד, ובמשך שנים רבות היתה בעית השימוש הצבאי ברדיואקטיביות עיונית יותר ממעשית.

רדיום ויסודות רדיואקטיביים אחרים הם נדירים עד מאוד ולכן גם יקרים מאוד. עד שנת 1945, לדוגמה, הגיע היצור העולמי הכולל של רדיום לפחות מ<sup>10</sup> ליטראות, והמחיר היה למעלה מ-7 מיליון דולר לליטרה. פיתוח הרדיואקטיביות המלאכותית שינה אך מעט את האפשרויות הצבאיות. הציקלוטרוניום ומכשירים מסובכים אחרים אשר בעזרתם אפשר ליצור רדיואיזוטופים הם בעלי תפוקה מצומצמת ביותר, ומעריכים את היצור הכולל של כל המכונות האלה כבלתי מספיק אפילו לפעולה צבאית מצומצמת אחת.

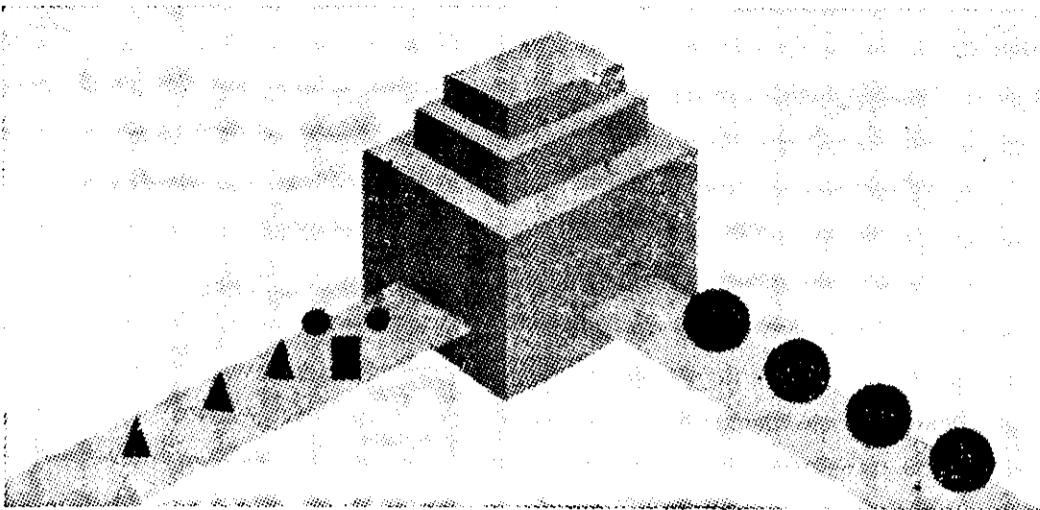
עוד לפני תגליתו של בקרל עוררו ההשפעות המזיקות של קרני X על תאים-חיים התענינות באפשרויות הצבאיות שבהן. הקשיים היו ברורים; מכשירים היוצרים קרני X, מחוץ לעובדה שהם מורכבים וכבדים (ומוגבלים משום כך למעבדה), אין באפשרותם ליצור קרניים בעלי טוח העלול להיות בעל תועלת צבאית.

במשך כיוכל שנים לא קיבל, איפוא, הרעיון

# ייצור חומרים רדיואקטיביים

## יתרונות

נ.מ.ר. מופקים מבלי להקטין את תפוקת הפלוטוניום ע"י הריאקטור, הדרושה לייצור פצצות-האטום.



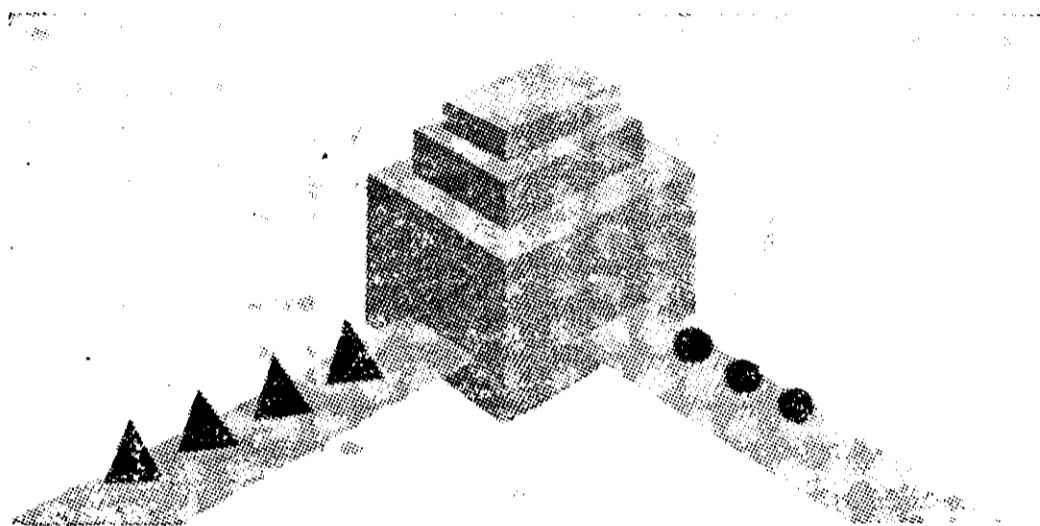
## חסרונות

נ.מ.ר. הם מעורבים ויש להפרידם הפרידה כימית, הכרוכה בהוצאות גדולות מאד.

## ביקוע בסוללה-אטומית

## יתרונות

מייצר רדיואיזוטור פיס של יסודות נבחרים, מתאימים במיוחד לצרכים צבאיים.



## חסרונות

מסיח חלק מקבולת הייצור של הריאקטור, המייצר פלוטוניום לניסויים למען פצצות האטום.

## הקרנה בסוללה-אטומית

קיימות שתי שיטות שונות לשימוש בריאקטור אטומי לייצור נ.מ.ר. בשיטה הראשונה מהוים נ.מ.ר. תוצרת-לואי או שאריות של תהליכי ייצור הפלוטורניום. בשיטה השנייה משתמשים בריאקטור להפיכת אלמנטים נבחרים (יציבים בדרך כלל) לחומרים רדיואקטיביים מלאכותיים. נ.מ.ר. עשויים בשיטה הראשונה נקראים בשם מוצרי הביקוע; אלה העשויים בשיטה השנייה הם מוצרי הקרנה.

פלוטוניום. אטומי האורניום הנבקעים נהפכים לרדיואיזוטופים של יסודות שונים לגמרי. הרדיואיזוטופים עלולים להיות רבים ומסוגים שונים בגלל העובדה שאטום אורניום עלול להבקע באופנים שונים.

מוצרי ביקוע אלה מהוים נ.מ.ר. פוטנציאליים. אולם יש צורך להפריד אותם מחומרים אחרים הנמצאים בסוללה, כגון אורניום ופלוטוניום שלא מנוצל בתהליך. דבר זה כרוך בתהליך כימי יקר שהנו אחת המגבלות שבשימוש בחומרי הביקוע למטרות הנ"ל. אולם יש גם לציין יתרון חשוב: את מוצרי הביקוע מקבלים מבלי להוריד את תפוקת הפלוטוניום של הריאקטור.

