

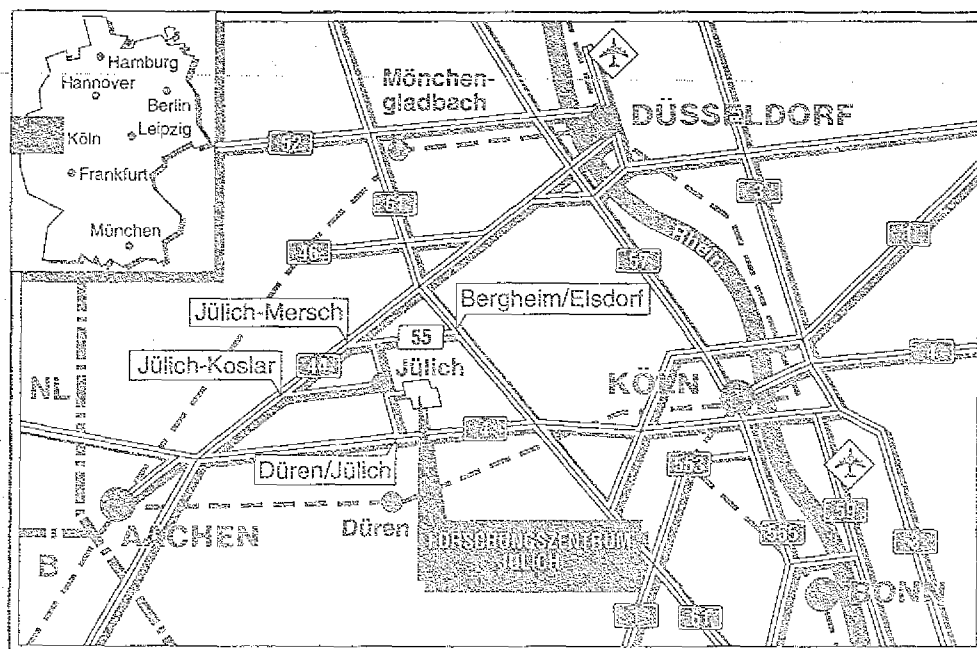
Zentralabteilung für Chemische Analysen

Radontherapie in der Sowjetunion

Bruno Sansoni, S.V. Andrejew

Berichte des Forschungszentrums Jülich ; 2509
 ISSN 0366-0885
 Zentralabteilung für Chemische Analysen Jül-2509

Zu beziehen durch: Forschungszentrum Jülich GmbH · Zentralbibliothek
 Postfach 1913 · D-5170 Jülich · Bundesrepublik Deutschland
 Telefon: 02461/61-6102 · Telefax: 02461/61-6103 · Telex: 833556-70 kfa d

Radontherapie in der Sowjetunion

**Bericht über den Besuch des Nationalen Forschungszentrums
für Medizinische Rehabilitation
und Physikalische Therapie in Moskau
vom 18. bis 20. September 1990**

Bruno Sansoni¹

Anhang von S.V. Andrejew²

- I. Radonwässer in der UdSSR**
- II. State and Problems of Modern Radon Therapy**
- III. Grundlagen und therapeutische Anwendungen
des Radons mit Indikationen, Gegenindikatio-
nen und staatlichen Sicherheitsnormen**

¹Zentralabteilung für Chemische Analysen (ZCH), Forschungszentrum Jülich GmbH,
D-5170 Jülich-1

²Nationales Forschungszentrum für Medizinische Rehabilitation und Physikalische
Therapie, Abteilung für Patent- und Informationswesen,
121 099 Moskau G-99 Kalinin Prospekt 50, UdSSR

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

Inhaltsverzeichnis	1
Zusammenfassung	4
Abstract	6
Vorwort	8
1. Einleitung	11
1.1 Ausgangspunkt Fichtelgebirge	11
1.2 Vergleich mit anderen Radon-Heilbädern in Mitteleuropa	12
1.3 Besuch der Sowjetunion im September 1990	13
2. Das Forschungszentrum in Moskau	16
3. Radontherapie in der Sowjetunion	18
4. Natürliche Radonwässer	20
5. Künstlich erzeugtes Radon	23
6. Heilanzeigen und Kontraindikationen von Radonkuren	27
7. Technik der Anwendung von Radon	29
7.1 Radonwasserbäder	29
7.2 Radonluftbäder	33
7.3 Weitere Formen der Radon-Anwendung	34
8. Maximal zulässige Strahlendosen in der Radontherapie	35
9. Aktuelle Probleme der Radontherapie	36
10. Weitere Gespräche	38
10.1 Radongeneratoren	38
10.2 Radontherapie	39
10.3 Wirkung des Radons	39
10.4 Natürliche Radonwässer	40

10.5 Strahlenschutz	40
10.6 Trinkkuren	41
10.7 Radon im Trinkwasser	41
10.8 Salzarme Radonwässer	42
10.9 Radon im Wasserwerk	42
10.10 Radon in Wohnräumen	43
10.11 Hormesis-Effekt	44
 11. Abteilung für Physikalische Therapie des Zentralen Sanatoriums des Verteidigungsministeriums der UdSSR in Archangelskoje	 45
11.1 Radium-226-Quelle	46
11.2 Kardiologie	47
11.3 Radonluftbäder	47
11.4 Symptome bei extrem hoher Radonbelastung	48
 12. Thoron-Zerfallsprodukte-Therapie nach Frau Professor Dr. Stschepotjewa	 50
 13. Schlußbetrachtung	 52
 14. Literatur	 54
 15. Abbildungen	 58

Anhang I: Radonwässer in der UdSSR (S.V. Andrejew)	66
Anhang II: State and Problems of Modern Radon Therapy (S.V. Andrejew)	80
Anhang III: Übersetzung von Auszügen aus den Arbeiten über die Grundlagen und therapeutische Anwendung der Radontherapie mit Indika- tionen, Gegenindikationen und Sicherheits- normen	135
1. Organisation und Durchführung der Radontherapie in Kur- und Vorsorge- einrichtungen	135
1.1 Radiologische und balneologische Grundlagen der Radontherapie	
1.2 Therapeutische Anwendung des Radons	
2. Staatliche Sicherheitsnormen der UdSSR für Sicherheit in Abteilungen für Physikalische Therapie und Balneotherapie	155
3. Sanitätsvorschriften für Organisation, Ausrüstung und Betrieb von Radonlabo- ratorien und Abteilungen für Radon- therapie, Ministerium für Gesundheits- wesen der UdSSR	167

Zusammenfassung

Die Radontherapie ist in der Sowjetunion im Rahmen der Naturheilkunde ein Volksheilmittel. Die Naturheilkunde wurde dort seit Gründung des Staates wesentlich stärker entwickelt und angewendet als im Westen. Dies ist auch auf das Fehlen einer vergleichbaren Pharmaindustrie mit entsprechenden Medikamenten zurückzuführen. Die Veröffentlichungen erfolgten fast ausschließlich in russischer Sprache. Teilweise unterlagen sie auch der Geheimhaltung im Zusammenhang mit der Kernwaffentechnik. Sie blieben daher im Westen bis heute weitgehend unbekannt. Der Stand der Radontherapie in Sowjetrussland wurde im Westen erstmals durch einen Übersichtsvortrag von Bogolubov und Andrejew auf dem Radontherapie-Symposium in Bad Münster am Stein 1988 vorgestellt, welchen auch der Berichterstatter hörte.

In der Sowjetunion werden jährlich etwa eine Million Radonkuren von jeweils drei Wochen Dauer durchgeführt. Das erfolgt in über vierzig Radon-Heilbädern mit natürlichen Radonwässern, zu 70 % jedoch mit künstlich aus Radiumquellen erzeugtem Radon-222.

Künstliches Radon ist unabhängig von den zufälligen Quellstandorten natürlicher Radonwässer. Es kann in fast beliebigen Konzentrationen in Wasser und Luft erzeugt werden und ist unmittelbar nach seiner Erzeugung frei von den häufig unerwünschten Zerfallsprodukten.

