

Electromagnetic Fields and the Life Environment Marha, Karel; Musil, Jan; Tuhá, Hana, San Francisco 197.1 (S.47ff)

Publiziert von diagnose:funk. Übersetzer: unbekannt. Erhalten am 16.08.2019 von Prof. Karl Hecht

Biologische Wirkung von elektromagnetischen Wellen und die zugrundeliegenden Mechanismen

4.4 Mechanismus der Wirkung

Es gibt keine gemeinsame Erklärung für die verschiedenen Wirkungsmechanismen der elektromagnetischen Wellen. Der Grund dafür liegt darin, dass es eine ganze Reihe voneinander unabhängiger primärer Mechanismen geben könnte, von denen mehrere bei einer bestimmten Kombination der entsprechenden Feldeigenschaften gleichzeitig wirken könnten. Die Komplexität der daraus folgenden Wirkungen von elektromagnetischen Feldern auf den Organismus kann man am Besten aus Bild 4 ersehen.

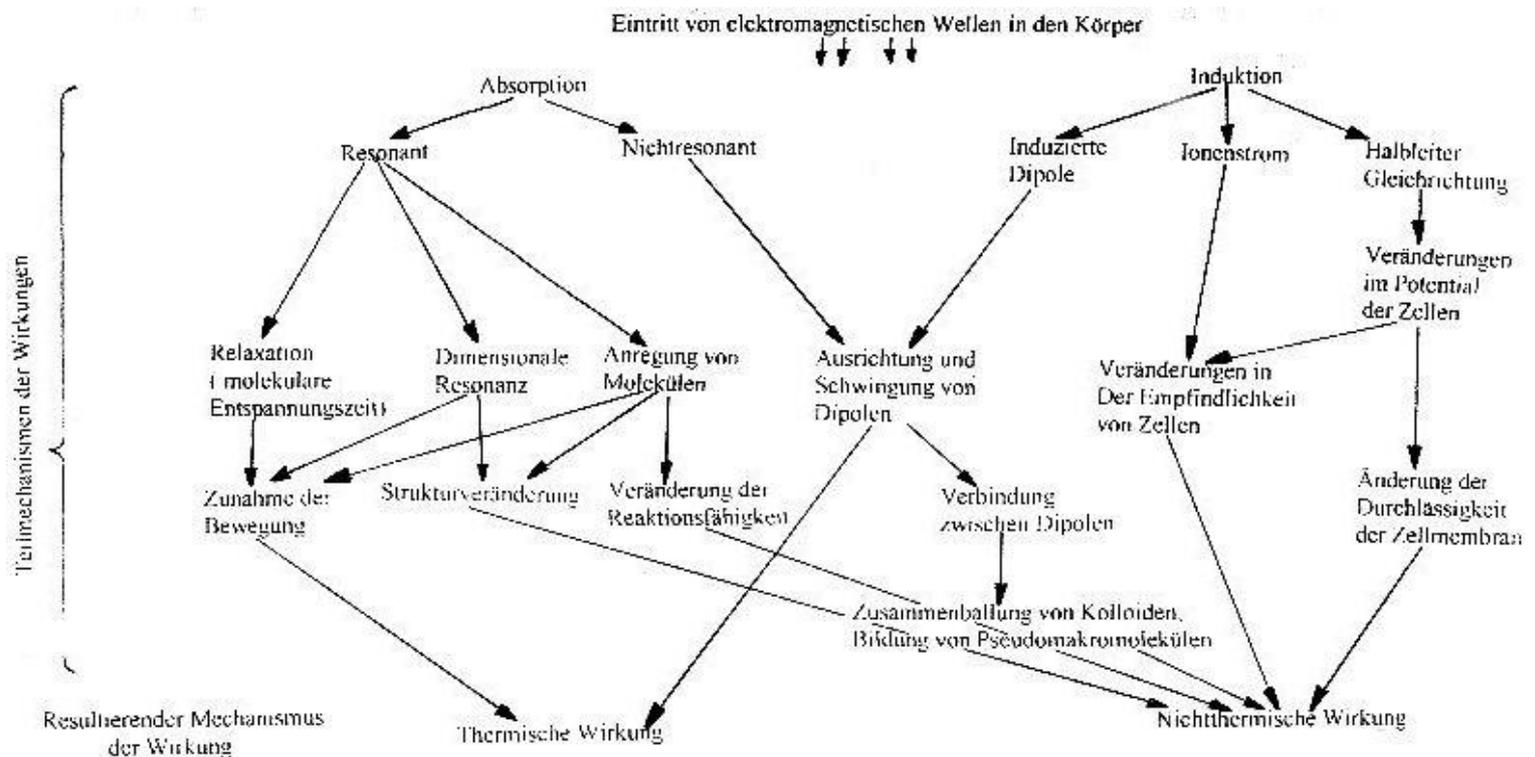


Tabelle 4 Einige der Teilmechanismen der biologischen Wirkungen von Radiowellen in ihrem Verhältnis zueinander. Aus diesen Verhältnissen ergibt sich die Komplexität der daraus resultierenden Mechanismen der Wirkungen

Bild 4

Mit Veränderungen in den Feldeigenschaften kann sich der Charakter des einzelnen beteiligten Teilprozesses grundlegend ändern (166, 202, 205, 283). Wir haben bereits erwähnt, dass es zwei Arten von Wirkungen, nämlich thermische und nichtthermische gibt. Aber zwischen thermischen und nichtthermischen Wirkungen gibt es keine deutliche Trennungslinie. Ein Grund dafür liegt darin, dass es Unterschiede in der Auffassung darüber gibt, was eine nichtthermische Wirkung (oft auch spezifische Wirkung genannt) ist. Die Mehrheit der Autoren verstehen unter diesem Begriff die

Wirkung elektromagnetischer Wellen einer Feldstärke die zu gering ist, eine deutliche Zunahme der Temperatur des bestrahlten Körpers hervorzurufen. Das ist natürlich eine außerordentlich unobjektive Definition und liefert keine Grundlage für die Erklärung dieses Phänomens. Die thermische Wirkung wird durch eine Zunahme der Temperatur des Organismus (oder eines Teils desselben) mit verstärkter molekularen Bewegung durch Kollisionen und Reibung der Moleküle hervorgerufen.

Richtiger ist es, die Wirkungen als nichtthermisch zu betrachten, die auf primär nichtthermische (stationäre) Mechanismen der Wirkung von elektromagnetischen Wellen auf bestrahlte Systeme zurückzuführen sind ohne die jeweilige Feldstärke zu berücksichtigen. Weil die elektrisch geladenen Partikel (seien es Ionen, molekulare Dipole oder kolloide Teilchen) in einem Wechselfeld immer in Bewegung sind und weil Lösungen von Ionen oder Kolloiden die molekulare Dipole enthalten notwendige Bestandteile biologischer Systeme sind (in erster Linie Wasser, aber auch organische Bestandteile wie Aminosäuren) ist es in solchen Systemen unmöglich eine thermische Wirkung von einer nichtthermischen zu trennen.

Unter den richtigen Bedingungen (Leitfähigkeit, dielektrische Konstante, Frequenz, Stärke und Eigenschaften des Feldes), und bei bestimmten Eigenschaften des Körpers, kann die nichtthermische Wirkung eindeutig die thermische Wirkung übertreffen und damit der biologisch wirksame Faktor sein. Zur Zeit gilt das Interesse in erster Linie den Mechanismen der nichtthermischen Wirkungen elektromagnetischer Felder. Wenn Radiofrequenzenergie auf die Oberfläche eines Körpers trifft, wird ein Teil reflektiert während ein anderer Teil in den Körper eindringt um dort absorbiert zu werden. Die Reflektion hängt von den elektrischen Eigenschaften des von der Radiofrequenzstrahlung ((Seite 49) betroffenen Gewebes ab. Beim Eindringen von Radiofrequenzstrahlung in das Gewebe verändert sich ihre Wellenlänge, denn die Geschwindigkeit der Welle hängt von der dielektrischen Konstante und der elektrischen Leitfähigkeit des Mediums ab. Ein Dipol richtet sich in einem elektrischen Feld aus. Wenn es sich um ein Wechselfeld handelt, beginnt der Dipol mit der Frequenz des Feldes zu schwingen. Je stärker das Dipolmoment ist, desto größer ist die für die Schwingung notwendige Energie. Als Folge der Schwingung steigt die Temperatur. Wenn die Frequenz zunimmt, nimmt auch die Temperatur zu, denn die Schwingungsrate steigt und mit ihr die durch die Reibung verursachten Verluste der vom Dipol aufgenommenen Energie. (...)

Allerdings haben Tierversuche gezeigt, dass wegen der Wärmeregulation des Körpers die Frequenzabhängigkeit nicht so ausgeprägt ist und sich nur bei hohen Feldstärken deutlich zeigt (15). Es ist also notwendig einen anderen Weg der Radiofrequenzeinwirkung auf den Körper zu berücksichtigen. Dieser zweite Weg wird als "elektromagnetische Induktion" bezeichnet. Ein Radiofrequenzpotential wird in einem Leiter induziert, der sich in einem Radiofrequenzfeld befindet. Dieses Potential kann sich dann (mit einigen Verlusten) über den Leiter an andere Orte fortpflanzen, wo kein direktes elektromagnetisches Feld vorhanden ist. Die Verluste, die in einer bestimmten Länge des Leiters auftreten, hängen in erster Linie vom Widerstand des Leiters, der Eigenschaft der direkten Umgebung des Leiters und der Frequenz des fließenden Radiofrequenzstromes ab. Das gilt für einen Leiter erster Ordnung.