## מוצרי ביקוע

פלוטוניום, המוצר הראשון במעלה של הריאקטור האטומי ומרכיב חיוני של הפצצה האטומית, נוצר ע"י תהליך שרשרת; הניוטרונים בהתנגשם באטומי האורניום גורמים להתבקעותם של הראשונים וליצירת ניוטרונים חדשים. למעשה משתחררים ניוטרונים במספר העולה על הדרוש לקיום תהליך השרשרת, ובחלקם נקלטים הניוטרונים ה"מיותרים" ע"י אטומי אורניום שאינם נבקעים. אטומים אלה נהפכים על ידי כך לאטומי היסוד החדש הנוצר באופן סינטטי —

## מוצרי הקרנה

השיטה השנייה לשימוש בריאקטור אטומי ליצירת חומרים הדרושים לנ.מ.ר. מבוססת על תהליך הקרנה המופעל על יסודות שאינם רדיואקטיביים בטבעם. היסודות הנבחרים למטרה זו מוכנסים לסוללה האטומית ושם הם מפוצצים ע"י מספר רב מאוד

של ניוטרונים מהירים. בדרך זו נהפכים היסודות הנבחרים לרדיואיזוטופים מסוגים שונים.

בשיטת ההקרנה אפשר ליצור נ.מ.ר. בעלי תכונות המתאימות ביותר לצרכים צבאיים מיוחדים. על תכונות אלה נעמוד להלן. אך יתרון זה עומד בסתירה, במידה מסויימת, עם צד אחר של שיקולי בטחון — עם הייצור של פלוטוניום עבור הפצצות האטומיות. הניוטרונים בהם משתמשים להקרנה נלקחים על חשבון אלה הדרושים לייצור הפלוטוניום. פתרון לבעיה זו אפשר היה להשיג להלכה ע"י בנית סוללות נוספות שתהינה מוקדשות אך ורק לייצור נ.מ.ר. אולם בניתן של סוללות אטומיות היא דבר יקר. יתר על כן, מספר הסוללות הנמצאות בפעולה תלוי באספקת האורניום הגלמי המשמש „דלק” לסוללה. על מנת ליצור נ.מ.ר. ללא הקטנת התפוקה של הפלוטוניום יש צורך לא רק בסוללות נוספות כי אם גם בעפרות אורניום בכמות מספיקה.

#### תכונות הנ.מ.ר.

שלושה גורמים עיקריים קובעים את בחירתם של החומרים הרדיואקטיביים המשמשים בנ.מ.ר. ואלה הם: (1) משך הזמן בו יתמידו להקרין, לפני התפרקותם ליסודות יציבים. (2) פעילותם, הנמדדת בעצמת הקרינה לשניה, התלויה בגורם הראשון. (3) כושר ההשמדה שלהם, התלוי בסוג הקרינה ובאנרגיה שלה. 1. משך הקרינה. על כל החומרים הרדיואקטיביים עובר תהליך של הקטנת כמות הקרינה שלהם. תהליך זה מתקיים בכל חומר רדיואקטיבי בקצב המיוחד לו. את הקצב הזה מציינים על ידי זמן „מחצית הערך”, שהוא הזמן הדרוש לכך שעצמת הקרינה הרדיואקטיבית של החומר תרד למחצית ערכה ההתחלתי. זמן „מחצית הערך” של הרדיום הוא, לדוגמה, 1590 שנה; ז.א. שכמות מסוימת של רדיום תהיה, כעבור 1590 שנה, רדיואקטיבית במידה השווה למחצית ערך הרדיואקטיביות שלה הנוכחית. כעבור 1590 שנה לאחר מכן תוסיף מידת הרדיואקטיביות של אותה כמות רדיום לקטון בחצי, כך שערכה אז יגיע לרבע מערכה הנוכחי.

מכאן, איפוא, בתיאוריה, אין הרדיואקטיביות יורדת לעולם לאפס, אם גם ביכולתה לרדת עד כדי מימדים כה זעירים עד שלא תהיה קיימת אפשרות לגלותה אפילו ע"י מדידות רגישות. את המושג של זמן „מחצית הערך” אפשר להדגים ע"י הדוגמה של בקבוק מלא מים שממנו שופכים כל שעה את מחצית הכמות המוכלת בו. לאחר השעה הראשונה הבקבוק

מלא עד מחציתו, לאחר שעתים עד רבעו, לאחר שלוש שעות עד השמינית שלו. לאחר מאה שעות ירדו המים עד כדי חלקיק קטן מהחלק הבליוני של הכמות המקורית — אולם באופן תיאורתי עדין ימצאו בבקבוק מים בכמות מסוימת.

בתהליך ההתפרקות הרדיואקטיבית המספר הכולל של האטומים ביסוד המקורי אינו משתנה. לעומת זאת משתנים האטומים לסוגי אטומים שונים עד שהם הופכים לאטומים יציבים או בלתי קורנים. לעתים יהא הדבר כרוך בשורה של הפיכות. במקרה הרדיוס, למשל, האטומים נהפכים תחילה לרדון (גז) ולאחר מכן לפולוניום, ודרך סדרה של טרנספורמציות הופכים לבסוף לאטומים של עופרת — חומר בלתי קורן. מספר חומרים רדיואקטיביים, מאידך, נעשה יציב לאחר טרנספורמציה אחת כזאת בלבד, מיסוד אחד למשנהו.

ההבדל בין הערכים בעלי „מחצית הערך” הגדול ביותר לבין בעלי „מחצית הערך” הקצר ביותר הוא כה גדול עד כי שכלנו יתקשה להשיג את כל משמעותו. זמן „מחצית הערך” של אורניום 235 הוא 4½ ביליון שנה; בעוד ש„מחצית הערך” עבור איזוטופים מסוימים של פולוניום הוא פחות מאחד-חלקי מיליון של שניה אחת. לכל ערך ביניים שבין ערכים קיצוניים אלה, אפשר למצוא חומרים רדיואקטיביים בעלי זמן-מחצית-הערך השווה לו בקרוב. למטרות המ.ר., כפי שנראה להלן, רצויים ביותר חומרים בעלי זמן-מחצית-הערך הקצר בהרבה מזה של האורניום, אך ארוך בהרבה מזה של הפולוניום.

2. פעילות. פעילות החומר — מספר הקרינות המופצות בזמן נתון — תלויה במישרין בזמן „מחצית הערך”. היא משתנה באופן הפוך לערך זה — כל כמה שזמן מחצית הערך קטן יותר, עולה מהירות הקרינה.

3. כושר ההשמדה. תכונה זו מתיחסת לכך שר החדירה של הקרינה הרדיואקטיבית לתוך התא החי ולכושרה להשמידו. תכונות אלה תלויות בסוג הקרינה המופצת ובאנרגיה או בכוח של קרינה זו. שלושת סוגי הקרינה (אלפא, בתא, גמא) הם בעלי כושר השמדה שונה בטוח שלהם, ועובדה זו היא בעלת חשיבות ראשונית בקביעת החומרים המתאימים ביותר לשימוש כנ.מ.ר.