Die Heilanwendung des Radons ist nicht nur auf Gelenkerkrankungen und den rheumatischen Komplex beschränkt. Sie umfaßt in der UdSSR vielmehr auch Herzgefäßerkrankungen einschließlich der Nachbehandlung von Herzinfarkt; Erkrankungen des Bewegungsapparates einschließlich Gelenke und Muskeln; das männliche und weibliche Geschlechtssystem; Erkrankungen des Nervensystems; Endokrinologie; Stoffwechselerkrankungen. Die Kontraindikationen werden ähnlich wie in Mitteleuropa praktiziert.

Radon wird zur Anwendung nicht nur inhaliert. Der Schwerpunkt liegt vielmehr in einer Reizung der Haut durch Radonwasser- und vor allem Radonluftbädern.

Die Strahlenbelastung des Patienten durch eine solche Radonkur von drei bis vier Wochen Dauer ist, gemittelt über das Jahr, relativ gering. Ein Bad dauert nur 15 Minuten, wöchentlich werden nicht mehr als fünf solcher Bäder verabreicht. Die Wirkung des Radons wird als "Strahlenreiz" für das Immunsystem gedeutet. Dabei kommt der Haut mit ihren Langerhansschen Zellen als Reizakzeptor besondere Bedeutung zu.

Die Entwicklung der Radontherapie wird in der Sowjetunion durch das Nationale Forschungszentrum für Medizinische Rehabilitation und Physikalische Therapie am Kalinin Prospekt in Moskau zentral gelenkt. Dort werden neue Radontherapien durch den Rat der Instituts- und Abteilungsleiter des über die Sowjetunion verteilten Forschungszentrums verabschiedet und dann durch das Gesundheitsministerium der UdSSR bestätigt.

Man schätzt, daß etwa 90 % aller Literatur über die Radontherapie in russischer Sprache veröffentlicht wurde, bzw. aus der Sowjetunion kommt (Parker).

Abstract

In the Soviet Union approximately one million courses of radon treatment each lasting three weeks are prescribed every year. They are taken at more than forty radon spas with natural radon waters, but in 70 % of the cases artificially produced radon-222 from radium springs is used for the treatment.

Artificial radon is independent of the fortuitous siting of natural radon water springs; it can be produced at almost any concentration in water and air and is free from frequently undesirable decay products immediately after production.

In the UdSSR the curative application of radon is not merely restricted to arthropathies and the rheumatic syndrome, but is also used for cardiovascular diseases, including aftercare in cases of cardiac infarction, disorders of the locomotor system and joints and muscles, the male and female sexual system, diseases of the nervous system, endocrinology and metabolic diseases. Contraindication practice is similar to that in Central Europe.

Radon is not only inhaled, and priority is given to skin stimulation by wet and above all dry baths.

The radiation exposure of patients from these three-week radon treatments is relatively low, averaged over the year. One bath takes only 15 minutes and no more than five such baths are administered per week. The radon effect is interpreted as "radiation flash" stimulating the nervous system. The skin plays a particular role in this process, acting as the stimulus acceptor.

The development of radon therapy in the Soviet Union is centrally controlled by the National Research Centre for Medical Rehabilitation and Physical Therapy at the Kalinina

Prospect in Moscow. New radon therapies are approved by the Council of the Institute and Department Heads of the Research Centre distributed throughout the Soviet Union and then confirmed by the UdSSR Ministry of Health.

According to estimates approximately 90 % of the literature on radon therapy has been published in Russian or comes from the Soviet Union.

Vorwort

Der Berichterstatter war von der Akademie der Wissenschaften der UdSSR eingeladen, als Vertreter des Repräsentanten der International Association of Ecology, Prof.Dr. H. Lieth, an der First International Conference on Biological and Radioecological Aspects of the Chernobyl Accident Consequences vom 10. bis 18. September 1990 in Zeleny Mys, der etwa 30 km südlich von Chernobyl gelegenen Feldstation der Expedition der UdSSR Akademie der Wissenschaften teilzunehmen.

Auf der Rückreise ergab sich die Möglichkeit eines Besuches von Herrn Doz.Dr. S.V. Andrejew im Forschungszentrum für Medizinische Rehabilitation und Physikalische Therapie des Gesundheitsministeriums der UdSSR in Moskau am Kalinin Prospekt. Dr. Andrejew ist heute Leiter der dortigen Abteilung für Informationsforschung. Er hat selbst fast zweihundert Veröffentlichungen über die Radontherapie geschrieben, meist in russischer Sprache.

Der folgende Bericht entstand aus Gesprächen, die während zweieinhalb Tagen auf Magnetband aufgezeichnet wurden. Auch wenn die Wiedergabe nach bestem Wissen erfolgte, können dabei Fehler unterlaufen sein.

Es war erstaunlich zu erleben, daß Radon in der Sowjetunion nicht der "Teufel" unter natürlich vorkommenden Radionukliden ist, als der es gegenwärtig in den USA, insbesondere für Wohnräume, dargestellt wird.

Offenbar in Fortsetzung der alten deutsch-böhmischen Tradition im Erzgebirge hat sich zwischen den beiden Weltkriegen in der UdSSR die Radontherapie einen gesicherten Platz innerhalb der Physikalischen Therapie in der Medizinischen Rehabilitation erobert. Seit Jahrzehnten wurden dort für eine umfangreiche Skala von Indikationen optimale Bedingungen hinsichtlich der Art der Behandlung, aber auch Konzen-

tration des einzusetzenden Radon-222 in Wasser und Luft ausgearbeitet. Diese Radontherapien werden jeweils durch das Gesundheitsministerium amtlich bestätigt. Ebenso werden von ihm auch Grenzwerte für die Strahlenbelastung des Patienten während der Radonkur festgelegt.

Für den westlichen Berichterstatter war überraschend zu erfahren, daß in der UdSSR

- jährlich im Durchschnitt etwa eine Million Radonkuren von drei Wochen Dauer durchgeführt werden,
- künstlich aus Radium-226-Generatoren erzeugtes Radon-222 etwa 70 % aller Radonanwendungen bedient und die natürlichen Radonheilwässer dabei auf 30 % zurückgedrängt hat,
- die Heilanwendungen eine wesentlich breitere Skala von Indikationen umfassen als im Westen,
- im Prominenten-Sanatorium des Verteidigungsministeriums in Archangelskoje in einer gut eingerichteten Radontherapie-Abteilung Radon auch zur Nachbehandlung von Herzinfarkten angewendet wird.

Als Nichtmediziner kann der Berichterstatter das Gehörte lediglich übermitteln, aber nicht kritisch beurteilen. Er hält jedoch die nachfolgend wiedergegebenen Tatsachen, insbesondere im Zusammenhang mit der geplanten Einrichtung des Radonheilbades Zentrales Fichtelgebirge für so wichtig, daß er vorschlägt, eine Ärztekommision in die UdSSR zum Studium dieser Radontherapie zu entsenden. Ihr könnten Fachärzte verschiedener Anwendungsgebiete sowie der physikalischen Therapie angehören. Außerdem ist beabsichtigt, Dr. Andrejew als Autor für eine deutschsprachige Monographie über Radontherapie in der Sowjetunion zu gewinnen.

Die als Anhang wiedergegebenen zwei Abhandlungen von Dr. Andrejew erscheinen dem Berichterstatter als so informativ, daß er sie auch in der noch unfertigen Manuskriptform gerne übernommen hat und Dr. Andrejew für die Erlaubnis dazu dankt. Das an sich unfertige Manuskript im Anhang II hat Frau Carter-Sigglow vom Sprachendienst der KFA hinsichtlich

der englischen Sprache überarbeitet. Gleiches gilt für die im Anhang III wiedergegebene Übersetzung von Übersichtsbeiträgen über die Radontherapie aus dem Russischen ins Deutsche durch die Abteilung von Dr. Andrejew. Diese Übersetzungen wurden überarbeitet von B. und A. Sansoni, Frau R. Kurth, Frau A. Wiebecke und einer letzten Durchsicht in medizinischer Hinsicht unterzogen durch Herrn Dr. H. Holzgartner, München, dem Vorsitzenden des Bayerischen Internistenverbandes. Für die Textverarbeitung danke ich Frau A. Wiebecke.