Das elektromagnetische Feld verursacht Ionenströme im Organismus. Lazarev hat die Hypothese (136) vorgeschlagen, dass der Einfluß des Feldes die Ionenkonzentration in der Nähe der Zellmembran erhöht, was zu einer im allgemeinen reversiblen Anhäufung von Proteinmolekülen führen könnte (wobei einige Proteine sozusagen aus der Lösung ausgeschieden werden). Weiterhin schreibt er, dass eine genügend starke Änderung in der Ionenkonzentration zu einer Änderung der biologischen Eigenschaften der Zellen führt. Die Wirkung des elektrischen Feldes auf ein geladenes Teilchen erzwingt also seine Bewegung. Das bedeutet, dass das Gleichgewicht des Systems verändert wird. Nach dem Ende der Einwirkung des Feldes benötigt das System eine gewisse Zeit um in seinen ursprünglichen Zustand zurückzukehren. Diese Zeit nennt man Relaxationszeit (*Anmerkung des Übersetzers: molekulare Entspannungszeit*). Sie hängt sowohl von der Größe und (Seite 50) der Ladung der betroffenen Teilchen als auch von den Eigenschaften des umgebenden Mediums und der Temperatur ab. (...) Wenn die Periode der Feldänderung mit der molekularen Entspannungszeit übereinstimmt ist die Energieübertragung auf die Teilchen (und damit die Energieabsorption) am größten. (...)

Bei Wassermolekülen, die bei Raumtemperatur eine molekulare Entspannungszeit in der Größenordnung von 10 hoch -11 Sekunden haben, erreicht die Energieabsorption im Frequenzbereich von 10 hoch 9 bis 10 hoch 11 Hz, also bei Wellenlängen von 30 cm bis 3mm, ihr

Maximum (166). Eine solche Absorption wurde experimentell beobachtet (220). Bei Proteinen in wässriger Lösung liegt die Entspannungszeit in der Größenordnung von 10^7 bis 10^8 Sekunden, was auf eine Resonanzabsorption von Energie im Bereich einer Frequenz in der Größenordnung von 10^6 bis 10^7 Hz hinweist. Diese Erkenntnis stimmt mit dem experimentell bestimmten Frequenzbereich für Wirkungen eines Radiofrequenzfeldes niedriger Intensität auf die Eigenschaften von Gammaglobulin überein, wie er von Bach et al. (9) beschrieben wurde, auch wenn die Autoren darauf nicht hinweisen. So sollte es möglich sein, die beobachteten frequenzabhängigen Änderungen der elektrophoretischen und antigenen Eigenschaften von Gammaglobulin unter dem Einfluß von Radiofrequenzfeldern zu erklären. Die Molekülstruktur wird durch die Aufnahme von Energie über Relaxationsvorgänge (*Anmerkung des Übersetzers: also durch Resonanz des Moleküls oder einzelner Teile des Moleküls mit dem Radiofrequenzfeld*) gestört, was dann zu einer Änderung der Reaktionsfähigkeit einzelner funktioneller Gruppen des Moleküls führen kann. Eine solche Erklärung stimmt auch mit der Temperaturabhängigkeit der wirksamen Frequenz, wie sie von Bach et al. beobachtet wurde, überein.

Die Teilresonanz einzelner Bereiche großer Moleküle im Mikrowellenbereich hängt eng mit deren molekularer Entspannungszeit zusammen. Bei der Bewertung einer solchen Möglichkeit (die von vielen Autoren in Frage gestellt wird) ist es notwendig, das Verhältnis zwischen der Wellenlänge und der Frequenz der elektromagnetischen Felder in dem betreffenden Medium zu berücksichtigen. (...) Die Wellenlänge hängt indirekt vor allem von der dielektrischen Konstante und der Leitfähigkeit des Materials ab. Übrigens wurde festgestellt, dass einige Systeme, zu denen man auch Ionenströme zählen muß, sehr hohe dielektrische Konstanten haben, die Werte bis (Seite 51) zu vielen Tausend annehmen (1). Deshalb können wir annehmen, dass in einem solchen Medium Mikrowellen eine Wellenlänge im Bereich der Größe von Makromolekülen haben können. Wir können aus diesem Grund sogar von der Möglichkeit einer direkten räumlichen Resonanz der Moleküle mit elektromagnetischen Wellen ausgehen, die theoretisch zu mechanischer Deformation oder Beschädigung des Moleküls führen kann (166).

Direkte Schädigung von Molekülen durch Resonanzvorgänge scheint allerdings sehr unwahrscheinlich, da hierzu ein sehr starkes Feld notwendig wäre. Es ist aber möglich, Moleküle durch die Absorption einer Energiemenge anzuregen (195). Eine solche Energiezuführung erhöht das Energiepotential des Moleküls. Eine Rückkehr in den Anfangszustand kann entweder durch die Übertragung der Energie auf ein anderes, nicht angeregtes Molekül erfolgen, was zu einer Verstärkung seiner Bewegung (und damit zu einer Erwärmung) führt. Energieverlust kann auch durch Abstrahlung der Energie bewirkt werden. Oder durch die Beeinflussung der Struktur von bestimmten Teilen des Moleküls. Die letzte Form des Energieverlusts führt zu einer Änderung von zumindest einigen Eigenschaften des Moleküls.

Diese Form der Absorption von nichtionisierenden elektromagnetischen Wellen ist beispielsweise bei Ammoniak bekannt (...) wo es 12 Frequenzen im Bereich zwischen 2 und 4 GHz (Wellenlängen im Bereich von 15 bis 7,5 Zentimeter) gibt, bei denen die Moleküle angeregt werden. Bestrahlung mit Energie führt zu einer Änderung der Tetraederstruktur des NH_3 Moleküls. Eine weitere Tatsache muß noch erwähnt werden. Mit elektromagnetischer Strahlung einer Wellenlänge in der Größenordnung von 0,1 mm angeregte Moleküle nehmen viel leichter an einer Reihe von chemischen Reaktionen wie Oxidation, Spaltung und so weiter teil.

Erwähnt wurde bereits die Ausrichtung von dipolaren Molekülen in einem elektrischen Feld als Folge der Anziehung zwischen ungleichen und der Abstoßung zwischen gleichen elektrischen Ladungen. Im Falle größerer dipolarer Moleküle (beispielsweise Proteine) wird bei steigender Frequenz ihre Schwingung in Resonanz mit dem Feld immer schwieriger. Oberhalb einer bestimmten Frequenz kommen sie in einer Zwischenposition, die in erster Linie von der Form des Moleküls und der Verteilung seiner Ladung abhängt, zum Stillstand. Weil aber die Verteilung der Ladung des Dipols nicht an einen bestimmten exakten Ort gebunden ist, bewegt sich diese "Ladungswolke" mit der Frequenz der Schwingung weiterhin um das Molekül herum. Auch das kann zu Veränderungen in der Reaktionsfähigkeit der entsprechenden Molekülzentren führen.

Zur Gruppe der "Resonanz Theorien" gehört auch der interessante Vorschlag, die biologische Wirkung elektromagnetischer Wellen als eine nichtthermische Auswirkung der Zyklotronresonanz von einigen bemerkenswerten unterschiedlichen Molekülen im Organismus anzusehen. (257) Es handelt sich hierbei um eine gemeinsame Wirkung des elektromagnetischen Feldes mit dem Magnetfeld der

Erde. Dieses Modell beruht alleine auf Spekulationen ohne irgendeine experimentelle Grundlage zu haben.

Geladene Teilchen (ionischer oder kolloider Natur) bilden an ihrer Oberfläche unter bestimmten Bedingungen eine elektrische Dipollage, die aus entgegengesetzt geladenen Ionen besteht. Von außen betrachtet (Seite 52) wird das Teilchen dadurch elektrisch neutral (Bild 20a). Im elektrischen Feld erhält man dann einen Kern (das ist das ursprüngliche geladene Teilchen) und die Dipollage, die beide mit einer bestimmten Kraft in unterschiedliche Richtungen gezogen werden, so dass dadurch ein Dipol entsteht, der sich von Anfang an entlang der Kraftlinien des Feldes orientiert. (Bild 20b) Es ist allgemein bekannt, dass die Deutlichkeit dieser Trennung der beiden Ladungen von der Stärke des Feldes abhängt. Wenn solcherart ausgerichtete Dipole zufällig aufeinandertreffen, ziehen sich deren unterschiedlich geladene Enden gegenseitig an, was zu einer Verbindung der Teilchen führt. (Bild 20c). Diese Erscheinung, die bei Kolloiden schon lange bekannt ist (131, 177), hat in der letzten Zeit wieder sehr an Interesse gewonnen (257, 268), und zwar genau wegen (Seite 53) der Wirkungen von Radiofrequenzfeldern auf den Organismus. Es scheint, dass es möglich sein könnte, die in letzter Zeit entdeckten, durch hochfrequente elektromagnetische Felder hervorgerufenen genetischen Veränderungen (94), zumindest zum Teil hierdurch zu erklären.