חלקיקי אלפא הם בעלי טנח קצר ביותר — אינציים אחדים בלבד. העור האנושי ואף דף ניר בודד עוצר אותם לחלוטין. יוצא, איפוא, שחלקיקי אלפא הם מסוכנים לאדם רק אם החומר המפיץ קרינה חדר

לתוך גופו ע"י הנשימה או דרך פתח כלשהו בעורו; משחדרו לגופו של האדם הרי שחלקיקי אלפא נעשים משמידי תאים יעילים ביותר בטוח שלהם.

חלקיקי בתא יש להם טנח המגיע לכמה רגל, וביכולתם לחדור דרך שכבות אחדות של עור האדם. מפיצי בתא יכולים, איפוא, לגרום לכויות בעור אם יפגע בהם, אולם קרינתם נעצרת ע"י בגדים מגינים ובאמצעות מסכות גז. אם מפיצי בתא חודרים לתוך הגוף הרי הם בעלי כושר השמדה בדומה לחלקיקי אלפא, על אף העובדה שכושר ההשמדה של החלקיק הבודד של בתא קטן מזה של החלקיק הבודד אלפא.

קרני גמא הן בעלי טנח ארוך למדי ובו בזמן הן גם בעלות כושר חדירה העולה בהרבה על זה של חלקיקי אלפא ובתא. הם יכולים בקלות לחדור דרך הבגדים ודרך מגינים דקים. ישנם קרני גמא בעלות אנרגיה גבוהה במיוחד. כאלה הן קרני גמא המוקרנות עם פיצוץ הפצצה האטומית, המסוגלות לחדור דרך שכבות בטון ופלדה בעובי המגיע עד כדי מספר רגלים.

בטנחים המתאימים להם יש לקרני אלפא ובתא כושר השמדה העולה על זה של קרני גמא. אולם למטרות המ.ר. שקול כושר החדירה הרב יותר של קרני גמא לעומת ההפסד הנובע ממיעוט מהירות ההשמדה ליחידת-דרך שהקרון עוברם. למעשה קיימת הדעה למשל, שרק חומרים מפיצי קרני גמא באים בחשבון בתור נ.מ.ר. וכמה סיבות לכך: אין צורך, שמפיצי קרני גמא יחדרו אל תוך הגוף כדי להיות יעילים. לבוש, העבה למדי לעצור את הקרינה הזאת, מונע כבר כל אפרות תנועה מלובשו. בגלל הטוח הרב יותר של קרני גמא באויר החפשי אורבת הסכנה מכל צד, ולו גם ימצאו האנשים במרחק ניכר מעצמים ניגפים במיוחד שבאיזור. סכנות אלו אינן רציניות כל-כך, או שאינן קיימות כלל, אילו ניגפו אותם השטחים ע"י קרני אלפא וביתא.

כל שלושת סוגי הקרינה הם בעלי השפעה מזיקה או משמידה דומה על חיי התא. כיצד נעשית פעולת ההריסה אין אנו מכירים עדין. הדבר הידוע הוא שהקרינה גורמת ליוניזציה של האטומים שבמבנה התא. היוניזציה היא תופעה של התחלקות האטום לחלקיקים הטעונים חשמל, הגורמים נזק רציני לחיי התא או להשמדתו השלמה. ההשפעה על כל האורגניזם דומה בהרבה להרעלה חימית. הקרינה גורמת לבן-האדם שנפגע בה לדרגות תחלואה שונות, בהתאם להיקף היוניזציה. כאשר מספר התאים הנזוקים

עולה על אחוז מסוים ממספר התאים הכללי של האדם, מביא הדבר למותו של האיש.

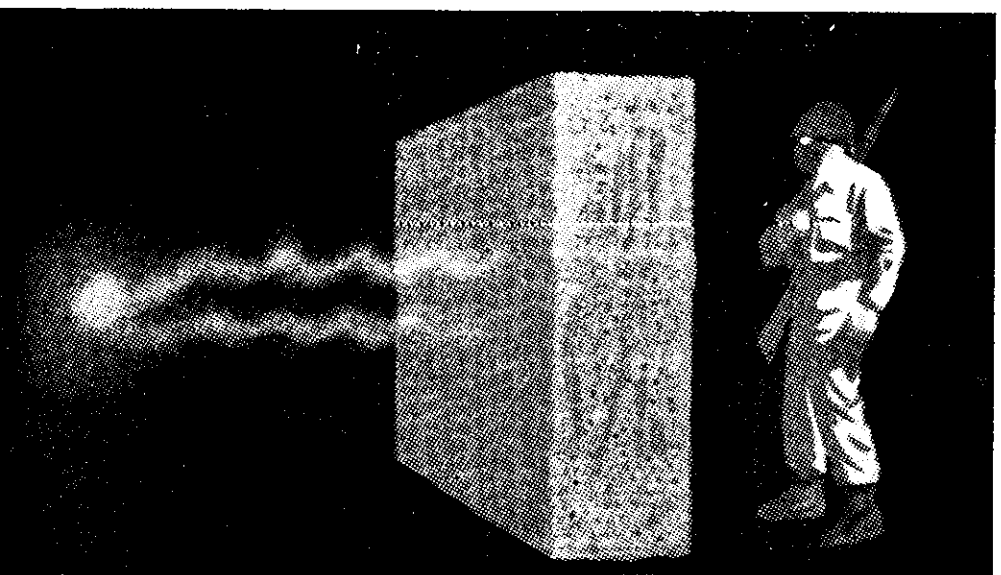
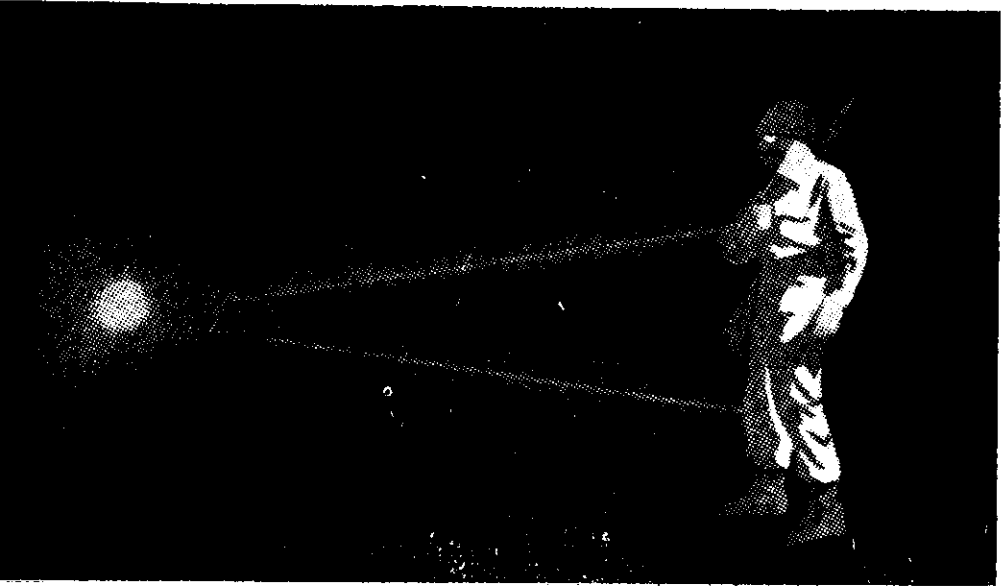
כמות הקרינה מבוטאת כרגיל ביחידות הנקראות רנטגן (roentgen) (בקיצור: ר' או "R") ידיעות לא מעטות נרכשו על כמות הקרינה הנסבלת ע"י האדם ללא נזק מתמיד וכן על הכמות הגורמת למחלה או למות.