Jülich, dem 15. April 1991

Prof.Dr. B. Sansoni

1. Einleitung

1.1 Ausgangspunkt Fichtelgebirge

Die Zentralabteilung für Chemische Analysen des Forschungszentrums Jülich GmbH hat in den Jahren 1981 bis 1990 im Fichtelgebirge insgesamt über hundert Radonquellen mit Radonwässern von mehr als 18 NanoCurie Radon-222 pro Liter entdeckt oder bestätigt (Lit. 2,3,4,6). Damit ist das Granitgebiet des Fichtelgebirges diejenige Gegend in der ehemaligen Bundesrepublik Deutschland, welche die weiteste Verbreitung von Radon-222 in natürlichen Wässern hat (Lit. 2,3,4,7). Nach den Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen (8) könnten alle hundert genannten Radonquellen hinsichtlich ihrer Radonkonzentration als "Radon-Wasser" anerkannt werden. Dies bildet eine der notwendigen Voraussetzungen für eine spätere Anerkennung einer Gemeinde als Radon-Heilbad.

Radon-Heilbäder gibt es in der Bundesrepublik bisher relativ wenige. Dazu gehören vor allem Bad Münster am Stein, Bad Kreuznach, Bad Steben und Sibyllenbad. Weitere stärkere Radonquellen haben auch Baden-Baden, Wiesbaden und Bad Nauheim, ohne diese allerdings therapeutisch anzuwenden. Im Gegenteil, allgemeinen Tendenzen in der Öffentlichkeit sich beugend, werden die dortigen Radon- und insbesondere teilweise recht hohen Radiumkonzentrationen eher verschwiegen (Lit. 4).

Im benachbarten Ausland kommen hinzu Meran und Bormio in Südtirol; Badgastein und Bad Hofgastein in Österreich; Ischia in Süditalien; Bad Brambach in der ehemaligen DDR und Jachymov (St. Joachimstal) in der Tschechoslowakei.

Bad Steben liegt jenseits des Nordrandes des Fichtelgebirges, das im Aufbau befindliche Sibyllenbad jenseits seines Südrandes. Die bei weitem häufigsten Radonquellen mit nicht

selten bis zu 45, vereinzelt auch bis zu 60 nCi Radon/l in natürlich austretenden Quellen, liegen aber im Zentralen Fichtelgebirge. Im Uranprospektionsstollen "Christa" in Großschloppen bei Weißenstadt hat der Berichtersteller 1983 in 140 m Tiefe im Stollen eine Quelle mit über 400 nCi Rn-222/l gemessen.

Daher kommt das Zentrale Fichtelgebirge nach Ansicht des Berichterstatters bevorzugt für die Gründung eines Radon-Heilbades in Frage. Zwei Gemeinden sind ernsthaft daran interessiert und haben bereits entsprechende Gutachten in Auftrag gegeben. Besonders im Anfangsstadium sind diese kleinen Gemeinden jedoch nicht in der Lage, die dazu gehörenden wissenschaftlichen Grundlagen zu erarbeiten oder in Auftrag zu geben. Daher hilft die ZCH im Rahmen ihres Forschungs- und Entwicklungsprogrammes FE 62.200 in wissenschaftlich-technischer Hinsicht, zum Beispiel durch Analyse von Wässern, Böden und Gesteinen (3,4,6,7,11) sowie Begutachtungen.

Der Naturwissenschaftler hat sich von ideologischen und politischen Augenblicksströmungen frei zu halten. In dieser Hinsicht ist darauf hinzuweisen, daß es sich bei der Radontherapie einerseits um natürliche und nicht künstliche Radioaktivität handelt und daß andererseits für das zu gründende Radonheilbad Zentrales Fichtelgebirge recht ist, was für die vorher erwähnten alten und ausgezeichnet florierenden Radonheilbäder billig ist.

1.2 Vergleich mit anderen Radon-Heilbädern in Mitteleuropa

Bei einem Vergleich mit bereits bestehenden Radon-Heilbädern bezog man sich bisher vorwiegend auf Badgastein und Bad Hofgastein in Österreich, Bad Münster am Stein und Bad Steben. Wegen der gegenüber Radioaktivität häufig negativen Grundeinstellung der Bevölkerung der Bundesrepublik wurden die Radonquellen in den bestehenden Radon-Heilbädern im

vergangenen Jahrzehnt nicht selten, gewissermaßen schamhaft, verschwiegen und andere Mineralquellen in den Blickpunkt geschoben, zum Beispiel in Bad Steben, Wiesbaden, Baden-Baden und Bad Nauheim. Man befürchtete eine Abschreckung von Kurgästen, ungeachtet des tatsächlichen Wertes von Radonkuren.

Im Ausland, zum Beispiel im Gasteiner Tal in Österreich, wurde dies nicht so gesehen. Selbst 1987, dem Jahr nach dem Reaktorunfall in Chernobyl, hatte man keine Einbußen an Kurgästen und belegten Bettenzahlen. Davon konnte sich der Berichterstatter bei einem Besuch in Bad Hofgastein im Jahr 1988 persönlich überzeugen. Trotzdem bestand in der Bundesrepublik, vor allem auch bei Behörden, weiterhin teilweise noch eine psychologisch und ideologisch begründete negative Einstellung gegenüber Radonheilkuren. Sie hängt indirekt zusammen mit der häufig geringen Akzeptanz des Phänomens Radioaktivität bei kerntechnischen Anlagen.

1.3 Besuch der Sowjetunion im September 1990

In der Zwischenzeit konnte der Berichterstatter im Juni 1990 auch Bad Brambach und Bad Elster in der ehemaligen DDR sowie im August 1990 Bad Joachimstal (Jachymov) in der CSFR besuchen.

Die Teilnahme an der 1. Internationalen Konferenz über Biologische und Radioökologische Auswirkungen des Chernobylunfalles im September 1990 in Zeleny Mys in der Ukraine und anschließende Radioaktivitätsmessungen in Chernobyl gaben dem Verfasser Gelegenheit, auf der Rückreise in Moskau das Nationale Forschungszentrum für Medizinische Rehabilitation und Physikalische Therapie, Kalinin Prospekt 50, sowie die Einrichtung für Radontherapie der Abteilung für Physikalische Therapie des Zentralen Sanatoriums des Verteidigungsministeriums der UdSSR in Archangelskoje zu besuchen.

Gesprächspartner im Forschungszentrum waren die stellvertretende Leiterin, Frau Prof.Dr. L. Nicolaewa und vor allem Herr Dozent Dr. S.V. Andrejew, Leiter der dortigen Abteilung für Informationsforschungen. Der Verfasser hatte ihn bereits 1989 in Bad Münster am Stein auf dem Internationalen Radontherapie-Kongreß kennengelernt. Im Sanatorium in Archangelskoje führte der Chefarzt der Abteilung, Oberst Dr. G.K. Lawrow, den Besucher.

Im Westen ist der Stand der Radontherapie in der UdSSR bisher weitgehend unbekannt geblieben. Der Berichterstatter hat darüber erstmals auf dem erwähnten Kongreß 1989 in Bad Münster am Stein durch einen Übersichtsvortrag von W.M. Bogolubov und S.V. Andrejew gehört.

Nach dem Eindruck des Besuches in Moskau und den dort erhaltenen Auskünften ist die Sowjetunion das Land, welches mit Abstand die breitesten und umfangreichsten Erfahrungen auf dem Gebiet der Radontherapie zur Heilung eines breiten Spektrums von Erkrankungen hat. Nach Schätzungen eines amerikanischen Wissenschaftlers (D. Parker) stammen fast 90 % aller einschlägigen Veröffentlichungen aus der Sowjetunion. Dr. Andrejew hat dazu selbst ca. einhundert-siebzig Arbeiten beigetragen. Als Leiter der Abteilung für Informationsforschung seines Institutes hat er einen ausgezeichneten Überblick über den Stand dieser Gebiete nicht nur in der UdSSR, sondern auch weltweit.