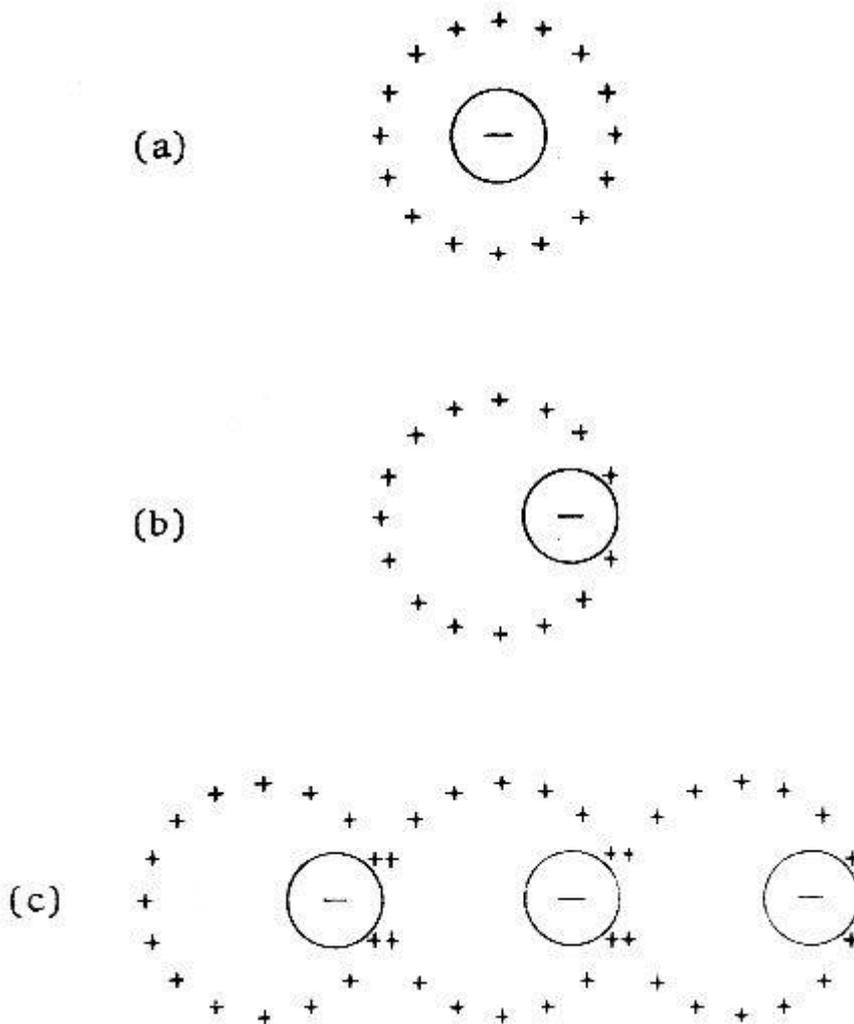


Bild 20

Die Bildung von Perlenketten bei kolloiden (sowie bei größeren) Teilchen könnte, anders als alle vorher vorgeschlagenen Mechanismen, auch bestimmte Wirkungen biologischer Stoffe bei niedrigeren

Frequenzen erklären. Die beschriebene Wirkung von Radiofrequenzstrahlung wurde experimentell im Frequenzbereich zwischen 0 MHz und 100 MHz nachgewiesen (257). Eine genaue Untersuchung dieser Erscheinung deutet stark darauf hin, dass nicht nur kolloide Partikel, sondern auch Moleküle sich zu Ketten zusammenschließen können. Das könnte zur Bildung einer Art von Pseudomakromolekülen führen, deren Auftreten eine Änderung der Reaktion des Körpers verursachen würde. Wenn sich beispielsweise Ionen oder Moleküle, die normalerweise durch halb durchlässige Membranen transportiert werden, zu Ketten zusammenschließen, kann sich dieser Transport bei länger werdenden Ketten verlangsamen oder sogar vollständig verhindert werden. Von Außen betrachtet würde sich diese Wirkung als eine Änderung in der Durchlässigkeit der Membran zeigen, wie man aus einigen Berichten schließen kann (280).

Aber die Durchlässigkeit einer Membran kann sich auch unter dem Einfluß eines Radiofrequenzfeldes ändern, und zwar als Folge einer Änderung der Polarisation, die, wie wir später sehen werden, auch alleine durch elektrische Vorgänge verursacht werden kann. Alle bisher vorgeschlagenen Theorien haben bestimmte Mängel. Sie können unter anderem keine wechselnden Wirkungen wie zum Beispiel die Änderung der Empfindlichkeit der Nervenzellen erklären, die manchmal gesteigert wird, während sie sich ein anderes Mal verringert. Ähnliche Phänomene können auch durch eine Änderung in der elektrischen Charakteristik von Nervenzellen erklärt werden (152, 153). Viele Bereiche des Organismus können aufgrund ihrer elektrischen Eigenschaft zu den Halbleitern gezählt werden (66, 202), deren Widerstand von der Richtung des fließenden Stromes abhängig sein kann. In diesem Zusammenhang ist die wichtigste Eigenschaft der Halbleiter ihr asymmetrisches nichtlineares Verhältnis zwischen Spannung (Volt) und Strom (Ampere). In Bild 21 wird der Strom als eine Funktion der Spannung dargestellt.

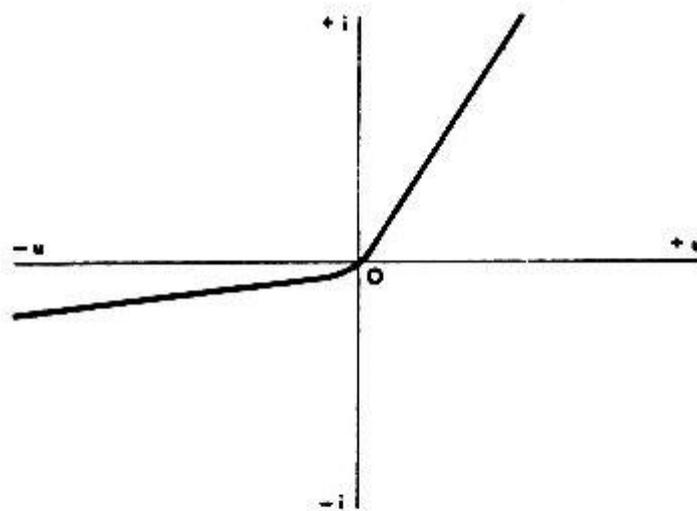


Fig. 21.--Typical case of asymmetrically nonlinear volt-ampere characteristic.

(Seite 54) In einigen Fällen kommt es, in einem bestimmten Bereich der Spannungs-Strom-Charakteristik, bei einer Zunahme des Stromes nicht zu einer Zunahme der Spannung, sondern statt dessen zu einer Abnahme. Solche Bereiche werden Gebiete mit negativem Widerstand genannt (der Bereich A in Bild 22).

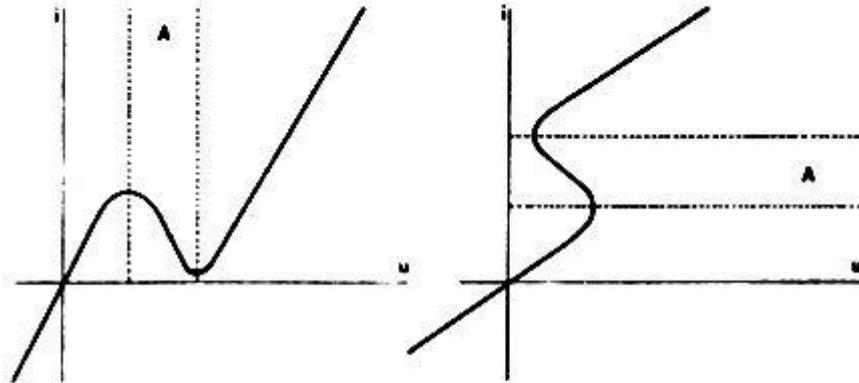


Fig. 22.--Volt-ampere characteristic with a region of negative resistance (A).

Eine gemeinsame Eigenschaft aller Systeme mit einer asymmetrischen nichtlinearen Eigenschaft besteht darin, daß, wenn ein Wechselstromsignal angelegt wird, dieses asymmetrisch beeinflusst wird, so daß sich eine Gleichspannung ergibt. Es findet eine Gleichrichtung des Wechselstromsignals statt. Alle Halbleiter haben diese Eigenschaft. In letzter Zeit hat man herausgefunden, daß eine große Zahl von organischen Stoffen Halbleitereigenschaften haben (109). Viel von ihnen sind im Körper vorhanden (zum Beispiel Hämoglobin, Desoxyribonukleinsäure und so weiter). Außerdem wurde festgestellt, daß Nervenfasern und viele andere Zellen sich wie nichtlineare Elemente verhalten (32, 84, 85) und gelegentlich sogar Bereiche negativen Widerstands haben (146). Bei einem bestimmten Wert des Aktionspotentials (dem so genannten Arbeitspunkt) und einer bestimmten Amplitude eines Wechselstromsignals kann es zu einer asymmetrischen Beeinflussung kommen.

Die biologisch relevante Halbleitersysteme können in drei Gruppen unterteilt werden:

- a) direkte, also mit Elektronenfluß
- b) indirekte, also mit Ionenfluß und
- c) gemischte

Zu den direkten Halbleitern zählen die Systeme in denen das nichtlineare Element ein Molekül oder eine Gruppe gleicher Moleküle (Polymer) ist. In einem solchen Halbleiter verläuft die Leitfähigkeit nichtlinear. Ein solcher Halbleiter ist (entweder für sich alleine oder durch Dotierung mit Ladungsträgern) genau deshalb ein asymmetrisches nichtlineares Element, weil sein Widerstand in einem bestimmten Bereich des angelegten Potentials von der Richtung des fließenden Stroms abhängt. Zu dieser Gruppe gehören alle organischen Halbleiter deren Halbleitercharakteristik auf molekularer Ebene, vor allem durch die Pi Elektronen entsteht. Die Leitfähigkeit in diesen Halbleitern beruht auf dem Elektronenfluß.

Aber es gibt noch eine weitere Gruppe nichtlinearer Elemente, in denen Ionenfluß vorherrscht. Wenn ein solches System ein polarisierbares Element enthält, führt ein Gleichstrom (also eine organisierte Bewegung der Ionen) zu einem Polarisationspotential das die Spannungs-Strom-Charakteristik des Systems beeinflusst. Im Falle einer Zelle verhält sich deren Membran als polarisiertes Element. Wenn das System Lösung-Membran-Lösung selber kein Ladungsträger ist, hat es (unter der Annahme, daß beide Lösungen die gleiche Zusammensetzung haben und die Struktur der Membran symmetrisch ist) die in ihrem Verlauf am stärksten von der Linearität abweichende symmetrische Spannungs-Strom-Charakteristik. Wenn das System außerdem eine Potentialquelle enthält (wie beispielsweise die strukturelle Polarisation der Membran oder eine ungleiche Konzentration von Ionen auf den beiden Seiten der Membran), verschiebt sich der Arbeitspunkt so, daß die Symmetrie der Spannungs-Strom-Charakteristik gestört wird. Dadurch entsteht ein

asymmetrisch nichtlinearer Schaltkreis mit Gleichrichtereigenschaften und einer Charakteristik die der von Halbleitern gleicht.