כושר-ההתנגדות האישי לקרינה אינו קבוע. אנשים מסוימים מסוגלים לקלוט קרנים יותר מאחרים ומידת ההתנגדות של האדם איננה קבועה. לכן יש להתיחס להערכות על הכמויות הבלתי מזיקות וה"ממיתות" כאל ממוצע כללי. בדרך כלל סבורים שכמות שבין 600 ל-800 רנטגן (800—600 ר') הנקלטת תוך תקופת זמן קצרה מהווה מנה ממיתה בכל התנאים. אם מספר מסוים של אנשים יקלוט 450 ר' תוך זמן קצר מובטח שכמחציתם ימותו, אם לא יקבלו כל עזרה רפואית. מתן כמות של 200 ר' במרוכז לאותם האנשים יביא לתחלואת מחציתם, ומניחים שבתנאים אלה לא יעלה מספר מקרי המות על אחוז קטן.

יש לזכור שה-800—600 ר' הם באמת פטליים רק אם נתקבלו תוך פרק זמן של כשעה אחת. יש הבדל רב בין היעילות של מנה הניתנת תוך זמן ממושך לבין זו הניתנת בקצב מהיר. בן אדם הקולט ר' אחד ליום במשך 600 ימים מקבל בס"ה 600 ר' ובכל זאת אין ההשפעה ממיתה — במשך 600 ימים תוקטן השפעת הקרינה ע"י פעולת הכוחות המחדשים המרפיעים בגוף. רופאים מעריכים ש-ר' אחד ליום אינו מביא אסון אלא אם כן נצטברו מספר אלפי ר' בגוף. אך כל כמה שהמנה היומית גדלה כן פוחתים סיכויי הכוחות המחדשים שבגוף להתגבר על הנזק הבא בעקבות הקרינה.

הסימפטומים של פצעי הקרינה, שלא כדוגמת אלה המלוים את הכויות והפצעים הרגילים, מתגלים באטיות. אפילו אדם שקלט מנת קרינה ממיתה אינו מת (ואף לא נעשה חולה) מיד. היילים יפניים רבים שנוכחו בהירושימה בשעת הפיצוץ האטומי וקלטו שם מנות קרינה ממיתות עברו למחרת למרחק 20 מיל בר-גל כשהם נושאים תרמילי גז מלאים, ללא תקלה כבר יכול. רק מספר ימים לאחר מכן התגלו אצלם סימני חולשה, בחילה. תוך 6 שבועות מתו כולם. מן הראוי לציין שחיילים אלה לא קיבלו טיפול מספיק. הסימפטום הראשון המופיע בבן-אדם לאחר קבלו מנה ממיתה, הם אותות בחילה המתגלעים כשעה לאחר ההקרנה. הבחילה נעלמת כעבור זמן קצר וכשלושה ימים על-ר

# הרריו־אקטיביות



למעלה: קרני־אלפא

נישאים ס"מ אחדים באויר. דף־נייר או שכבת־שדה יעצרום.

באמצע: קרנא־ביתא

נישאים עשרות־ס"מ באויר. לבוש־מגן יעצרום.

למטה: קרני־גמא

נוח־פעולתם ועצמת־חדירתם גדולה יותר. מחיצות כבדות יעצורן.

לים לעבור עד הופעת סימני מחלה חדשים. על מנת לגרום למות מידי דרושה כמות קרינה גדולה ביותר 'בודאי תדרש לשם כך מנה המגיעה למספר אלפי ר'. למעשה נתון כל אדם באופן מתמיד לכמויות קרינה קטנות מבלי שיסבול מכך. במשך תקופת חיינו אנו אוספים מנות שבין 10 ר' ל־15 ר'. רובה של מנה זו בא מהמרחב החיצוני בצורת קרניים קוסמיות (קרני גמא קצרות ואנרגיות ביותר). כמו כן אנו קולטים מנות זעירות ממקורות שונים כמו לוחות מאירים של שעונים ושל מכשירים אחרים, וע"י בדיקות רנטגן. מנה יומית בגודל 0.1 ר' יכולה להקלט במשך כל חיי האדם ללא כל נזק. כמות זו שימשה כמבחן בטחון עבור אנשים בשעת הניסויים האטומיים בביקני ובאניואטוק.

אלו הן העובדות העיקריות הקובעות בבחירת החומרים לשימוש כנ.מ.ר. הן מראות שהחומרים הריאדקטיביים מתאימים ביותר למ.ר. באם הם:

- (1) מפיצי קרני גמא,
- (2) בעלי זמן־מחצית־ערך שאינו קצר משבוע ימים ואינו ארוך מ־6 חדשים.
- (3) ניתן להטילם בריכוזים המספיקים למתן קרינה, כדי מנה יומית של 10 עד 100 ר' לכל אדם שבשטח המזוהם.

## בעיות הייצור והעברה למטרה

קל, באופן יחסי, לקבוע את התכונות הדרושות מאת נ.מ.ר.; מאידך — ייצור החומר והעברתו למטרה כרוכים בבעיות מורכבות. שיטת ההקרנה, המתוארת לעיל, מאפשרת ייצור נ.מ.ר. בעלי סגולות הרצויות למטרת הנ"ל. אולם תהליך זה מקטין את תפוקת הפלוטוניום הנחוצך עבור פצצות אטומיות. השיטה השנייה (ייצור נ.מ.ר. ממוצרי־הלואי של הסוללה האטומית) אינה משפיעה על תפוקת הפלוטוניום אבל היא כרוכה בתהליך יקר מאוד להפרדת מוצרי לואי מסוימים ממוצרים בלתי רצויים. יתר על כן, אף לאחר ההפרדה נ.מ.ר. ממקור זה אינם כה מתאימים כמו אלה העשויים לפי הזמנה בשיטת ההקרנה.

אחד הפתרונות המוצעים לבעיה זו הוא לדלוג על תהליך ההפרדה היקר ולהשתמש במוצרי הביקוע בנ.מ.ר. ללא הפרדת החומר המתאים ביותר מעל המתאימים פחות. לזכות הרעיון הזה עומדת העובדה שכבר עכשיו קיימים מחסנים של חומרים בלתי מופרדים אלה, שנחשבו עד כה כפסולת של ייצור הפלוטוניום.



מיכלים להשאת חמרים רדיואקטיביים.  
שיט לב לעובי דפנותיהם.