In westlichen Ländern, ausgehend vor allem von den USA mit seiner Umweltbehörde EPA sowie der internationalen Organisation ICRP wurden Radon und seine Wirkungen auf den menschlichen Organismus lange Zeit nahezu ausschließlich negativ gesehen und verteufelt. Demgegenüber behandelt man in der Sowjetunion in einer im Westen unbekannten Breite jährlich etwa eine Million (!) Patienten in jeweils dreiwöchigen Kuren mit Radon. Dies gilt auch für die Behandlung prominenter Patienten im Zentralen Sanatorium des Verteidigungsministeriums in Archangelskoje, wo man, ebenfalls im

Westen unbekannt, Radon zur Rehabilitation nach Herzinfarkten einsetzt.

Aus diesen Gründen kommt vorliegendem Reisebericht, insbesondere aber den Beiträgen von Dr. Andrejew in der Bundesrepublik im allgemeinen und im Hinblick auf die Aktivitäten zur Errichtung eines Radon-Heilbades im Zentralen Fichtelgebirge im besonderen große Bedeutung zu.

Einschränkend ist festzustellen, daß bei einem kurzen Besuch von zweieinhalb Tagen nicht alle erhaltenen oder gehörten Informationen auf ihre sachliche Richtigkeit geprüft werden konnten. Das gilt insbesondere für Zahlenangaben. Auch sind Fehler der Tonbandaufzeichnungen nicht ausgeschlossen. Außerdem ist der Berichterstatter kein Mediziner. Während eines kurzen Besuches im Dezember 1990 im Fichtelgebirge hat jedoch Dr. Andrejew freundlicherweise vorliegendes Manuskript auf gröbere Fehler hin durchgesehen. Die Übersetzungen aus dem Russischen im Anhang III mußten stilistisch überarbeitet werden, was nicht ganz einfach war.

2. Das Forschungszentrum in Moskau

Das Nationale Forschungszentrum für Medizinische Rehabilitation und Physikalische Therapie ist die zentrale Forschungs- und damit Leitstelle auch für die Radontherapie in der Sowjetunion. Es befindet sich im Zentrum Moskaus, nahe den Ministerien am Kalinina Prospekt 50. Leiter ist der Akademiker Prof.Dr. W.M. Bogolubov. Stellvertreter ist Frau Prof.Dr. L.F. Nicolaewa, Leiter der Radiobiologischen Abteilung Prof.Dr. I.I. Gusarow und Leiter der Abteilung für Informationsforschung Dozent Dr. S.V. Andrejew.

Dozent Dr. S.V. Andrejew ist 59 Jahre alt und war 1954 bis 1957 als junger Geophysiker bei der Sowjetischen-Deutschen AG Wismut im Erzgebirge bei Aue tätig. Er kennt dort noch viele Uranlagerstätten. Sie seien damals größer gewesen als im gesamten Belgischen Kongo. Er hat dort bis zu einem Meter dicke Schichten von schwarzer Uranpechblende gesehen (Anm.: Der Berichterstatter im Prospektionsstollen Großschloppen im Fichtelgebirge nur einen 1 cm breiten Gang). Er hatte dort in einem unbelüfteten Bergwerksgang bis zu maximal 3.000 nCi Radon/l Luft gemessen (?!). Er kennt von den deutschen Strahlenschützern vor allem Aurand und Jacobi, Steinhäusler aus Salzburg und Tauchert aus Bad Brambach.

Andrejew hat als Leiter der Abteilung für Informationsforschung einen guten Überblick über die Radontherapie in der Sowjetunion. Es gibt von ihm eine Liste aller Radonquellen der UdSSR (Anhang I) und darüber hinaus der Welt. Ferner sind in seiner Computerkartei diejenigen Wissenschaftler aller Länder erfaßt, die mindestens drei Veröffentlichungen auf den betreuten Fachgebieten haben. Zur Zeit stellt er mit seinen Mitarbeitern ein deutsch-russisches Wörterbuch für Kurorte, Physikalische- und Reflextherapie, Heilkörperkultur und Medizinische Rehabilitation zusammen.

Das Forschungszentrum am Kalinin Prospekt in Moskau umfaßt innerhalb und außerhalb Moskaus fast tausend Mitarbeiter. Davon sind etwa 420 in Moskau tätig. Die Radiobiologische Abteilung von Prof. I.I. Gusarow hat 15 Mitarbeiter, davon 10 Wissenschaftler. Sie befindet sich in einem Nebengebäude.

Es gibt etwa 16 weitere Außeninstitute und 14 kleinere Forschungslabors in Kurorten. Deren Direktoren bilden einen Rat, der über die Annahme oder Ablehnung von neuen Therapien entscheidet.

3. Radontherapie in der Sowjetunion

Die Radontherapie ist Teil der Anwendung natürlicher Heilmittel. Die Naturheilkunde ist in der Sowjetunion - einem Land mit nur relativ schwach entwickelter Pharmaindustrie - viel weiter fortgeschritten als in den westlichen Ländern. Man ist dort davon überzeugt, daß Radon ein wirksames Heilmittel für zahlreiche Erkrankungen ist. Es werden jährlich etwa 0,9 bis 1,1, im Mittel etwa 1 Million Radonkuren von jeweils etwa 3 Wochen Dauer durchgeführt. Dabei werden etwa 10 Millionen Badeeinheiten Radon verabreicht. Eine Badeeinheit ist dabei eine Wannenfüllung von etwa 200 l Radonwasser mit 20 - 400 nCi Rn-222/l. Das entspricht einer Gesamtmenge Radon von etwa 100 Ci Radon-222 pro Jahr, einschließlich von Verlusten durch Transport, Undichtigkeiten etc.. Pro Wannenfüllung sind dies dann etwa 8 bzw. 10 µCi Radon-222 für eine Radonkonzentration von 40 nCi/l im Bademedium.

Es werden nicht nur Radonwasser- und Radonluftbäder wie in Deutschland, sondern auch weitere Anwendungsformen von Radon eingesetzt. Vom Forschungszentrum am Kalinin Prospekt und den anderen Instituten und Laboratorien in der UdSSR konnten dabei über mehrere Jahrzehnte hinweg optimale Behandlungsverfahren hinsichtlich der Art der Krankheit, Anwendungsform und Konzentration des einzusetzenden Radons entwickelt und durch die erwähnte Kommission verabschiedet werden. Das Gesundheitsministerium hat offizielle Richtlinien erlassen, die unter anderem auch den Strahlenschutz in der Radontherapie gesetzlich regeln.

Durch die Breite und große Zahl der Anwendungen, die systematisch untersuchten Behandlungsmethoden und die sich daraus ergebende Erfolgskontrolle liegt in der Sowjetunion auf dem Gebiet der Radontherapie ein Umfang an Erfahrung vor, der im Westen als erstaunlich bezeichnet werden kann. Wie bereits erwähnt, stammen nach einer Schätzung von D. Parker (USA) 90 % aller Veröffentlichungen über Radontherapie aus der UdSSR.

Da die für die Radontherapie notwendigen natürlichen Radonquellen sich häufig am Rande der UdSSR befinden, zum Beispiel Pjatigorsk im Kaukasus, und nur relativ wenige in Zentralrußland, zum Beispiel Khmelnik in der Ukraine und gar keine im Raume Moskau, hat man frühzeitig begonnen, Radon künstlich herzustellen und zur Therapie an beliebigen Orten einzusetzen. Ein dafür notwendiger Radongenerator besteht nach den im Forschungsinstitut am Kalinin Prospekt ausgearbeiteten Techniken jeweils aus etwa 30 mg Radium-226 und einer in einer Glove Box untergebrachten Verdünnungs- und Abfüllstation. Heute werden von einer Million jährlicher Radonanwendungen etwa 70 % mit künstlich erzeugtem Radon durchgeführt.

Die für die Radontherapie wichtigsten Radionuklide, auf welche sich die Heilwirkung des Radons gründet, sind:

Nuklid	Rn-222 Radon	Po-218 RaA	Pb-214 RaB	Bi-214 RaC	Po-214 RaC'
Halbwertszeit(T/2)	3,82 d	3,05 m	26,8 m	19,8 m	$1,62 \cdot 10^{-4}$ s

4. Natürliche Radonwässer

Die Zusammenstellung der natürlichen Radonwässer der UdSSR von Andrejew (Anhang I) enthält 152 Quellenstandorte. Davon haben etwa 83 Radonquellen mindestens 18 nCi Radon-222/l, entsprechend dem unteren Grenzwert der Begriffsbestimmungen des Deutschen Bäderverbandes e.V. (8) für die Anerkennung als "Radonwasser". Insgesamt verwenden nach Andrejew etwa 78 Kurorte Radon zur Therapie, entweder ausschließlich oder neben anderen wirksamen Wasserinhaltsstoffen bzw. Heilquellen.