Wie wir bereits gesehen haben, beeinflussen asymmetrische nichtlineare Schaltkreise ein Wechselstromsignal so, daß eine Gleichstromkomponente entsteht; es findet also eine Gleichrichtung statt. In direkten Halbleitern wird der Gleichrichtereffekt durch eine von der Richtung des Stroms abhängige Leitfähigkeit hervorgerufen, während er in indirekten Gleichrichtern durch das Polarisationspotential des Systems verursacht wird. In diesem Fall kann man sich die Änderung als eine Zunahme (oder Abnahme) des Potentials des Systems um den momentanen Betrag des Wechselstromsignals vorstellen (Zunahme oder Abnahme in Abhängigkeit von der Polarität der Halbwelle). Die nicht vorhandene Symmetrie verursacht einen Gleichstrom mit einem positiven oder negativen Vorzeichen, der das Polarisationspotential der Membran ändert. In der Praxis können diese beiden Mechanismen kombiniert auftreten, so daß sich die Gruppe der gemischten Halbleiter ergibt. Wir wissen daß lebende Zellen im Normalzustand eine elektrische Ladung tragen. Unter dem Einfluß dieser Ladung ist die Anordnung von Ionen oder amphoteren Stoffen wie Proteinen innerhalb der Zelle oder in der unmittelbaren Nähe der Außenseite der Zellmembran nicht zufällig.

Wenn sich das Potential einer Zelle ändert, ändert sich folglich auch die Mikrostruktur dieser Zelle. Die Zelle befindet sich nicht mehr in ihrem physiologischen Zustand, was sich wahrscheinlich in ihrer Charakteristik niederschlägt. Wenn es sich bei dieser Zelle um eine an der Steuerung beteiligte Zelle (Nervenzelle) handelt, können auch die Aktivitäten von anderen Zellen im Körper beeinflusst werden. Je größer die Änderung der Charakteristik der Zelle von ihrem Normalzustand ist, desto ausgeprägter ist die Änderung des Gleichgewichts und um so größer ist die Wirkung auf den Zustand und das Verhalten des Organismus. Allerdings ist die Auswirkung des absoluten Wertes der Potentialänderung auf das Verhalten der Zelle im großen Maße abhängig von der Lage des Arbeitspunktes. Das ist ganz besonders im Fall von Steuerungszellen (Nervenzellen) offensichtlich.

Vereinfacht können wir sagen, daß der Organismus als ganzes, ebenso wie (Seite 56) jede Zelle, die Fähigkeit hat sein Gleichgewicht unter äußeren und inneren Einflüssen bis zu einem bestimmten Grad aufrechtzuerhalten. Allerdings ist diese Fähigkeit zum einen Teil durch den Faktor Zeit begrenzt, was heißt daß der Organismus sich nur für eine begrenzte Zeit verteidigen kann, sowie zum anderen Teil durch die Stärke der Änderung des Gleichgewichts. Der Faktor Zeit ist umgekehrt proportional zur Stärke. Das heißt, je stärker die Störung des Gleichgewichts ist, desto kürzer ist die Zeit die der Organismus diese Abweichung vom Normalzustand ausgleichen kann. Es muß auch erwähnt werden, daß dieses Verhältnis zwischen der Zeit und der Stärke nicht linear ist.

Selbst relativ kleine funktionale Einheiten des Organismus bestehen aus einer Vielzahl von Zellen, für die wir qualitativ verschiedene elektrische Charakteristika annehmen können. Deshalb kann die sich ergebende Spannungs-Strom-Charakteristik einer solchen Zelleinheit eine Form haben, die, abhängig von der Stärke des anliegenden Wechselstromsignals, unterschiedliche Änderungen (sogar im Vorzeichen) des Potentials verursacht. Eine ausführlichere Beschreibung dieses Gebietes würde den Rahmen dieses Buches sprengen und der interessierte Leser wird auf die Literatur verwiesen (153).

Auf der Basis all dieser genannten Konzepte kann die Wirkung von Hochfrequenzfeldern auf den Körper in Form einer Änderung in der Anordnung einer Anzahl von Molekülen innerhalb und außerhalb der Zelle stattfinden, wodurch die Wanderung von Molekülen durch die Zellmembran beeinflusst werden kann. Wie durch Versuche bestätigt wurde kommt es nicht zur Spaltung von Molekülen, so daß keine neuen, dem Körper fremde Stoffe entstehen.

Übereinstimmend mit diesen Ergebnissen ist die bekannte Umkehrbarkeit von Anzeichen der Schädigung (Natürlich nur bis zu einem bestimmten Grad, nämlich solange nicht der Körper oder zumindest Teile des Körpers zerstört wurden). Da das Kreislauf- und das Nervensystem die Teile des Körpers mit dem geringsten Widerstand sind, ist der Radiofrequenzstrom (der durch Induktion und Weiterleitung verursacht wird) entlang dieser Wege am stärksten. Es ist auch notwendig, die größte Wahrscheinlichkeit für mögliche Änderungen in Geweben anzunehmen, deren Zellen der größten asymmetrischen Störung unterliegen und die empfindlich für Änderungen des Normalzustandes sind. Es ist wahrscheinlich, daß dieses besonders auf die Zellen des Nervensystems zutrifft. Der bereits beschriebene Mechanismus kann die Charakteristik und damit das Verhalten einer Zelle ändern, und wenn es sich bei dieser Zelle um eine Kontrollzelle handelt, werden diese Änderungen auf die kontrollierten Organe übertragen. Bis jetzt gibt es keine Berichte deren Ergebnisse so interpretiert

werden können, daß sie dieser Hypothese widersprechen. Im Gegenteil ergeben sich aus vielen Veröffentlichungen Daten, die diese Annahmen direkt und indirekt bestätigen.

So fand Rejzin (142) beispielsweise, daß ein Radiofrequenzfeld sogar den außerhalb des bestrahlten Gebietes befindlichen Teil eines neuromuskulären Präparates beeinflusst. Diese Wirkung schreibt er der sogenannten "Felddiffusion" durch das Gewebe zu, was nichts anderes ist als die Weiterleitung. Es wurde vor kurzem damit begonnen, elektromagnetische Selbstinduktion entlang leitender Wege im Organismus zu verwenden um den Blutfluß zu messen (271). Induktion und Weiterleitung können in einem einfachen Versuch vorgeführt werden, bei dem der Kopf einer Ratte in das Feld eines Radiofrequenzgenerators gebracht wird. Das Feld ist gerade stark genug (bei einer Frequenz von zum Beispiel 1 MHz) um eine (Seite 57) Glimmlampe zum Leuchten zu bringen. Die Längsachse des Körpers des Tieres wird in der Richtung der Ausbreitung des Feldes angeordnet, so daß sich der Schwanz in einem Feld befindet, das zu schwach ist, die Glimmlampe zum Leuchten zu bringen. Trotzdem reicht die Weiterleitung aus, die Glimmlampe zum Leuchten zu bringen, wenn sie sich an der Spitze des Schwanzes befindet.

Nach Tarusov kann beispielsweise die Theorie der Halbleitereigenschaft einer Zelle auf der Grundlage ihrer Leitfähigkeit im Ruhezustand belegt werden (254). Diese Veröffentlichung ist auch in Übereinstimmung mit dem Forschungsergebnis daß der Wärmekoeffizient des elektrischen Widerstandes von Gewebe immer negativ ist, was wiederum auch eine der charakteristischen Eigenschaften von Halbleitern ist. Unter dem Einfluß eines Radiofrequenzfeldes verstärkt sich die kathodische Anregung eines neuromuskulären Präparates, während sich die anodische Anregung verringert. Dieses Ergebnis deutet auf eine Änderung in der Ladung der Zelle im Radiofrequenzfeld in Übereinstimmung mit den oben beschriebenen Konzepten hin. Sogar die Änderung der Ladung in einem solchen Feld wurde erfolgreich gemessen. In Übereinstimmung mit den oben genannten Versuchen verursacht ein Radiofrequenzfeld die elektrische Negativität eines Nerven (142). Diese Forschungsergebnisse waren offensichtlich in Vergessenheit geraten, da erst neuerdings Vorschläge gemacht wurden, daß ein Organismus oder einzelne Teile desselben wie ein Detektor für elektromagnetische Wellen funktionieren könnte (202, 279). Zuletzt haben Messungen die tatsächlichen Spannungs-Strom-Charakteristiken von lebenden Zellen ergeben (178), die so verlaufen wie die Charakteristiken von klassischen Halbleitern: Sie sind asymmetrisch nichtlinear, oft mit einem Bereich negativen Widerstands.

Erwähnt werden muß auch die Folge einiger Konsequenzen, die sich aus den vorgeschlagenen Theorien für den Mechanismus der biologischen Wirkung eines Radiofrequenzfeldes ergeben. Wir haben gesagt, daß eine Änderung in der Ladung einer Nervenzelle von großer Bedeutung für den ganzen Organismus ist, denn eine Änderung in ihrem physiologischen Zustand verursacht auch eine Änderung in ihren Kontrollfunktionen. Die Wirkung des Radiofrequenzfeldes auf den Organismus muß deshalb vom Zustand des Zentralen Nervensystems abhängen, wie vor längerer Zeit herausgestellt wurde (142, 208). Der Grenzwert der Radiofrequenzstrahlung für die Stimulierung und für die Hemmung des Zentralen Nervensystems ist unterschiedlich hoch. Versuche, in denen Ratten ein Mittel zur psychischen Dämpfung gegeben wurde, belegen genau diesen Punkt. Die Stärke des Radiofrequenzfeldes die benötigt wurde, um die mit dem Mittel behandelten Tiere zu töten, war deutlich geringer.