לעצור את הקרינה, מכיון שהחומר הרדיואקטיבי יהיה מורכב, כפי שיש להניח, ממפיצי גמא, בעלי כושר החדירה הרב, הרי שעובי ומשקל המגן הדרוש יהיו גדולים למדי. כל כמה ידרש מגן כבד יותר תעלה חשיבות הנפח הקטן של המפיץ גופו. משקל המגן ההכרחי ישתנה בהתאם לחומר הרדיואקטיבי בו משתמשים (לאחר עיון ממושך בבעיה זו הגיע מלומד אחד למסקנה לקונית שדי להפיל על ראשי האויב את המגינים בלבד במקום הנ.מ.ר.!), ההכרח במיכלי מגן יתמיד להיות, כנראה, גורם מגביל ל.מ.ר. גם בעתיד, אם כי מעינים עתה בפיתוח חמרים קלים לצורך זה.

בעיה אחרת הקשורה לבעיות הכסוי, המגן והע- ברה אל המטרה היא בעית החום. האנרגיה של החל- קיקים ושל קרני הגמא שבקרינה הרדיואקטיבית נה- פכות לחום ומעלה, ללא ספק, את חומו של המיכל. מיכל המחזיק בתוכו חומר רדיואקטיבי בכמות המס- פיקה להדביק שטח בגודל בינוני, עלול לפתח כמות חום השווה לזו המתקבלת מתנור ביתי ממוצע. ברור, כי יש לדאוג לסידור כלשהו אשר ימנע את התכתו של הנשק או המיכל.

### קשיים בהחסנת הנ.מ.ר.

את מרבית הציוד הצבאי אפשר להחסין במשך זמן בלתי מוגבל לקראת צורך כלשהו בעתיד. מכונת יריה, בהחסנה נכונה, תפעל כהוגן לאחר שנים רבות, על אף שבפרק זמן זה יתכן והיא תהפך למיושנת מבחינת מבניה. יתר על כן, כששמאחסנים 1000 מכר

פסולת אטומית זו היא תערובת של למעלה ממאה מוצרי-ביקוע שונים ואפשר להשתמש בה כנ.מ.ר. בלי טיפול נוסף, פרט לסילוק האורניום הבלתי משו- מש שבתוכה. הצעה זו המספקת פתרון לבעית הייצור משאירה ללא פתרון בעיות חיוניות אחרות.

תערובת מוצרי-הביקוע מכילה חומרים בעלי „זמן-מחצית-ערך“ ארוך מאוד וכן חומרים בעלי „זמן“ קצר מאוד. בשטח המודבק ע"י תערובת כזאת תהיה עצמת הקרינה הכוללת גבוהה מאוד בהתחלה, עקב מהירות הקרינה הגבוהה של החומרים בעלי „זמן-מחצית-ערך“ קצר, הנמצאים בתערובת. עם התפרקותם של חומרים אלה תרד עצמת הקרינה הכוללת מהר, וזאת מכיון, שרק חומרים הפעילים פחות, בעלי „זמן-מחצית-הערך“ הארוך יותר, ימשיכו להקרין. חלק מחומרים אלה יתמידו בפעולתם, המוקטנת אמנם, במשך שנים רבות ואף במשך מאות בשנים.

כמה גורמים, צבאיים, טכניים ופוליטיים, גורסים נגד השימוש בנ.מ.ר. המכילים חומרים בעלי אורך חיים רב כל כך. מבחינה טקטית ישלול דבר זה מאתנו את החופש להכנס לשטחים המודבקים או יהפוך כניסה כזו למסוכנת וקשה יתר על המידה. ע"י הפיכת חלקים מארץ האויב לבלתי ניתנים ליישוב במשך תקופה ארוכה, היו נוצרות גם בעיות קשות לאחר המלחמה. קושי אחר טמון בבעית העברת החור- מר למטרה. בכדי להשיג כמות מסוימת של רדיואק- טיביות יש להשתמש בחומר בנפח מסוים, הגדול יותר במקרה של תערובת חומרים בעלי פעילות שונה מאשר במקרה של חומר שנבחר במיוחד ואשר פעילותו גבוהה מאוד. אחד היתרונות של נשק הנ.מ.ר. היא בנפח הקטן שהוא תופש והשימוש בנפחים הגדולים למעלה מן הצורך פירושו ניצול בלתי שלם של יתרון זה.

צד אחר של בעית ההעברה למטרה מגדיל עוד יותר את חשיבותו של הנפח הקטן. והרי הוא ההכרח לבלום את קרינת החומר על מנת למנוע את פציעתם של האנשים המטפלים בו, מרגע הינצרו עד רגע הגיעו למטרה. מרבית כלי הנשק האחרים הם בטוחים באופן יחסי בטיפול, כל עוד נשמרים כמה כללי זהירות פשוטים. חומר הנפץ בפגז ארטילרי, לדוגמה, נשאר עומד בעינו כל עוד לא הורכב המרעום ולא בדרך. נ.מ.ר. לעומת זאת נמצא במצב פעיל מרגע הינצרו. יש, איפוא, להגן בכל עת על המטפלים בחומר זה בפני הקרינה. את החומר יש לארוז או לשים אותו מאחורי קירות העשויים חומרים היכולים

נות ירייה, הרי שעצמת האש הגלומה בתוכן עומדת לרשותנו בכל עת.

אין הדבר כך לגבי החומרים הרדיואקטיביים. מחסן נ.מ.ר. מתרוקן ללא הפסק. רק ע"י הוספת חומר נוסף לנפח ההתחלתי אפשר להחזיק את המחסן ברמה מסוימת. הקושי גדל בגלל העובדה שהחומרים המתאימים ביותר ל.מ.ר. (בעלי "זמן-חצית-ערך" קצר) מעמידים בעיות החסנה קשות במיוחד עקב הקצב המוחש בו מאבדים הם את רדיואקטיביותם.

גורם ההתפרקות מונע את החזקת מחסני נ.מ.ר. באופן יעיל לקראת צרכים עתידיים. אפילו בזמן מלחמה לא ייצרו, כנראה, כמויות גדולות של נ.מ.ר. לפני שיתכננו פעולות מ.ר. מסוימות. תאריך הפעולה והיקפה הם שיקבעו את גורם הייצור ואף הם עצמם יהיו תלויים בזמן הדרוש להכנת כמות מספיקה לשימוש של החומר הרצוי.

ההכרח להתאמת הייצור, האיחסון והשימוש הטקטי בנ.מ.ר. יראה באופן ברור יותר לאחר עיון בתלות ההדדית שבין גורמים אלה בבעיה הנחתית (היפוטטית) בתחום המ.ר.

### פעולה היפוטטית במסגרת מ.ר.

בהתחשב בסיבות טקטיות ואחרות תזדקק פעולה משוערת, לנ.מ.ר. ש"זמן-חצית-ערך" שלו הוא 30 יום. פעילות החומר היא כזאת שליטרה אחת המפורזת באופן אחיד על פני מיל מרובע תפיץ קרינה התחלתית בעצמת 50 ר' ליום. לנו דרושה הדבקה של שטח גדול ככל האפשר. כושר התפוקה היומית בייצור הנ.מ.ר. המסויים מגיע ל-10 ליטרות.