Radon-Heilbäder gibt es in der Sowjetunion etwa 40, davon 10 bis 15 größere. Ausgesprochene sogenannte Großkurorte für Radonanwendungen sind Pjatigorsk am Nordrand des Kaukasus als wohl bekanntestes Radonbad der UdSSR, dann Khmelnik in der Ukraine, Belokuricha im Altaigebirge, Dzchety-Ogus in Kirgisien, Nowosibirsk in Sibirien und Zhaltubo in Georgien. Die zugehörigen Radonkonzentrationen der natürlichen Heilwässer dieser Großkurorte enthält Tabelle 1.

Großkurort	Gebiet	Radon-222-Konzentration (nCi/l)
Belokuricha	Altai	4-16; 10 Qu, 5 Bo, 1 Br
Dzchety-Ogus	Kirgisien	30-125; Bo
Nowosibirsk	Sibirien	4-670; Bo
Pjatigorsk	Kaukasus	18-330; 2 La
Khmelnik	Ukraine	2-97; Bo
Zhaltubo	Georgien	2,5-33; ca. 80 Bo u Qu

Tabelle 1: Großkurorte für Radontherapie in der Sowjetunion.

Qu: Quelle, Bo: Bohrung, Br: Brunnen, La: Lagerstätte

Man sieht aus der Liste in Anhang I deutlich, daß sich die meisten Vorkommen an natürlichen Radonwässern tatsächlich in Randlagen der UdSSR befinden. Zahlreiche der bedeutenderen Radonquellen sind Bohrungen in Lagerstätten. Das bekannteste und wohl größte Radon-Heilbad der UdSSR dürfte Pjatigorsk im Nord-Kaukasus sein. Die Tabelle 2 im Anhang I führt dort 31 Radonquellen auf, dazu verschiedene Kohlensäure- und Schwefelwasserstoff-Quellen. Die Radonquellen enthalten bis zu 280 nCi Rn-222/l. In Dzchety-Ogus liefern Bohrungen Radonkonzentrationen zwischen 30 und 125 nCi Rn-222/l. In Nowosibirsk handelt es sich um Bohrungen in Lagerstätten mit 4 bis 670 nCi Rn-222/l. Khmelnik bei Winniza in der Ukraine hat im Wasser aus seinen Bohrungen zwischen 4 und 97 nCi Rn-222/l. Für Zhaltubo in Georgien sind etwa 80 Bohrungen und Quellen mit 2,5 bis 33 nCi Rn-222/l angegeben.

Neben der überwiegenden Randlage der natürlichen Radonquellen ist auch die Dichte der Verteilung der Radonquellen (152 Radonquellen, von denen zahlreiche sogar unter 18 nCi Rn-222/l liegen), bezogen auf die riesige Fläche des Landes, nicht allzu groß. Sie kommt nicht an diejenige des Erzgebirges oder auch Fichtelgebirges heran. Hinsichtlich der Höhe der Radonkonzentrationen der einzelnen Quellen gilt ähnliches. Hier hat das Erzgebirge eine absolute Spitzenstellung in Europa, gefolgt vom Fichtelgebirge, wenn man nur die natürlich austretenden und bisher untersuchten Radonquellen betrachtet. Die extrem hohen Radonkonzentrationen des Erzgebirges finden sich vor allem in Quellen aus Bergwerken oder Bohrungen, nicht als freie Quellaustritte. Im Fichtelgebirge sind die vom Berichterstatter gemessenen etwa hundert Radonquellen ganz überwiegend freie Quellaustritte und sogar Teile von öffentlichen Trinkwasserversorgungen. Darüber hinaus hat der Berichterstatter 1983 im Uran-Prospektionsstollen Christa bei Großschloppen in einem Quellaustritt auf der Stollensohle, unmittelbar unter einem Uranpechblende-Gang, etwa 440 nCi Rn-222/l gemessen; im

Brunnen des Uranbergwerkes am Rudolfstein bei Weißenstadt
im Juni 1990 etwa 70 nCi Rn-222/l.

Radonvorkommen sind unmittelbar an Radium und dadurch
letztlich auch an Uranerzvorkommen gebunden. Daher über-
rascht es nicht, daß die Sowjetunion seinerzeit nach
Kriegsende bei der Urangewinnung zur Herstellung der ersten
russischen Atombomben auf das Uran des Erzgebirges zurück-
gegriffen hat. Inzwischen sind aber auch in der UdSSR große
Uranerzlagertstätten gefunden worden.

Es wäre interessant, etwas über die zu den im Anhang I an-
gegebenen Radonkonzentrationen gehörenden entsprechenden
Radium-226-Konzentrationen zu erfahren.

5. Künstlich erzeugtes Radon

Die zuletzt geschilderte Lage läßt es verständlich erscheinen, daß man in der UdSSR, besonders aber in Moskau, nach Wegen gesucht hat, trotz des Fehlens natürlicher Radonquellen doch Radonkuren durchführen zu können. Die Möglichkeit dazu eröffneten aus Radium-226 bestehende Radongeneratoren, die heute als Standardtyp 30 mg (!) Radium-226 enthalten. Durch Überleiten eines Radon-Luft-Gemisches und nach der Lösung des Radons im Wasser erhält man extrem hoch konzentrierte Radonwässer mit bis zu 3 $\mu\text{Ci/ml}$, die in einem Glove-Box System automatisch in 100 ml Glasfläschchen mit Wasser abgefüllt werden. Je nach Bedarf an unterschiedlich konzentrierten Radonwässern wird konzentrierte Radonlösung in die Fläschchen als erforderliche Portion dosiert. Diese Fläschchen lassen sich zum Beispiel innerhalb Moskaus leicht an beliebige Orte einer Radonanwendung transportieren. In der Sowjetunion gibt es derzeit etwa 300 solcher künstlicher Radongeneratoren, die insgesamt $30 \times 300 = 9$ Gramm Radium-226 enthalten! Wenn diese künstlich erzeugten Radonwässer etwa 70 % aller in der Sowjetunion erzeugten Radonwässer ausmachen, dann können sie etwa 700.000 dreiwöchige Radonkuren mit insgesamt 7 Millionen Badeeinheiten zu je 200 l Radonwasser mit 40 nCi/l bedienen.

Die Anwendung von künstlich aus Radongeneratoren erzeugtem Radon-222 hat gegenüber der Anwendung natürlicher Radon-Heilwässer sogar wichtige Vorteile:

1) Unabhängigkeit von den willkürlichen Standorten natürlicher Radon-Heilwässer.

Radon wird an jedem beliebigen Ort anwendbar, Voraussetzung ist nur ein Radongenerator. Es entfallen lange Anreisen, teure Kuraufenthalte und Anpassungsschwierigkeiten des Patienten. Das hat besondere Bedeutung für die Kliniken des Raumes Moskau.

2) Reinheit des künstlich erzeugten Radon-222.

Dieses ist sehr rein und enthält, zumindest zunächst, praktisch keinerlei Zerfallsprodukte. Da die eigentliche Gefahr des Radons nicht von diesem selbst, sondern von seinen energiereichen und alphastrahlenden Zerfallsprodukten ausgeht, ist dies ein wichtiger Vorteil gegenüber natürlichem Radon, das immer die Zerfallsprodukte mit enthält. Es ist wichtig, das frisch erzeugte reine Radon-Wasser sofort an den Ort der Anwendung zu transportieren und dort umgehend anzuwenden. Das ist innerhalb Moskaus kein Problem. Einzelne andere Radontherapien beruhen allerdings gerade auf der Anwesenheit der Folgeprodukte.

3) Beliebige Konzentrationen an Radon-222

lassen sich mit dem Radongenerator erzeugen, darunter auch so hohe, die man mit natürlichen Heilwässern nicht erreichen kann. Dort begrenzt ja die natürliche Radonkonzentration die maximal verfügbare Konzentration. Das ermöglicht es, bei wissenschaftlichen Untersuchungen für eine bestimmte Heilanwendung jeweils die optimal wirksame Radonkonzentration zu erarbeiten. Das ist in der Sowjetunion in den letzten Jahrzehnten offenbar in großem Umfang für viele und ganz unterschiedliche Anwendungen geschehen.