Andererseits wurde gefunden, daß die Stärke des Radiofrequenzfeldes, die benötigt wurde um den gleichen Schaden zu verursachen, viel größer ist, wenn das Tier unter Narkose ist. Die Wirkung eines solchen Stoffes, egal ob er das Zentrale Nervensystem nun stimuliert oder hemmt, kann man sich als eine Verschiebung des Arbeitspunktes der Zellcharakteristik vorstellen beziehungsweise als eine Änderung in der Möglichkeit Kontrollsignale in den Körper zu senden. In sehr ähnlicher Weise kann man sich vorstellen, daß auch alle anderen Faktoren die die Eigenschaften des zellulären Regulationssystems beeinflussen, nicht nur die Wirkung von elektromagnetischen Wellen schwächen oder verstärken, sondern auch direkt die Möglichkeit der Zelle zu funktionieren beeinflussen können. Ein solcher Faktor, der gemeinsam mit anderen wirkt, kann entweder in Form der Wirkung (Seite 58) einer bestimmten chemischen Substanz, eines physikalischen Einflusses oder auch von Veränderungen, die durch nachteilige Einwirkungen von psychischen Einflüssen auf den Körper entstehen, vorliegen.

Hier ist ein Vergleich von bestimmten krebserregenden Stoffen im Hinblick auf ihre Struktur angebracht. Alle diese Substanzen haben Pi Elektronen in ihren Molekülen, die eng mit den

Halbleitereigenschaften eines Moleküles zusammenhängen (54). Daraus ergibt sich nun die Frage, ob es gerade diese Halbleitereigenschaften dieser Substanzen sind, die eine wichtige Rolle in ihrer krebserregenden Wirkung spielen, und ob diese krebserregende Wirkung durch die Gegenwart elektromagnetischer Felder ausgelöst wird oder daß diese elektromagnetischen Felder sogar eine Bedingung für die Auslösung von Krebs sind.

Nichtlineare Elemente können auch die Detektion (*Anmerkung des Übersetzers: Gleichrichtung*) eines modulierten Signals hervorrufen, so daß die niederfrequente Komponente erscheint. Wir können dadurch die Beobachtung von Frey erklären, der über die Fähigkeit von Personen (auch von Tauben!) berichtet, einen pulsmodulierten Sender zu hören.

Die interessantesten (und aus biologischer Sicht wichtigsten) Schlüsse kann man aus den Fällen ziehen, in denen die Spannungs-Strom-Charakteristiken von Zellen einen Bereich negativen Widerstandes haben. Bei einer bestimmten Position des Arbeitspunktes (im physiologischen Zustand) in der Nähe der Spitze der Kurve der Spannungs-Strom-Charakteristik(siehe Bild 22) verursacht eine elektrische Anregung mit der richtigen Amplitude und Richtung des Stromes eine plötzliche Änderung des Arbeitspunktes, so daß die Zelle selbst nach dem Ende der Anregung nicht in den ursprünglichen Zustand zurückkehren kann, sondern zu einem bestimmten Grad "angeregt" bleibt. Mit anderen Worten können wir aus einer solchen charakteristischen Kurve voraussagen, daß wir bei einer ständigen Erhöhung der Amplitude der Stimulation, beginnend mit dem Wert null, einen bestimmten Grenzwert für die daraus resultierende Wirkung finden werden. Wenn wir die Stimulation, beginnend mit einer großen Amplitude, verringern, wird die Wirkung ab einem anderen, im allgemeinen kleineren Grenzwert ausbleiben.

Presman hat eine Hypothese veröffentlicht (203) nach der bestimmte Vorgänge im lebenden Organismus auf allen seinen Stufen (von der molekularen bis zur systemischen) durch innere und äußere elektromagnetische Felder ausgelöst werden. Elektrische Felder sind zweifellos ein wichtiger Bestandteil in der Steuerung von physiologischen Vorgängen der Organismen, wie Bassett (13) vor kurzem für das Knochenwachstum gezeigt hat. Natürlich sind diese Phänomene nicht so einfach wie sie dargestellt werden. Außerdem darf man nicht vergessen, daß diese Ideen überwiegend spekulativer Natur sind. Das sollte aber nicht von ihrer Bedeutung ablenken, da sie für weitere Forschungen sehr nützlich sind. Eine ausführlichere Betrachtung dieser interessanten Fragen würde über das Ziel dieses Buches hinausführen.

References

1 Abahazi, R: A new method for measurement of dielectric constant in materials with high conductivity, in Acta Imeko (5), *Transactions of the Second International Conference for Measurement Technology and Instrument Design*, Budapest, 1961; p. 334 (In German.)

2 Amar, L., M. Bruma, and P. Desvignes: Detection of elastic (ultrasonic) waves in the occipital bone induced by laser impulses on the eye of a rabbit, *C.r.acad.sci.* 259: 3653-3655, 1964. (In French.)

5 Aronova, S.B.: On the problem of the mechanism of the action of a pulsed uhf field on arterial pressure. *Vopr. Kurort.* 3: 243-246, 1961 (in Russian)

6 Assman, D.: *Die Wetterfühligkeit des Menschen* (Sensitivity of Man to Weather), Jena, 1955; p. 182. (In German.)

7 Auerswald, W.: Temperature topographic studies of the problem of the effect of short waves passing through the midbrain, Wien. *Z. Nervenheilkunde* 4: 273-281, 1952 (In German.)

8 Ayres, F.W., and H. McIlwain: Techniques in tissue metabolism: 2. Application of electrical impulses to separated tissues in aqueous media, *Biochem. J.* 55: 607-617, 1953.

9 Bach, S.A., A.F. Luzzic, and A.S. Bronnell: Effects of rf energy on human gamma globulin, *J. Med. Electronics* 9-14, Sep. - Nov. 1961.

- 11** Baronenko, V.A., and K.F. Timofeyeva: The effect of rf and uhf electric fields on conditioned-reflex activity and on several nonconditioned functions in animals and man, *Fiziol. zh.* 45: 203-207, 1959. (In Russian.)
- 12** Barron, C.I., and A.A. Baraff: Medical considerations of exposure to microwaves (radar), *J. Amer. Med. Assn.* 168: 1194-1199, 1958.
- 13** Bassett, C., and L. Andrew: Electrical effects in bone, *Scientific American* 213 (No. 4): 18-25, 1965
- 14** Belova, S.E., and Z.V. Gordon: The effect of centimeter waves on the eye, *Bull. Exp. Biol. Med.* 4:43-46, 1956. (In Russian.)
- 15** Benetato, G., and E. Dumitresku-Papachadzi: Changes in the fibrinolytic activity of blood plasma under the influence of uhf radiation in the hypothalamic region in various age groups, *Rev. roumaine fiziol.* 1: 125-133, 1964. (In Russian.)
- 17** Boiteau, H.: The biological effects of radar waves, *Rev. corps de santé des armées* 1 : 637-652, 1960. (In French.)
- 18** Botani, B., A. Franciosi, and R. Lorenzini: Biochemical effects of adrenal short-wave therapy of patients with bronchial asthma, *Boll. Soc. med. chir. Modena* 53: 11-14, 1953.
- 19** Bovill, C.B.: Are radar radiations dangerous? A survey of the possible hazards, *Brit. Comm. And Electronics* 5: 363-365, 1960
- 20** Boysen, F.E.: Hyperthermic and pathologic effects of electromagnetic radiation (350 Mc), *Arch. Ind. Hyg. Occup. Med.* 7:516-525, 1953
- 21** Boysen, F.E.: USAF experience with microwave exposure, *J. Occup. Med.* 4: 192-194, 1962.
- 22** Bratkovskiy, R.E.: On the effect of a uhf electric field on the oxidation processes of nitrogen exchanges in man, *Fizioterapiya* 3: 53-58, 1938 (In Russian.)
- 24** Braun, H., and G. Thom: Microwave studies on experimental animals, *Strahlentherapie* 99: 617-623, 1956 (In German.)
- 26** Carpenter, R. L., D.K. Biddle, and G.A. Van Ummersen: Opacities in the lens of the eye experimentally induced by exposure to microwave radiation, *Trans. IRE ME-7*: 152-157, 1960
- 27** Clark, F.W.: Effects of intense microwave radiation on living organisms, *Proc. IRE* 38: 1028-1032, 1950
- 28** Cleary, S.F., and B.S. Pasternock: Lenticular changes in microwave workers, *Arch. Environ. Health* 12: 23-29, 1966
- 29** Cleary, S.F., and B.S. Pasternock: Cataract incidence in radar workers, *Arch. Environ. Health* 11: 179-182, 1965
- 30** Coccozza, G., A. Blasio, and B. Nunziata: Remarks on short-wave embryopathy, *Pediatria rivista d'igiene med. e chir. dell'infanzia* 68 (No. 1): 7-23, 1960 (In Italian.)
- 31** Cogan, D.G., S.F. Fricker, and M. Lubin: Cataracts and ultrahigh-frequency radiation, *Arch. Industr. Health* 18: 299-302, 1958
- 32** Cole, K.S.: Rectification and inductance in the squid giant axon, *J. Gen. Physiol.* 25: 29-51, 1941-42.