הבעיה: מהו השטח המכסימלי הניתן להדבקה וכמה זמן ידרש כדי ליצור את כמות החומר הדרושה? להלכה אפשר לצבור במחסן כמות השווה ל-430 ליטרות בקרוב כי מעל לזה יגיע שיעור הפירוק היומי לשיעור הייצור היומי של 10 ליטרות. נוסף על כך תעבורנה שנים רבות לפני השגת המכסימום התיאורטי של 430 ליטרות. אולם, אפשר לכנס 80 אחוז מכמות זו תוך 70 יום, ו-96 אחוז תוך 140 יום. (לנוחיות התיאור נניח שהמכסימום התיאורטי של 430 ליטרות נתן לצבירה תוך 140 יום).

ועל כן, כעבור 140 יום, יהיה ברשותנו חומר בכמות המספיקה לפיזור על פני 430 מיל, בשעור של ליטרה אחת למיל מרובע. אך בזאת עדין לא הגענו לפתרון סופי; יש לזכור שהקרינה ההתחלתית בעצמה של 50 ר' ליום תרד ל-25 ר' ליום, כעבור שלושים יום. אנשים הנמצאים בשטח במשך 30 יום

יקבלו מנה כללית של כ-1070 ר', בשעה שבתנאים אלה דרושים לפחות 1500 ר' כדי לגרום למות.

אם אנו רוצים במתן מנות המסתכמות ב-1500 ר' במשך 30 יום נזקק לריכוזים העולים על ליטרה למיל-מרובע. לא נוכל, איפוא, לתכנן את ההדבקה של 430 מיל מרובעים. בעזרת חישובים מתמטיים מוצאים, שבכדי להגיע למנה כוללת של 1500 ר' במשך יום, יש צורך בקרינה התחלתית, המגיעה עד כ-71 ר' ליום, והיורדת עד כדי 35 ר' כעבור 30 יום. בכדי להשיג מנה כזו יש להגדיל את הריכוז עד 1.4 ליטרות למיל מרובע.

התשובה הסופית לבעיתנו תהיה איפוא, שהשטח הגדול ביותר הניתן להדבקה ע"י מנה ממיתה הוא, במספרים מעוגלים, 310 מיל מרובעים (430 ליטרות חומר מחולקות ל-1.4 ליטרות למיל מרובע); ליצור החומר יש צורך ב-140 ימים, ולאחר התקופה הזאת ישתוו שעור הפרוק היומי לכושר הייצור היומי.

אחרי הפעולה המשוערת הזאת אפשר לצבור מחדש מחסן להדבקה שטח אחר או לשם חזירה והדבקה אותו השטח. אם אין חוזרים ומדביקים את אותו השטח ישררו בשטח המטרה (אם לא לוקחים בחשבון צעדים הגנתיים מצד האוכלוסיה המקומית) התנאים הבאים: במשך 30 הימים הראשונים יצבור כל אדם הנשאר בתחום המטרה מנה ממיתה של 1500 ר'. אלה שיכנסו לאזור הנגוע ביום ה-30 וישארו בו עד ליום ה-60 יצברו בגופם 750 ר', — שהנם מנה מסוכנת אבל לא ממיתה כשהיא מתקבלת תוך תקופה כה ארוכה. מהיום ה-60 ועד ליום ה-90 אחרי ההתקפה, יקלטו עוד 375 ר', ואצל אנשים שצברו כבר 750 ר' יופיעו סימני מחלת הקרינה. מנת 375 ר' מתקופת הימים האחרונים עלולה לגרום למחלה אצל אנשים מסוימים.

### המ.ר. כנשק הומני

אין לך צורת מלחמה שתהא הומנית במובן המלא של המלה. אולם ישנו מובן יחסי לפיו המ.ר. הוא בעל אפשרויות הומניות העולות על אלה של רוב סוגי הנשק האחרים של המלחמה החדשה. בפעולה המשוערת בה התבוננו זה עתה, היה נ.מ.ר. הנבחר בעל כוח ניכר ובכל זאת ראינו שהוא לא היה גורם למות מידי לאנשים בתחום המטרה. היה באפשרותם להימנע מצבירת מנות ממיתות ואף מזיקות ע"י עזיבת השטח תוך יום או תקופה דומה אחרת לאחר ההתקפה. המשתמש במ.ר. יכול להשיג מטרת צבאיות חיוניות, כגון פינוין של ערים, בסיסים



ושדות תעופה מן האויב ללא הריגת אנשים. אלמנט הומניות נוסף, ובעל חשיבות רבה ביחס לאחריות שישנה למנצח כלפי המנוצח, נובע מהעובד דה ש.מ.ר. מונע את השימוש בבנינים ובעצמים אחרים בשטח, המוגף רק זמנית, ואינו מחריבם או גורם להם נזקים. בגמר הקרבות לא תעמוד בפני האומה האויבת בעית שיקום ערים מפוצצות. עליהם יהיה לטהר את השטח המוגף — והזמן עצמו משתתף במידה מסוימת במילוי משימה זאת.

### הגנה נגד מ.ר.

עד כה בחנו את המ.ר. מנקודת ראות תוקפנית. עכשיו נעבור ונבחון אותה מנקודת הראות של הצד המותקף, על מנת להתבונן באספקטים מסוימים של ההגנה נגד התקפה רדיואקטיבית. בהתקפה מעין זו יהיה המאמץ ההגנתי העיקרי מופנה לגלוי הרדיואקטיביות, להתחקת אנשים ממקומות בהם ישנן כמויות רציניות של קרינה ובסילוק החומרים הרדיואקטיביים מהשטח המותקף.

גילוי הרדיואקטיביות. אין לגלות את הרדיואקטיביות באמצעות החושים הפיזיים שלנו. אין בשעה שהאדם נתקף ע"י מנה גדולה ביותר אין הוא רואה, שומע או מרגיש בהתקפה אשר באה עליו. בכל זאת ניתנת הרדיואקטיביות לגלוי בדרך חדשה למדי — אשר לולא היא היו נימוקי ההומניות המותקפים ביותר. מציאות הקרינה ניתנת לגלוי ע"י מכשירים בעלי מבנה פשוט. אפשר ליצר אותם במאות מספיקות לשימוש צבאי וגם למטרות ההתגוננות האזרחית.

עוסקים עתה בפיתוח מכשירי גילוי מטיפוסים שונים. כולם מבוססים על עקרונות פוטוגרפיים או זושמליים. שימוש נרחב ביותר משתמשים ב"תורן רגיש" הנישא ע"י טכנאים אשר לרגל עבודתם באים במגע קבוע עם חומרים רדיואקטיביים. התו הוא קטע סרט פוטוגרפי העטוף בפני חדירת קרני האור הרגיל אך הנותן לקרני גמא לחדור בקלות דרך המעטפת. לאחר פיתוח הסרט מגלה מידת ההשחרה שלו את כמות הקרינה שנקלטה ע"י העונד במשך זמן נתון. מכשירי גלוי חשמליים מסוגלים למדוד לא רק את כמות הקרינה הכוללת במשך זמן מסוים אלא גם את הקצב בה היא מתקיימת. שתי פעולות אלה ניתנות להשוותן לאלה של מדידה ומהירות שבמכור בית — הראשון מראה מה הדרך שעברה המכוננית במשך תנועתה הכוללת, בעוד שהשני מראה את מהירות המכוננית ברגע הנתון.