4) Vergleichbarkeit von Heilerfolgen

an unterschiedlichen Therapiestandorten wird möglich, da man mit künstlich erzeugtem Radon für Vergleichszwecke überall die gleiche Radonkonzentration einsetzen kann.

5) Künstlich erzeugtes Radon-222 ist sehr billig.

Lediglich die Erstanschaffung des Radongenerators mit jeweils 30 mg Radium ist teuer. Wegen der langen Halbwertszeit von 1622 Jahren für Radium-226 verbraucht sich der Generator praktisch überhaupt nicht. Man muß nur jeweils bei Bedarf das gebildete Radon abpumpen oder auswaschen. Zum Beispiel kostete 1986 in Moskau die für eine einmalige Radonanwendung in einer Wanne von 200 Litern Fassungsvermögen und einer Radonkonzentration von etwa 40 nCi/l erforder-

derliche Radonmenge aus dem Radongenerator nur 32 Kopeken/Anwendung (heute ca. das Doppelte). Das entspricht beim derzeitigen Umrechnungskurs etwa 8 bis 10 Pfennigen.

6) Unabhängigkeit vom Salzgehalt der natürlichen Radon-Heilwässer.

Man kann auch salzfreies Radonwasser herstellen und anwenden.

7) Kontamination

Die Gefahr einer Kontamination des Patienten durch Spuren von Radium aus dem Radongenerator wird durch entsprechende Konstruktion des Generators ausgeschlossen. So darf das Radiumsalz keinen direkten Kontakt mit der wässrigen Radonlösung haben. Das Abpumpen des Radons erfolgt über die Gasphase.

8) Doppelblindkontrollen

Sie werden für Gruppen mit ähnlichen Erkrankungen möglich, die man statistisch auswerten kann.

Das besuchte Moskauer Forschungszentrum hat in der Radiologisch-biologischen Abteilung von Prof.Dr. I.I. Gusarow derzeit 6 Radongeneratoren zu je 30 mg Radium sowie verschiedene kleinere Radiumquellen für unterschiedliche Anwendungen im Kellerlabor stehen, zusammen also etwa 200 mg Radium-226. Ob die dort vorhandenen Bleiabschirmungen von $2 \times 5 = 10$ cm Blei + Betonabschirmung sowie die Qualität und das automatische Pumpsystem für das erzeugte Radonwasser für die in der Bundesrepublik geltenden Sicherheitsvorschriften ausreichend sind, vermag ich nicht abzuschätzen. Jedenfalls sollen sie aber den in (17) veröffentlichten Vorschriften des Gesundheitsministeriums der UdSSR genügen.

Die oben genannten Vorteile des künstlich erzeugten Radons sind überzeugend. Sofern man nicht von im Überfluß vorhandenen natürlichen Radonquellen, wie im Fichtelgebirge, auszugehen hat und diese der Ausgangspunkt zur Errichtung ei-

nes Radon-Heilbades sind, bietet sich die Ausstattung mit einem entsprechenden Radongenerator für 30 mg Radium an, zum Beispiel für Großstädte wie München, Nürnberg etc.

6. Heilanzeigen und Kontraindikationen von Radonkuren

Auf Grund der geschilderten Sachlage besitzen die Ärzte der UdSSR eine lange, breit gestreute und eingehende Kenntnis der Radontherapie innerhalb der physikalischen Therapie bei der Rehabilitation. Durch das große Nationale Forschungszentrum am Kalinin Prospekt in Moskau und die zahlreichen kleineren Laboratorien im Lande konnten über mehrere Jahrzehnte hinweg verschiedenartigste Heilanwendungen studiert und jeweils optimale Bedingungen entwickelt und eingeführt werden. Über die offizielle Einführung einer neuen Radontherapie entscheidet fachlich der Rat der Institutsdirektoren der genannten Forschungseinrichtungen. Die offizielle Genehmigung erteilt dann das Gesundheitsministerium.

So ist es verständlich, daß das Anwendungsspektrum von Radon-Heilkuren in der UdSSR sehr viel breiter ist als in der Bundesrepublik und auch in Österreich. In den USA gibt es meines Wissens kein System von Radonbädern und -kuren, welches dem mitteleuropäischen und russischen vergleichbar wäre.

Als für den westlichen Besucher sehr bemerkenswert kann man die Radonbehandlung von Herzinfarkt-Folgeerscheinungen, allgemein von Koronarerkrankungen, bezeichnen. Hierzu wird die gefäßerweiternde Wirkung von Radon-Bädern (naß und trocken) genutzt.

Die Liste der Indikationen für Radonkuren ist wesentlich breiter als in den meisten westlichen Ländern Europas. Sie umfaßt in der UdSSR nach Andrejew folgende Krankheitsgruppen:

1) Gelenkerkrankungen.

Arthrologie, mit Bechterew, Arthritiden, Spondylotiden.

Breite, klassische Anwendung.

2) Herzgefäßerkrankungen (Koronarerkrankungen).

Zustände nach Herzinfarkt, Verengung und Störung der Herzkranzgefäße, Hypertonie.

3) Erkrankungen des Bewegungsapparates.

Breite Anwendung auf Erkrankung der Gelenke und Muskeln.

4) Männliches und weibliches Geschlechtssystem.

Breite Anwendung. Auch Myome bis zu bestimmter Größe.

5) Erkrankungen des Nervensystems.

6) Endokrinologie.

7) Stoffwechselerkrankungen,

zum Beispiel Gicht.

8) Hautkrankheiten.

Bestimmte Formen, u.a. auch Psoriasis und Neurodermitis.

Kontraindikationen dürften ähnlich wie in westlichen Ländern sein. Zu ihrer Diskussion blieb keine Zeit.

7. Technik der Anwendung von Radon

Von den im Laufe der Zeit entwickelten Anwendungsformen von Radon zur Radontherapie haben sich in den westlichen Ländern Europas, also in Österreich, in der Tschechoslowakei und Deutschland nur mehr zwei erhalten: die Radonwasser- und -luftbäder sowie Inhalationen. Andere sind vorwiegend wegen zu starker Strahlung oder Inkorporation des Radons, teilweise auch aus Rücksichtnahme auf die Psychologie der Patienten und Bevölkerung, weggefallen.

Die in den UdSSR hauptsächlich verwendeten Anwendungsformen der Radontherapie sind

- Radonwasserbäder (häufigste Anwendung)
- Radonluftbäder (kreislaufschonend)
- Trinkkuren mit Radonwasser (Magen, Niere, Nervensystem)
- Inhalation von Radon/Luft-Gemisch (Lunge, Blut)
- Spülungen von Körperhöhlungen mit Radonwasser (Mund, Vagina)

7.1 Radonwasserbäder

Nur etwa 0,5 % der im Badewasser gelösten Radonkonzentration gelangt bei einem 15 Minuten dauernden Radonbad in den Körper. Nur 30 % der vom Körper absorbierten Strahlungsenergie des Radons und seiner Zerfallsprodukte (90 % davon ist Energie von Alpha-Strahlung) diffundieren in den Körper hinein, 70 % sind an der Außenhaut adsorbierte Radon-Zerfallsprodukte. Für das Bad in Radonwasser (nasses Radonbad) sind daher Radon-Zerfallsprodukte wichtig. Unmittelbar nach Beendigung des 15-Minuten-Bades erreicht die in der Haut absorbierte Radonmenge 20 bis 30 % der Radonkonzentration des Wassers. In anderen Geweben ist sie um einen Faktor von 30 bis 200 niedriger. Nur etwa 0,5 % der in den Körper gelangten Radonatome zerfallen im Gewebe. Die Zerfallsprodukte entfalten entweder hier ihre Wirkung oder werden mit

dem Blut in andere Gewebeteile transportiert und zerfallen dort. Aus dem Hautdepot gelangt nicht zerfallenes Radon relativ schnell mit einer biologischen Halbwertszeit von $T/2 = 10$ Minuten in das Blut. Teilweise diffundieren Radon und seine Zerfallsprodukte in das unter der Haut liegende Fettgewebe. 60 % der Radonotope werden vom Körper wieder durch die Lungen ausgeatmet und 40 % durch die Haut. Ein anderer Teil des Radons, der im Fettgewebe und einzelnen inneren Organen verblieben ist, wird auch dort hauptsächlich durch die Lungen, allerdings mit einer Halbwertszeit von $T/2 = 50$ Minuten entfernt. Zwei Stunden später sind nur noch weniger als 10 % des Radons im Körper verblieben. Der Hauptteil der im Körper entstandenen Radon-Zerfallsprodukte bleibt dort und zerfällt in der Haut. Ein gewisser Teil der Radontöchter aus dem Hautdepot, dem Fettgewebe und den Gonaden gelangt in Organe mit exkretorischen Funktionen, insbesondere den renalen Cortex. Dieser bildet das zweite Depot für Radontöchter und bewirkt eine etwas erhöhte Bestrahlung der Nieren. Die Nieren sind damit nach der Haut das am zweitstärksten von der Radonbestrahlung betroffene Organ.