- 33** Compère, A.: Changes in blood composition during short-wave treatment, *C.r. séances soc. biol. Filiales associées* 120: 237-240, 1935. (In French.)
- 34** Cook, H.F. : A physical investigation of heat production in human tissues when exposed to microwaves, *Brit. J. Appl. Physics* 3: 1-6, 1952
- 35** Czerski, P., J. Hornowski, and J. Szewczykowski: A case of microwave disease, *Med. pracy* 15: 251-253, 1964. (In Polish.)
- 36** Daily, L.E.: A clinical study of the results of exposure of laboratory personnel to radar and high-frequency radio, *U.S. Navy Med. Bull.* 41: 1052-1065, 1943.
- 39** Danilevskiy, B., and A. Vorobev: On the long-range effect of electrical high-frequency currents on the nerves, *Pflügers Arch. Ges. Physiol.* 236: 440-451, 1935. (In German.)
- 40** Deichmann, W.B., F.H. Stephens, and J.M. Keplinger: Acute effects of microwave radiation on experimental animals (24000 Mc), *J. Occup. Med.* 1: 369-381, 1959
- 41** Deichmann, W.B., and F.H. Stephens: Microwave radiation of 10 mW/cm² and factors that influence biological effects at various power densities, *Industr. Med. Surg.* 30: 221-228, 1961
- 42** Deichmann, W.B.: Effects of microwave radiation on the haematopoietic system of the rat, *Toxic. Appl. Pharmacol.* 6: 71-77, 1964
- 43** Desvignes, P., L. Amar, and M. Bruma: On the generation of ultrasonic waves and formation of blister on the lens of a human eye by laser radiation, *C. r. acad. sci.* 259: 1588-1591, 1964. (In French.)
- 46** Drogichina, E.A., M.N. Sadchikova, and D.A. Ginzburg: Some clinical phenomena associated with the chronic action of centimeter waves, *Gigiyena truda* 1: 28-34, 1962. (In Russian.)
- 47** Drogichina, E.A., and M.N. Sadchikova: Clinical syndroms associated with with the action of various radio-frequency wavelengths, *Gigiyena truda* 9: 17-21, 1965. (In Russian.)
- 49** Dulberger, L.H.: How dangerous are lasers? *Electronics* 35 (No. 4): 27, 26 January 1962.
- 50** Düll, B.T.: Cosmic and physical disturbance of the ionosphere and biosphere, *Bioklimatische Beiblätter* 6: 65-76 and 121-134, 1939. (In German.)
- 51** Düll, B.T.: *Wetter und Gesundheit (Weather and Health)*, Jena, 1941; p. 100. (In German.)
- 53** Edelwejn, Z., and S. Haduch: Electroencephalographic studies on subjects working within the reach of microwaves, *Acta physiol. pol.* 13: 431-435, 1962
- 54** Eley, D.D.: Organic semiconductors, *Research* 12: 293-299, 1959.
- 56** Engel, J.P.: Effects of microwaves on bone, bone marrow, and adjacent tissues, *Arch Phys. Med.* 31: 453-461, 1950
- 60** Everdingen, W.A.G. van: On the alteration of molecular structure by irradiation with 16- and 10-cm radio waves (1875 and 3000 MHz): Part 3. Liver metabolism and the problem of cancer, *Rev. belg. sci. med.* 5: 279-283, 1946. (In French.)
- 61** Figar, S.: The influence of a strong electromagnetic field on vasomotor activity, *Cs. Fisiol.* 12: 316, 1963 (In Czech.)

- 62** Fine, S., E. Klein, and R. Scott: Laser irradiation of biological systems, *IEEE Spectrum* 1(No. 4): 81-86 and 91-95, April 1964
- 63** Fleming, H.: Effects of high-frequency fields on micro-organisms, *Electrical Engineering* 63: 18-21, 1944
- 64** Formánek, J., R. Fischer, and D. Frantíková: *Zdravotnické problémy práce ve vf poli, zejména na vysílacích stanicích* (Health Problems of Working in the Rf Field, Especially Near Transmitters), Prague, 1961; p. 54, Fig. 11. (In Czech.)
- 66** Frank-Kamenetskij, D.A.: Plasma phenomena in semiconductors and the biological action of radio waves, *C.r. acad. sci. URSS* 136: 476-478, 1961. (In Russian.)
- 69** Franke, V.A.: Problems of safety when working with rf and uhf installations in industry, in *Vysokochastotniye elektromicheskiye ustanovki* (High-Frequency Electrothermal Apparatus), Leningrad, 1961; pp. 138-144 (In Russian.)
- 73** Füredi, A.A., and I. Ohad: Effects of high frequency electric fields on the living cell: 1. Behaviour of human erythrocytes in high frequency electric fields and its relation to their age, *Biochim. Biophysica acta* 79: 1-8, 1964.
- 76** Goncharova, N.N.: *Gigiyena truda pri rabote na vysokochastotnykh ustanovkakh* (Hygiene of Work with High-Frequency Apparatus), Kharkov, 1961; p. 13. (In Russian.)
- 79** Gorodetskaya, S.F.: On the characteristic of the biological action of 3-cm waves on a living organism, in *Voprosy biofiziki i mekhanizma deystviya ioniziruyushchey radiatsii* (Problems of Biophysics and the Mechanism of Action of Ionizing Radiation), Kiev, 1964; pp. 70-74. (In Russian.)
- 80** Grishchina, K.F.: Significance of certain methodological conditions in a reaction to the local action of centimeter waves, *Biofizika* 3: 358-362, 1958. (In Russian.)
- 81** Gruszecki, L.: Influence of microwave radiated by a radar transmitter on the human and animal organism, *Przeegl. lek.* 20: 336-338, 1964. (In Polish.)
- 82** Grzesik, J., F. Kumaszk, and Z. Paradowski: Influence of a medium-frequency electromagnetic field on organ parenchyma and blood proteins in white mice, *Med. pracy* 11: 323-330, 1960. (In Polish.)
- 83** Gunn, S.A., T.C. Gould, and W.A. Anderson: The effect of microwave radiation on morphology and function of rat testes, *Laboratory Investigation* 10: 301-314, 1961
- 84** Guttman, R., and K.S. Cole: Electrical rectification in single nerve fibers, *Proc. Soc. Exp. Biol.* (N.Y.) 48: 293-297, 1941.
- 85** Guttman, R.: Action of potassium and narcotics on rectification in nerve and muscle, *J. Gen. Physiol.* 28: 43-51, 1945.
- 90** Harvey, A.F.: Industrial, biological, and medical aspects of microwave radiation, *Proc. IEEE* 107: 557-566, 1960
- 91** Hasche, E.: The action of short waves on tissue, *Naturwissenschaften* 8: 613, 1940
- 92** Hasik, J., and Z. Mikolajczyk: Retention of sugar, cholesterol, and lipids in the blood of diabetics under the influence of short waves, *Pol. tyg. lek.* 15: 817-820, 1960. (In Polish.)
- 93** Heald, P.I.: The effects of metabolic inhibitors on respiration and glycolysis in electrically stimulated central-cortex slices, *Biochem. J.* 55: 625-631, 1953

- 95** Herrick, J.F., and F.H. Krusen: Certain physiologic and pathologic effects of microwaves, *Electronic Engineering* 72: 239-244, 1953
- 97** Hildebrandt, F.: Histamine in the blood and tissue under the influence of short waves, diathermy, and fango mud packs, *Arch. exp. Path. Pharmac.* 197: 148-160, 1941. (In German.)
- 98** Hines, H.M., and J.E. Randall: Possible industrial hazards in the use of microwave radiation, *Electronic Engineering* 71: 879-881, 1952
- 99** Hirsch, F.G., and J.T. Parker: Bilateral lenticular opacities occurring in a technician operating a microwave generator, *AMA Arch. Industr. Health* 6: 512-517, 1952
- 100** Hirsch, F.G.: The use of biological stimulants in estimating the dose of microwave energy, *IRE Trans. ME-4*: 22-24, 1956.
- 101** Hoduch, S., S. Baranski, and P. Czerski: Effect of microwave radiations on the human organism, *Acta physiol. pol.* 11: 717-719, 1960.
- 102** Horten, E.: Effect of short-wave irradiation of the hypophysis midbrain upon the vegetative functions in man, *Klin. Wschr.* 25/26: 392-396, 1947. (In German.)
- 104** Hubler, W.Z., G.M. Higgins, and J.F. Herrick: Certain endocrine influences governing the leukocytic response to fever, *Blood* 7: 326-336, 1952
- 105** Hubler, W.Z., G.M. Higgins, and J.F. Herrick: Influence of the pituitary-adrenal axis on the hemogram of febrile white rats, *Arch. Physic. Med.* 33: 391-398, 1952.
- 106** Hutt, B.K., J. Moore, and P.C. Colonna: Influence of microwave irradiation on bone temperature in dog and man, *Amer. J. Phys. Med.* 31: 422-428, 1952.
- 107** Hübner, R.: The biological effect of microwaves, *Elektromedizin* 6: 193-209, 1961. (In German.)
- 109** Hynek, K., and V. Simacek: Organic semiconducting materials, *Sdelovaci technika* 3: 84-87, 1962. (In Czech.)
- 111** Khazan, G.L., N.N. Goncharova, and V.S. Petrovskiy: Some problems of work safety in working with high-frequency currents, *Gigiyena truda* 1: 9-16, 1958. (In Russian.)
- 112** Kholodov, J.A.: *Vliyaniye elektromagnitnykh I magnitnykh poley na tsentralnuyu nervnyuyu sistemu* (Effect of Electromagnetic and Magnetic Fields on the Central Nervous System), Moscow, 1966; p. 283. (In Russian.)
- 113** Imig, C.F., F.D. Thomson, and H.M. Himes: Testicular degeneration as a result of microwave irradiation, *Proc. Soc. Exp. Biol.* (N.Y.) 69: 382-386, 1948.
- 114** Yakimenko, D.I.: Treatment of certain neurotrophic skin diseases with ultraviolet radiation and high-frequency currents in small doses, *Vest. dermat. vener.* 35: 33-36, 1961. (In Russian.)
- 115** Jaski, T., and C. Süsskind, Electromagnetic radiation as a tool in the life sciences, *Science* 133: 443-447, 1961.
- 116** Jaski, T.: Detecting microwave radiation hazards, *Electronics World* 65 (No. 6): 31-37 and 79, June 1961.
- 117** Kalant, H.: Physiological hazards of microwave radiation: A survey of published literature, *Canad. Med. Assn. J.* 81: 575-582, 1959.