המנעות מרדיואקטיביות. בעזרת המכשירים הפשוטים שימצאו במספר רב לא יקשה על הצבא, באיזורי הקרב, ועל האזרחים — בחזית המולדת, להבחין בהתקפת מ.ר. ברוב המקרים הפעולה הקרובה המתבקשת תהיה עזיבת השטחים הנגועים במידה מסכנת.

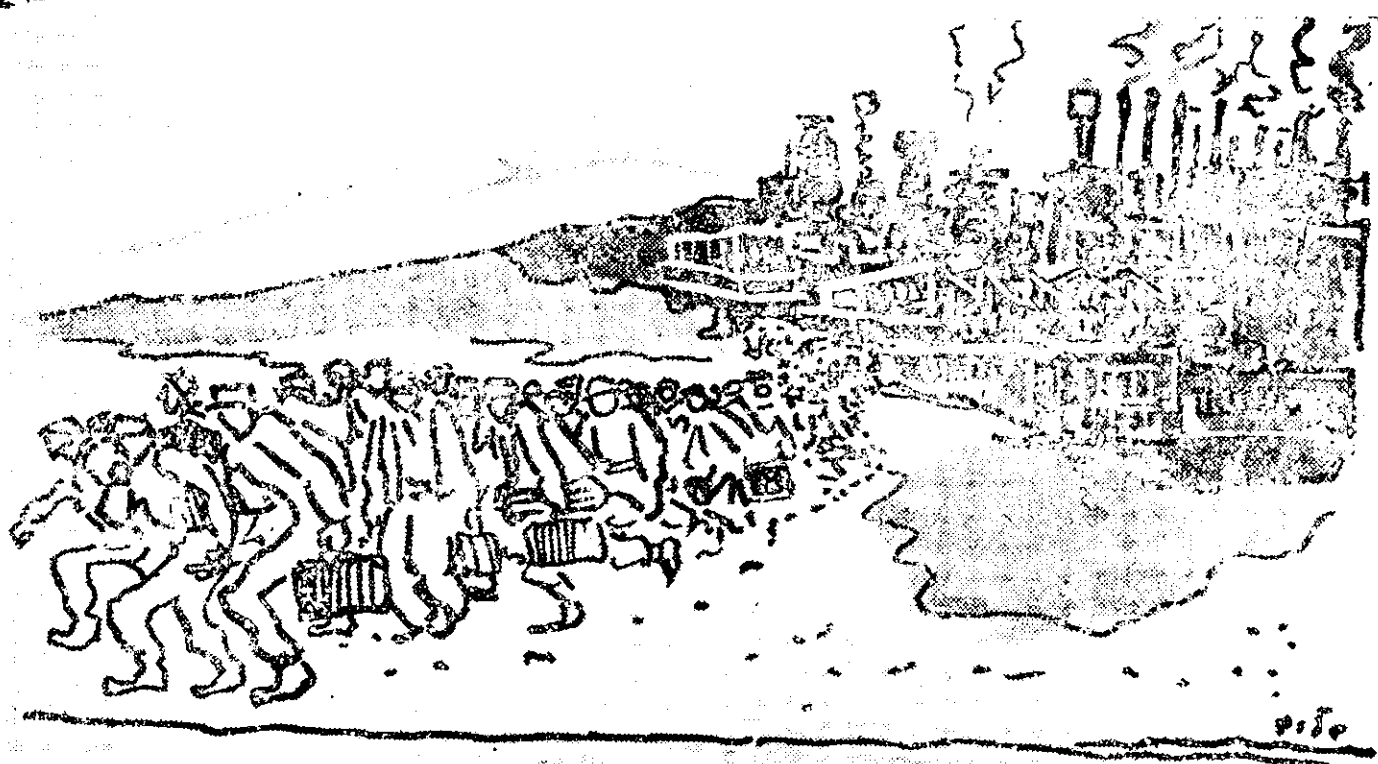
חשוב לזכור שיש פנאי להוציא לפועל תנועות אלה לפני תכניות מתואמות. כפי שהדגשנו הן גלות קצרה לקרני ה.מ.ר. אינה מביאה לתוצאות מזיקות. אין עליכן כל סיבה לחפזון מיותר או להיסטריה. כי הרי אלה ישפיעו רק להחרימם המצב. לדוגמה: יחידה מבוהלת שתמלט ללא תכנית וללא סיור מוקדם משטח מוגף אחד עלולה להכנס לשני המוגף במידה שאינה פחותה מן הראשון. הבעיה כיצד להתגבר על התקפת מ.ר. תהיה שונה ליחידות הצבא הנמצאות באיזורי החזית מן שתעמוד בפני יחידות צבא הנמצאות באיזורי העורף. ב"איזור התחבורה", לדוגמה, יש ליחידות הצבא יותר חופש תנועה, כי באיזור זה הן יכולות לנוע בקלות, יחסית, לצדדים, קדימה או אחורה, על מנת לעזוב את השטחים הנגועים. יחידות קרביות בקו החזית תהיינה מוגבלות יותר בתנועותיהן. במקרים רבים הן עלולות לגלות שהכיוון הטוב ביותר לתנועה הוא דוקא קדימה. קיים תקדים למהלך מחשבה זה. במלחמת העולם השנייה, שאפו יחידותינו הקרביות, לעינים קרובות, דוקא להתקדם דרך מסך האש האויבת על מנת להצמד אל האויב. הם למדו את הלקח הפשוט שהאויב הוכרח להפסיק את אש בשעה שיחידותינו הגיעו קרוב לקוי ההגנה של האויב או לתוכם ממש. בדומה לכך יוכלו חיילינו להיות בטוחים בכך שקרקע המוחזקת בידי האויב לא תהיה מזוהמת ע"י התקפת מ.ר. יזומה ע"י האויב.

תכנון מוקדם להגנה נגד מ.ר. יהיה חשוב עבור הצבא והאזרחים גם יחד. הגנה כזאת תכלול את הקמת מערכת האזהרה, עריכת תכניות פיננסי והדרכת חבר עובדים להשגחה בעניני הרדיואקטיביות. מערכת האזהרה ותכניות הפיננסי עבור הכוחות הצבאיים תהיינה שונות בהיקפן (ובדרך כלל, קלות יותר לביצוע) מאלה הערוכות עבור קהל אזרחי. תפקידי ההשגחה יהיו ביסודם שוים עבור שני הגופים. ארגון הבקורת המרכזי, בין אם הוא מטה ראשי של דיביזיה ובין אם הוא משרד ראש-העיר, יהיה אחראי עבור סימון הרדיואקטיביות בכל השטח הנגוע וכן יבטיח שאנשים, בכללם עובדי קבוצות-הצלה, לא יהיו נתונים למנות קרינה ממיתות או מסוכנות.