Das Radon aus dem Badewasser durchdringt die Haut nicht wie eine semipermeable Membran. Es wird in den oberen Gewebeschichten der Haut abgelagert und dort konzentriert. Die Haut macht nur etwa 3 % des gesamten Körpergewichtes aus. Sie ist aber nicht nur Radondepot, sondern regelt auch den Weitertransport zu anderen Geweben und Organen. So wird verständlich, daß Hyperthermie (z.B. im Böckstein-Stollen) durch eine Intensivierung der Mikrozirkulation des Blutes in der Haut als Folge der höheren Wassertemperaturen oder auch Kohlendioxid das Radondepot der Haut rasch auflösen. Schon während des Bades wird Radon durch die Lungen ausgeatmet. Das verringert die Verweilzeit des Radons im Körper und damit die Strahlenbelastung der Haut. Gasblasen von Kohlendioxid können auf der Hautoberfläche das Eindringen von Radon in die Hautdepots verringern.

Eine Abscheidung von Radontöchtern in der Haut gilt als sicher. Von der Hautoberfläche wandern Radontöchter in die verhornten Schichten der Haut.

Dabei ergeben sich folgende Faktoren:

- 1) Die Strahlendosis eines Körpers durch Zerfall der Radontöchter auf der Haut beträgt gewöhnlich etwa 70 % aller absorbierten Strahlungsenergie durch die Radonbehandlung. Der Rest von etwa 30 % wird dem Zerfall des Radons und seinen Zerfallsprodukten im Körper zugeordnet.
- 2) Die Abscheidung der Radontöchter auf der Hautoberfläche ist nicht sehr fest. Ein Teil der kurzlebigen Töchter kann während der 2 bis 3 Stunden ihrer Existenz in den Körper eindringen und bis zum unteren Teil der Hornschicht gelangen. Damit können diese Radionuklide durch ihren Zerfall nicht nur die Zellen der Hornschicht, sondern auch diejenigen tieferer Hautschichten bestrahlen.
- 3) Durch die Bestrahlung der oberen Epidermisschichten werden biologisch aktive Radiolyseprodukte in der Hornschicht gebildet. Sie können in die tieferen, empfindlichen Hautschichten und weiter bis zu den Nervenenden eindringen. Das erklärt die gefundene Wirkung der Bestrahlung der Haut durch Radonzerfallsprodukte. Insbesondere spielt die Einwirkung des Radons auf die Langerhans'schen Zellen eine wichtige Rolle. Dadurch wird das Immunsystem des Organismus stimuliert (B. Pratzel, 1989).

Aus dem Radonbad werden folgende Anteile der gesamten vom Organismus aufgenommenen Strahlungsenergie absorbiert:

- 83 % durch die Haut
- 9 % durch das Fettgewebe
- 8 % durch andere Gewebe.

Die Niere erhält eine Bestrahlung aus dem sekundären Depot der Radontöchter. Die Bestrahlung aller anderen Gewebe, des

Blutes, Nervengewebes, der Gonaden und Drüsen der inneren Sekretion ist dagegen unbedeutend und vernachlässigbar.

Die Bedingungen des Radonbades beeinflussen den Grad der Bestrahlung des Körpers. Sie ist proportional

- der Konzentration an Radon und seinen Töchtern im Badewasser,
- der Dauer des Bades und
- der Anzahl Bäder während der Kur.

Sie hängt weiterhin ab von der

- Größe der Hautoberfläche, die dem Bad ausgesetzt ist,
- verringert sich mit steigender Temperatur,
- steigendem Kohlendioxidgehalt und
- sich bildenden Gasblasen

Die Bestrahlung steigt stark an

- mit einer Bewegung des Körpers im Wasser
- oder in fließendem Wasser.

Die Strahlendosis, die der Körper durch ein Radonbad erhält, ist relativ gering. Bei einer Konzentration von 1,5 kBq/l bzw. 40 nCi/l Radon im Wasser und 15 Minuten Badedauer erhält die Haut eine absorbierte Strahlendosis von nur 0,09 mSv (9 mrem), die Niere von etwa 0,3 mrem und die anderen Organe noch weniger.

Weitere Einzelheiten sind dem Originalmanuskript in Anhang II zu entnehmen.

Zusammenfassend werden der Körper und hauptsächlich seine Haut während des Radonbades und unmittelbar danach während einer relativ kurzen Zeit durch Alphastrahlung bestrahlt. Hinsichtlich der biologischen Folgen kann die Bestrahlung aller anderen Gewebe und Organe, ausgenommen der Nieren und des unter der Haut liegenden Fettgewebes, vernachlässigt werden. Die Bestrahlung bewirkt im Hautgewebe

- eine Ionisierung der Moleküle im Bereich der Ionisierungsspur der Alphateilchen
- die Bildung radiogener Radikale (z.B. OH-Radikale) und anderer, stabiler Radiolyseprodukte in denjenigen Bereichen, in denen die Radonotope und Radontöchter zerfallen.

Außerdem werden die Hautreflexzonen durch

- radiochemisch erzeugte Substanzen beeinflusst. Insgesamt wird das Hautgewebe durch eine
- komplexe Kette von Reflex-Regulierungsmechanismen angeregt, welche "auf längere Sicht Bedingungen mit einer definitiven Wahrscheinlichkeit zur Manifestierung von biologischen und medizinischen Effekten" schaffen.

7.2 Radonluftbäder

Ihre Wirkung ist grundsätzlich derjenigen der Radonwasserbäder ähnlich. Es fällt jedoch die Belastung des Organismus durch die Wasserbehandlung weg. Das ist bei schweren Kreislauf-, aber auch Hauterkrankungen wichtig. Auch die Höhe der durch den Körper aufgenommenen Strahlendosis ist ähnlich derjenigen im Radonwasserbad. Allerdings werden innere Organe so gut wie überhaupt nicht bestrahlt. Auch dringt Radon etwas schwächer in den Organismus ein als beim Wasserbad.

Die absorbierte Strahlendosis der Haut ist jedoch bei sonst vergleichbaren Bedingungen viel höher als im Radonwasserbad. Zum Beispiel ergibt ein Radonluftbad mit einer Radonkonzentration von 1,5 kBq/l Luft (40 nCi/l), einem Gleichgewichtsfaktor zwischen Radon und seinen Zerfallsprodukten von 0,70 und einer Badezeit von 15 Minuten eine mittlere Hautdosis von 15 mSv, entsprechend 1,5 rem. Das ist bis zu 170 mal höher als im vergleichbaren Wasserbad. Deshalb können geringere Radonkonzentrationen bei gleicher Wirkung eingesetzt werden. Die Anwesenheit von Radonzerfallsproduk-

ten ist jedoch notwendige Voraussetzung für den Erfolg des Radonluftbades.

Da der Effekt der Strahlenwirkung ganz ähnlich derjenigen im Wasserbad ist, sind die Indikationen und Kontraindikationen sehr ähnlich. Durch eine stärkere Variationsbreite der experimentellen Bedingungen beim Luftbad kann jedoch die Zahl der Indikationen deutlich vergrößert werden. Zu diesen Faktoren gehören:

- Wegfall des hydrostatischen Wasserdruckes
- kein Wasser als physikalisch-chemischer Faktor
- größerer Bereich der Radonkonzentration
- der Lufttemperatur und
- Bewegung des Mediums.