- 118** Karbashev, V.L.: The effect of a pulsed ultrahigh-frequency electrical field on processes of biological oxidation under conditions of normal and experimental hypertonicity, *Vopr. kurort. Fisioter.* 22: 37-41, 1957. (In Russian.)
- 119** Kevorkyan, A.A.: Work with uhf generators from the standpoint of work safety, *Gigiyena i sanitaria* 4: 26-30, 1948. (In Russian.)
- 121** Kitsovskaya, I.A.: The effect of centimeter waves of various intensities on the blood and hematopoietic organs in white rats, *Gigiyena truda* 8: 14-20, 1964. (In Russian.)
- 122** Klimková-Deuschová, E.: *Základy průmyslové neurologie* (Fundamentals of Industrial Neurology), Prague, 1956. (In Czech.)
- 123** Klimková-Deuschová, E.: The effect of radiation on the nervous system, *Arch. Gewerbepath.* 16: 72-85, 1957. (In German.)
- 124** Klimková-Deuschová, E., Z. Macek, and E. Roth: Electroencephalographic study of neuroses and pseudoneuroses, with particular emphasis on the electroencephalographic signs of reduced vigilance, *Cas. lék. cs.* 98: 1213-1218, 1959. (In Czech.)
- 126** Knauf, G.M.: Microwave exposure and missile propellants as occupational health problems, *Amer. J. Publ. Health* 50: 364-367, 1960
- 127** Knudson, A., and P.F. Schaible: Physiological and biochemical changes resulting from exposure to an ultrahigh-frequency field, *Arch. Path.* 11: 728-743, 1931.
- 131** Krasny-Ergen, W.: Nonthermal effects of electrical oscillations on colloids. *Hochfrequenz. Elektroakustik* 48: 126-133, 1936. (In German.)
- 132** Krasny-Ergen, W.: Field distribution in the range of very short waves: Spontaneous rotary fields, *Hochfrequenz. Elektroakustik* 49: 195-199, 1937. (In German.)
- 133** Kratzing, C.C.: Metabolic effects of electrical stimulation of mammalian tissues in vitro, *Biochem. J.* 50: 253-257, 1951.
- 135** Kulikovskaya, E.L., and J.A. Osipov: Electromagnetic fields in work areas where high-frequency heating is employed, *Gigiyena truda* 6: 3-7, 1960. (In Russian.)
- 136** Lazarev, P.P.: Theory of the action of short and ultrashort waves, *Klin. med.* 13: 1583-1589, 1935. (In Russian.)
- 137** Leary, F.: Researching microwave health hazards, *Electronics* 37(No. 8): 49-53, 20 February 1959
- 138** Lehman, J.F., A.W. Guy, and V.C. Johnson: The comparison of relative heating in tissues by microwaves at frequencies of about 2450 and 900 Mc, *Arch. Phys. Med.* 43: 69-76, 1962.
- 139** Lehman, J.F.: Modification of heating patterns produced by microwaves at the frequencies of 2456 and 900 Mc by physiologic factors in the human, *Arch. Phys. Med.* 45: 555-563, 1964.
- 141** Levitina, N.A.: Effect of microwaves on the heart rhythm of the rabbit during irradiation of local areas of the body, *Bull. Eksp. Med.* 58: 67-69, 1964. (In Russian.)
- 142** Livshits, N.N.: Effect of a uhf field on the function of the nervous system, *Biofizika* 3: 426-437, 1958. (In Russian.)

- 143** Lubin, M.: Effects of ultrahigh frequency radiation on animals, *Arch. Industr. Health* 21: 555-558, 1960.
- 145** Mackay, R.S.: Some electrical and radiation hazards in the laboratory, *IRE Trans. ME-7*, 111-113, 1960
- 146** Mackay, R.S.: What is a nerve? *IRE Trans. ME-7*: 94-97, 1960.
- 147** Machabeli, M.E., V.A. Khubutiya, and J.J. Chinchaladze: Sanitary and hygienic working conditions and the state of health of workers employed on rf installations, *Gigiyena i sanitaria* 22: 81-83, 1957. (In Russian.)
- 151** Marha, K.: Some experimental observations of the effects of an rf electromagnetic field *in vivo* and *in vitro*, *Prac. lek.* 15: 238-141, 1963 (In Czech.)
- 152** Marha, K.: Biological effects of rf electromagnetic waves, *Prac. lek.* 15: 387-393, 1963. (In Czech.)
- 153** Marha, K.: *Komplexni teorie mechanismu ucinku elektromagnetickych poli na organismus* (Complex Theorie of the Mechanism of the Effects of Electromagnetic Fields on the Organism), Final Report of the Institute of Industrial Hygiene and Occupational Diseases, Prague, 1963. (In Czech.)
- 154** McIlwain, H.: Glucose level, metabolism and response to electrical impulse in cerebral tissues from man and laboratory animals, *Biochem. J.* 55: 618-624, 1953.
- 156** Michaelson, S.M., R.A. Thompson, and El-Tamani, M.Y.: The hematologic effects of microwave exposure, *Aerospace Med.* 35: 824-829, 1964.
- 157** Minecki, L.: State of health of persons exposed to the effects of rf electromagnetic fields, *Med. pracy* 12: 329-335, 1961. (In Polish.)
- 158** Minecki, L., and R. Bilski: Histopathological changes in the internal organs of mice subjected to the influence of microwaves (S-band), *Med. pracy* 12: 337-344, 1961. (In Polish.)
- 159** Minecki, L., K. Olubek, and A. Romaniuk: Changes in the activity of conditioned reflexes of rats under the influence of the action of microwaves (S-band): 1. Single exposure to microwaves, *Med. pracy* 13: 255-264, 1962. (In Polish.)
- 160** Minecki, L.: Effect of an rf electromagnetic field on embryonal development, *Med. pracy* 15: 391-396, 1964. (In Polish.)
- 161** Minecki, L.: Effect of microwave radiation on the sight organs, *Med. pracy* 15: 307-315, 1964. (In Polish.)
- 164** Moressi, W.S.: Mortality patterns of mouse sarcoma 180 cells resulting from direct heating and chronic microwave, *Exp. Cel. Res.* 33: 240-253, 1964.
- 165** Mosinger, M., and G. Bisshop: On the histological reactions following irradiation of intratissular metal pieces by microwaves. *C.r. séances soc. biol. filiales associées* 154 : 1016-1017, 1960. (In French.)
- 166** Moskalenko, J.E.: Some of the possible biophysical mechanisms for the interaction of the energy of an electromagnetic field with living structures, *Nov. med. techn. Moskva*, pp. 79-88, 1961. (In Russian.)
- 168** Mucha, V., and P. Macúch: The 19th All-Union Congress of Soviet Hygienists, *Bratislavské lekárske listy* 43: 376-384, 1963. (In Slovak.)

- 169** Mumford, W.W.: Some technical aspects of microwave radiation hazards, *Proc IRE* 49: 427-447, 1961.
- 177** Muth, E.: On the phenomenon of chain formation by emulsion particles under the influence of an alternating field, *Kolloid. Z.* 61: 97-102, 1927. (In German.)
- 178** Müller, P., and O.D. Rudin: Induced excitability in reconstituted cell membrane structure, *J. Theor. Biol.* 4: 268-280, 1963.
- 180** Novák, J., and V. Cerný: The influence of a pulsed electromagnetic field on the human organism, *Cas. Léč. cs.* 496-497, 1963. (In Czech.)
- 182** Osipov, J.A.: *Gigiyena truda i vliyaniye na robotayushchikh elektromagnitnykh poley radiochastot* (Labor Hygiene and the Influence of Rf Electromagnetic Fields on Workers), Leningrad, 1965; p.220. (In Russian.)
- 183** Osipov, J.A.: Induction heating of metals by high frequency currents from the health point of view, *Gigiyena i sanitaria* 8: 39-42, 1953. (In Russian.)
- 184** Osipov, J.A., E.L. Kulikovskaya, and T.V. Kalyada: Irradiation conditions in a uhf electromagnetic field for workers building and testing radio apparatus, *Gigiyena i sanitariya* 27: 100-102, 1962. (In Russian.)
- 186** Palladin, A.M., F.M. Spasskaya, and R.S. Yakubovich: On the problem of the effect of uhf fields on specific functions in women working with uhf generators, *Akusherstvo I ginekologiya* 38: 69-74, 1962. (In Russian.)
- 187** Pereira, F.A.: Oscillatory chemical mechanics: Modification of chemical reactions under the influence of waveguide oscillator circuits, *C. r. acad. sci.* 197: 1124-1125, 1933. (In French.)
- 188** Pereira, F.A.: On the effect of electromagnetic waves on enzyme systems, *Biochem. Z.* 238: 53-58, 1935. (In French.)
- 190** Piskunova, V.G., M.D. Antonovskaya, and M.D. Truten, Observation of the state of health of workers exposed to the influence of electromagnetic fields of high-frequency currents, *Gigiyena truda* 6: 27-30, 1957. (In Russian.)
- 193** Prausnitz, S., and C. Süsskind, Effects of chronic microwave irradiation on mice, *IRE Trans. BME-9*: 104-108, 1962.
- 194** Presman, A.S.: Methods of protection against the action of rf electromagnetic fields under industrial conditions, *Gigiyena I sanitaria* 1: 21-27, 1958. (In Russian.)
- 195** Presman, A.S., J.I. Kamenskiy, and N.A. Levitina: Biological effects of microwaves, *Usp. sovr. biol.* 51: 82-103, 1961. (In Russian.)
- 198** Presman, A.S., and N.A. Levitina: Nonthermal action of microwaves on the rhythm of cardiac contractions in animals: 1. Study of the action of continuous microwaves, *Bull. eksp. biol. med.* 18(No. 1): 41-44, 1962. (In Russian.)
- 199** Presman, A.S., and N.A. Levitina: Nonthermal action of microwaves on the rhythm of cardiac contractions in animals: 2. Studies of the action of pulsed microwaves, *Bull. eksp. biol. med.* 18(No. 2): 39-42, 1962. (In Russian.)
- 200** Presman, A.S., and N.A. Levitina: Effect of nonthermal microwave radiation on the resistance of animals to gamma radiation, *Radiobiologiya* 2: 170-171, 1962. (In Russian.)