## שני השימושים האפשריים באורח-המלחמה הרדיולווגי



● אילוף חיילי האויב לפנות את אזורי-הקרבות המנוגוע



● אילוף פועלי האויב לפנות את אזורי-התעשייה המנוגוע

למעשה ע"י התגובה המופעלת בעזרת החומר המטהר. הרדיואקטיביות, לעומת זאת, אינה ניתנת לסתייה רה או להשמדה. חומר שנעשה פעם רדיואקטיבי אין יכולים לעשותו יציב בדרך כלשהי פרט להחזרתו לסוללה האטומית. שריפת החומר, הקפאתו, פעולת חומצות עליו אינם משנים את הרדיואקטיביות שלו. רק על תהליך הפירוק הטבעי אפשר לסמוך ביחס להתשת כושר פעילותו בעתיד.

טיהור שטחים מוגפים. טיהור מניגוף הוא מונח צבאי הנמצא בשימוש מאז מלחמת העולם הראשונה כשהתחילו במלחמת הגנ. כדי להשתמש בו נכונה ביחס לחומרים רדיואקטיביים יש להבין אל נכון את הבדלי המשמעות היסודיים. שטח הנגוע ע"י אמצעים כימיים ניתן לטיהור ע"י סתירת האמ"צעים האלה בעזרת חומרים כימיים אחרים. האלמנטים המרעילים שבגז או בנוזל המרעיל מושמדים

## שיקולים טקטיים ואיסטרטגיים אחדים

נראה שלמ.ר. תכונות העלולות להשפיע במידה ניכרת על המושגים הטקטיים והאיסטרטגיים הנוכחיים. הפלישה הגרמנית לכרתים במלחמת העולם השנייה תשמש לנו להדגמת דרך אחת בה יכול להשתמש מתגונן במ.ר.

במשך ימים מספר אחר התקפת כרתים ע"י צנחנים גרמניים וע"י יחידות מוטסות הגבילו המתגוננים הבריטים והיוונים את הגרמנים לשדה תעופה ראוי לשימוש אחד. אולם, במשך הזמן, הצליחו הפולשים להרחיב את כוחם במידה מספקת כדי לפרוץ מראש הגשר האוירי ולכבוש את כל האי.

בניח, כעת, שבנות הברית בכרתים היו מוכנים להשתמש במ.ר. ע"י ניגוף ראש הגשר האוירי הגרמני הם יכלו להכריח את האויב להוציא את חייליו שהיו נתונים לקרינה הרדיואקטיבית במשך תקופת זמן מסוכנת. בדרך זו היו מונעים מהאויב את האפשרות לאסוף כוחות הוא היה מוכרח לותר על התקפתו.

אפשרות טקטית אחרת טמונה ביכולת להשתמש במ.ר. בשעה שצבא מעונין לפרוץ דרך קוים חזקים של האויב. על ידי ניגוף עמדת אויב מסוימת אפשר להכריח את המתגוננים לסגת ממנה. המתקיפים יכריזו לים אז לנצל את הפריצה באופן מידי בעברם דרך השטח הנגוע במהירות גדולה כלכך שלא יגרם להם כל נזק מהרדיואקטיביות. מאותה סיבה אין יחידה מתגוננת יכולה לסמוך על מ.ר. להגנת חזית תה — הכוח המתקיף יכול לעבור דרך החגורה הרדיואקטיבית במהירות, ועל כן ללא התגלות מזיקה לקרינה.

במובן האסטרטגי אפשר לכוון את המ.ר. באופן יעיל נגד מרכזי הייצור והתחבורה של האויב. ללא החרבת בתי החרושת, מסילות הברזל ומקומות המגורים הסמוכים להם אפשר להכריח את האויב לפנות מרכזים אלה — בתוצאות הדומות לאלה שהושגו ע"י ההפצצות האיסטרטגיות של מלחמת העולם השנייה.

מבחינה טקטית ואיסטרטגית גם יחד תהיה המ.ר. כנראה, יעילה ביותר כשהיא משולבת בצורות אחרות של הפעולות הצבאיות הרגילות במלחמה החדיתשה. כדוגמת סוגי הנשק הנראים לנו כיום כ"מקובל לים", תתרום המ.ר. את חלקה למאמץ המלחמתי הכולל. היא לא תשלוט (אף לאחר התגברות על כל הקשיים הטכניים) על שדה הקרב ולא תהפוך את

פעולות הטיהור השונות דומות לאלה הקשורות בטיהור חומרים מרעילים, אולם תכליתן לאפשר את הרחקת החומר הרדיואקטיבי מהשטח. קיימות מספר דרכים לכך. אחת מהן היא לגרד את השטח העליון של העצם המוגף. בשיטה אחרת ממיסים את החומר המנגף בנוזל, אולי חומצה כלשהי, כך שאפשר יהיה לשטוף אותו בלי לפגוע בפני העצם הנגוע. המסת החומר המקרין אינה משנה את פעילותו אולם היא מקילה על הרחקתו מהשטח העליון. הנוזל, בו משתמשים בתהליך, נעשה בעצמו רדיואקטיבי ואם אוספים אותו במיכלים הוא עלול להקרין בעצמה העולה על זו בה הוא מקרין בשעה שהוא מפוזר בשכבה דקה על פני השטח.

שיטה שלישית לטיהור תלויה בכך אם אפשר לבקוט באמצעים מסוימים לפני שהשטח היה נתון להתקפה. אם בניח שניתנה אזהרה מוקדמת במידה מספיקה, הרי קיימת האפשרות לכסות את העצמים שבשטח המטרה ע"י שכבת עטיפה פלסטית. לאחר ההתקפה אפשר לקלף עטיפה זו ולהרחיקה מהשטח.

תותח האוביצר לדוגמה, יוכל להיות מוגן בשיטה זו. לאחר ההתקפה אפשר להוציא את התותח מהשטח המזוהם, לסלק את העטיפה הפלסטית ולהכין את התותח לפעולה מחדש. אפילו שכבת מים הנוצרת ע"י הרטבה קפדנית של העצם לפני ההתקפה ובזמן המשכה תצליח להשפיע במניעת הנ.מ.ר. מהצמדות באופן תמידי לפני השטח.

כאלטרנטיבה להרחקת החומר המנגף מפני השטח יכול לשמש כיסוי השטחים הנגועים ע"י משהו המשמש כמגן. כביש מזוהם, לדוגמה, אפשר לכסות בשכבת אדמה עבה. דבר זה יבודד את החומרים הרדיואקטיביים שעל פני הכביש ויאפשר לאנשים להשתמש בכבשי ללא סיכון מיותר.

כל השיטות האלה הן יקרות, דורשות עמל ואף אחת מהן אינה יעילה בכל התנאים. סוג הנ.מ.ר. שבשימוש וכן אופיה של המטרה, הם שיקבעו את שיטת הטיהור המתאימה ביותר בכל מקרה ומקרה. באם הנ.מ.ר. מועבר למטרה ע"י המתקיף בצורת אבק גם אז גלולות, יהיה הטיהור קל יותר מאשר שבמקרה של שימוש בנוזל. כמו כן קל יותר להרחיק את החומר משטחים קשים וחלקים מאשר משטחי בטון גסים או משטחים נקבוביים כדוגמת הלבנה או עץ חשיבות חיונית לחיפוש אחרי שיטות טובות יותר בלתי צבוע. בגלל הגורמים המשתנים האלה יש לטיהור.