- 202** Presman, A.S.: Problems of the mechanism of the biological action of microwaves, *Usp. sovr. biol.* 56: 161-179, 1963. (In Russian.)
- 203** Presman, A.S.: On the role of electromagnetic fields in life processes, *Biofizika* 9: 131-134, 1964. (In Russian.)
- 205** Presman, A.S.: Effect of microwaves on living organisms and biological structures, *Usp. fiz. nauk.* 86: 263-302, 1965. (In Russian.)
- 208** Promtova, T.N.: Effect of a uhf continuous electrical field on the higher nervous activity of dogs under normal and pathological conditions, *Zh. vys. nerv. deyatel'nosti* 6: 846-854, 1956. (In Russian.)
- 209** Quan, K.C.: Hazards of microwave radiations: A review, *Ind. Med. Surgery* 29: 315-318, 1960.
- 213** Richardson, A.W., T.D. Duane, and H.M. Himes: Experimental lenticular opacities produced by microwave irradiations, *Arch. Phys. Med.* 29: 765-769, 1948.
- 214** Richardson, A.W., C.J. Imig, and B.L. Feucht: The relationship between deep tissue temperature and bloodflow during electromagnetic irradiation. *Arch. Phys. Med.* 31: 19-25, 1950.
- 215** Richardson, A.W., and T.D. Duane: Experimental cataract produced by three-cm pulsed microwave irradiations, *Arch. Ophtal.* 45: 382-386, 1951.
- 216** Richardson, A.W.: Effect of microwave induced heating on the blood flow through peripheral skeletal muscle, *Amer. J. Phys. Med.* 33: 103-107, 1954.
- 217** Rivière, M.R., A. Priore, and F. Berleureau: Effect of electromagnetic fields on implanted T8 tumors in the rat, *C. r. acad. sci.* 259: 4895-4897, 1964. (In French.)
- 218** Rivière, M.R., A. Priore, and F. Berleureau: Effects of electromagnetic fields on a transplantable lymphoblastic lymphosarcoma in the rat, *C. r. acad. sci.* 260: 2099-2102, 1965. (In French.)
- 219** Rivière, M.R., A. Priore, and F. Berleureau: Regression phenomena observed in an implanted lymphosarcoma in mice exposed to electromagnetic fields, *C. r. acad. sci.* 260: 2639-2643, 1965. (In French.)
- 220** Roberts, J.E., and H.F. Cook: Microwaves in medical and biological research, *Brit. J. Appl. Phys.* 3: 33-40, 1952.
- 222** Rubin, A., and W.J. Erdman: Microwave exposure to the human female pelvis during early pregnancy and prior to conception, *Amer. J. Phys. Med.* 38: 219-220, 1959.
- 223** Sacchitelli, F., and G. Sacchitelli: On the analgesic effect of radar microwaves on caisson disease, *Minerva fiziotherap.* 5: 201-203, 1960. (In Italian.)
- 224** Sacchitelli, F.: On protection of personnel exposed to radar microwaves, *Folia medica* 43: 1219-1229, 1960. (In Italian.)
- 225** Sadichkova, M.N., and A.A. Orlova: A clinic for chronic treatment with electromagnetic centimeter waves, *Gigiyena truda* 6: 16-22, 1958. (In Russian.)
- 227** Salisbury, W.W., J.W. Clark, and H.M. Hines: Exposure to microwaves, *Electronics* 22: 66-67, 1949.
- 228** Schliephake, E.: *Kurzwellentherapie* (Short-Wave Therapy), Stuttgart, 1952; p. 253. (In German.)

- 229** Schliephake, E.: Endocrine influence on bleeding and coagulation time, *Zbl. Chir.* 85: 1063-1066, 1960. (In German.)
- 235** Schwan, H.P.: Impedance measuring techniques in biophysics, *IRE Trans.* I-4: 75-83, 1955
- 240** Schwan, H.P., and Kam Li: The mechanism of absorption of ultra-high-frequency electromagnetic energy in tissues; *IRE Trans.* ME-4: 45-49, 1956
- 245** Smurova, J.I., I.Z. Rogovaya, and S.A. Troyitskiy: Problems of hygiene and health of workers in areas where high-frequency currents are used, *Gigiyena truda* 5: 22-28, 1962. (In Russian.)
- 246** Smurova, J.I.: Problems of hygiene and health of workers using vacuum-tube generators operating at frequencies of 60-90 kHz, *Gigiyena i sanitaria* 12: 27-30, 1964. (In Russian.)
- 248** Sercl, M.: On the effect of electromagnetic centimeter waves on the human nervous system (radar), *Z. ges. Hyg.* 7: 897-907, 1961. (In German.)
- 250** Spála, M.: Dosimetry of thermogenic effects on an rf field and its tolerable dose in the rabbit, *Sborník lékařský* 63: 349-370, 1961. (In Czech.)
- 251** Spála, M., O. Riedel, and J. Kácl: Effect of the rf field on the metabolism of bone tissue in the rabbit: Incorporation of osteotropic radioisotopes, *Cas. lék. cs.* 101: 791-795, 1962.
- 252** Takata, M., and T. Murasugi: Disturbance of the flocculation index in healthy human blood serum: Cosmo-terrestrial sympathy, *Bioklimatische Beiblätter* 8: 17-26, 1941. (In German.)
- 254** Tarusov, B.N.: *Osnovy biofiziki i biofizicheskoy khimii* (Fundamentals of Biophysics and Biophysical Chemistry), Moscow, 1960; p. 221. (In Russian.)
- 256** Tebrock, H.E., and W.N. Young: Laser-medical and industrial hygiene controls, *J. Occup. Med.* 5: 564-567, 1963.
- 257** Teixeira-Pinto, A.A.: The behavior of unicellular organisms in an electromagnetic field, *Exp. Cell. Res.* 20: 548-564, 1960.
- 259** Tolgskaya, M.S.: Morphological changes in animals under the influence of 10-cm waves. *Vopr. kurort.* 1: 21-24, 1959. (In Russian.)
- 262** Ulrich, L., and J. Ferin: The effect of working in high-power transmitting stations upon certain functions in the organism, *Prac. lék.* 11: 500-503, 1959. (In Czech.)
- 264** Volfovskaya, P.H., J.A. Osipov, and T.B. Kolaba: On the problem of the combined action of an rf field and X radiation under production conditions, *Gigiyena i sanitariya* 26: 18-23, 1961. (In Russian.)
- 268** Wildervanck, A., and K.G. Wakim: Certain experimental observations on a pulsed diathermy machine, *Arch. Phys. Med.* 40: 45-55, 1959.
- 269** Williams, D.B., J.P. Monahan, and W.J. Nicholson: Biologic effects studies on microwave radiation, time, and power thresholds for the production of lens opacities by 12.3 cm microwaves, *IRE Trans.* ME-4: 17-22, 1956.
- 271** Wyatt, D.G.: Measurement of blood flow by electromagnetic induction. In A. L. Copley and G. Stainsby (eds.): *Flow Properties of Blood and Other Biological Systems*, New York: Pergamon Press, 1960; pp. 390-391.
- 274** *Proceedings of Tri-Service Conference on Biological Hazards of Microwave Radiation* (E.G. Pattishall, ed.), 15-16 July 1957, Rome, N.Y.; p. 122.

275 *Proceedings of the Second Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Energy* (E.G. Pattishall and F.W. Banghart, eds.), 8-10 July 1958, Rome, N.Y., p. 269.

276 *Proceedings of Third Annual Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiation Equipments* (C. Susskind, ed.), 25-27 August 1959, Berkeley, Calif. , p. 336.

277 *Biological Effects of Microwave Radiation: Proceedings of the 1960 Conference* (M.F. Peyton, ed.), 16-18 August 1960, New York, N.Y., p. 325.

279 *O biologicheskoy vozdeystvii sverkhvysokikh chastot* (On the Biological Effects of Ultra-High Frequencies), Moscow, 1960; p. 134. (In Russian.)

280 *Fizicheskiye faktory vneshney sredy* (Physical Factors of the Inner Layer), Moscow, 1960; p. 404. (In Russian.)

282 *Biologicheskoye deystviye ultrazvuka i sverkhvysokochastotnykh elektromagnitnykh kolebaniy* (Biological Effect of Ultrasound and Uhf Electromagnetic Waves), Kiev, 1964. (In Russian.)

283 *O biologicheskoy deystvii elektromagnitnykh poley radiochastot* (The Biological Effect of Radio-Frequency Electromagnetic Fields), Moscow, 1964; vol. 2, p. 172. (In Russian.)

284 *Ochrana pred biologickymi ucinky laseru* (Protection Against the Biological Effects of the Laser), *Sdelovaki tehnika 7*: 249, 1965. (In Czech.)

286 *Rukovodstvo po gigiyene truda* (Handbook of Labor Hygiene), Moscow, 1965; p. 651. (In Russian.)

288 *Zashchita ot deystviya elektromagnitnykh poley i elektricheskogo toka v promyshlennosti* (Protection Against the Action of Electromagnetic Fields and Electric Current in Industry), Leningrad, 1963; p. 154. (In Russian.)