Das erweitert die Indikationen für Patienten in kritischem Zustand. Man kann mit deren Behandlung zu einem früheren Zeitpunkt beginnen, zum Beispiel nach einem myocardialen Infarkt. Man kann aber auch Ekzeme durch örtliche Radon-Luftbäder behandeln, was mit Wasser nicht geht.

7.3 Weitere Formen der Radon-Anwendung

Sie betreffen vor allem die Inhalation von Radon/Luftgemischen, die möglichst frei von Radonzerfallsprodukten sein sollten und Trinkkuren, für die relativ hohe Radonkonzentrationen notwendig sind. Dazu sei auf die Übersicht von Andrejew im Anhang II verwiesen.

8. Maximal zulässige Strahlendosen in der Radontherapie

Folgende Grenzwerte für die Strahlenbelastung bei der Radontherapie sind vom Gesundheitsministerium der UdSSR als Vorschriften für die Durchführung von Radonkuren in der UdSSR offiziell festgelegt (17).

1) Im allgemeinen darf ein Patient pro Jahr nur eine einzige Radonkur erhalten.

2) Eine Radonkur mit Wasserbädern besteht aus maximal 15 Anwendungen von jeweils 15 Minuten Dauer mit Radonkonzentrationen nicht über 1000 nCi Radon/l, entsprechend 37.000 Bq/l Wasser.

3) Radonluftbäder bestehen ebenfalls aus maximal 15 Behandlungen mit jeweils 15 Minuten Dauer und Radonkonzentrationen von nicht mehr als 250 nCi Radon/l, entsprechend 9.000 Bq/l Luft.

4) Radon-Inhalationen mit Radon, welches im Gleichgewicht seine Zerfallsprodukte enthält, bestehen wiederum maximal aus 15 Anwendungen von jeweils 15 Minuten Dauer, jedoch mit Radonkonzentrationen von nicht mehr als 5 nCi Radon/l, entsprechend nur 185 Bq/l Luft.

Bei derartigen Anwendungen ist jedoch wegen der Anwesenheit der Radonzerfallsprodukte Vorsicht geboten.

5) Bei Trinkkuren mit Radonwasser darf die Summe der Radonaktivitäten während der Kur 72.000 nCi Radon entsprechend 2,7 MBq nicht überschreiten.

9. Aktuelle Probleme der Radontherapie

Sie sind von Andrejew im Anhang II ausführlich diskutiert worden.

Hier sei nur die Zusammenfassung auf Seite 110/111 seines Manuskriptes wiedergegeben.

1) Es kann heute als gesichert gelten, daß Strahlung von Radon und seinen Zerfallsprodukten bei der Einwirkung auf den damit behandelten Organismus offensichtlich verschiedene biochemische und biologische Prozesse beeinflusst. Dieser stimulierende Effekt ist am stärksten für Alphastrahlung von nicht mehr als 1 bis 10 rem (0,01 bis 0,1 Sv) Äquivalentdosis.

In diesem Bereich ergaben sich folgende Phänomene: Stimulierung des sympathetischen Adrenalin-Systems, primär seiner hormonellen Glieder; Stimulierung der Regeneration von Gewebe (Sa: Repair-Mechanismen?); klar sichtbare Effekte auf die immunobiologische Reaktionsfähigkeit des Organismus; deutlich entzündungshemmender, analgetischer und blutstillender Effekt; normalisierender Effekt auf den Blutdruck; weitere Funktionen des Organismus.

2) Bei der Behandlung zahlreicher Erkrankungen ergaben sich klare Heileffekte, ausgelöst durch die Strahlung während der Heilbehandlung, nach Strahlendosen unterschieden. Dazu gehören neuralgische, kardiovaskuläre, metabolische, thritische, urologische, gastroenterologische, gynäkologische, Haut- sowie Kindererkrankungen und andere. Unter der Voraussetzung, daß die Dosierungen nach wissenschaftlich fundierten Gesichtspunkten erfolgten, erreichte die Wirksamkeit der Behandlung mancher Krankheiten 60 bis 80 und mehr Prozent. Das Mittel der Verbesserung in der Placebo-Gruppe lag vergleichsweise bei nur 20 bis 30 %. Die Hinzunahme anderer, weiterer Heilfaktoren kann diese Wirksamkeit verbessern, aber auch gelegentlich verschlechtern. Anwesenheit von Kohlendioxid verringert die Wirksamkeit des Radons.

Damit gibt es zweifelsfreie Beweise für die Wirksamkeit einer Behandlung von Mensch und Tier durch geringe Dosen ionisierender Strahlung bei fehlerfrei angewendeter Radonkur.

3) Es existiert kein Risiko unerwünschter und unnötiger Nachfolgeeffekte bei einer Bestrahlung des Patienten durch geringe Dosen ionisierender Strahlung unter den Bedingungen der Radon-Heilanzeigen. Das Risiko ist auch bei einer modernen Massenbehandlung von Patienten mit Radon so gut wie nicht vorhanden.

Die einzige Ausnahme kann die weit verbreitete Inhalation von Radon sein, wenn die inhalierte Luft gleichzeitig größere Mengen von Radon-Zerfallsprodukten enthält. Zum Beispiel über 200 Working Level (WL) oder $3 \cdot 10^7$ MeV, mit einer Gesamtdauer der Inhalation von über 10 Stunden. Aber auch das bedarf noch weiterer Untersuchungen. Es sieht jedoch so aus, als ob es nötig wäre, als Vorsichtsmaßnahme die Bestrahlung des Atmungsstraktes des Menschen dadurch zu verringern, daß man die inhalierte Luft vorher filtert und dadurch die Zerfallsprodukte abtrennt, sofern nicht gerade diese Zerfallsprodukte angewendet werden sollen.

4) Das Risiko unerwünschter Nacheffekte durch Bestrahlung des Betriebspersonales von Radon-Heileinrichtungen und -Laboratorien ist sehr gering. Das haben Untersuchungen des Personals während vieler Jahre in unterschiedlichen Radon-Heilbädern ergeben. Voraussetzung ist, daß vorgesehene Schutzmaßnahmen, insbesondere vollständige Ventilation der Atemluft in Behandlungsräumen, ausreichende Kontrolle der Dosimeter und Monitore sowie Erziehung des Personals in richtiger Weise durchgeführt wurden.

10. Weitere Gespräche

Bei den nachfolgend wiedergegebenen Gesprächen mit Dr. Andrejew und Prof. Gusarow kommt es gelegentlich zu Wiederholungen.

Die Radiobiologische Abteilung des Forschungsinstitutes in Moskau ist das führende Laboratorium der UdSSR hinsichtlich organisatorischer und fachlicher Fragen der Radontherapie. Arbeitsschwerpunkte der 15 Mitarbeiter, davon 10 Wissenschaftler oder Ingenieure, sind biologische Wirkung, Hygiene, Dosimetrie, Technologie, Anwendung von Radonbädern und Trinkkuren. Es wird nur künstlich erzeugtes Radon verwendet, das im Institut zentral für ganz Moskau aus Radongeneratoren gewonnen wird. Die Abteilung führt auch Fortbildungskurse durch.

10.1 Radongeneratoren

Im Keller befinden sich zur Zeit 6 Radongeneratoren mit jeweils 30 mg Radium sowie mehrere kleinere. Insgesamt sind das 200 mg Radium-226, die hinter 10 cm Blei sowie einem halben Meter Betonabschirmung installiert sind. Ein automatisches Pipettiergerät befindet sich in einer Glove-Box und dosiert die anfallenden sehr konzentrierten Radonlösungen. Die Radonkonzentrate werden in einfachen 100 ml Glasfläschchen hergestellt und täglich als zwei- bis viertausend Badeeinheiten an Kliniken und Radonlabors im Umkreis von Moskau ausgeliefert. Für die Heilstätten im Moskauer Gebiet existiert noch ein Großlabor in etwa 30 km Entfernung von Moskau mit 10 Radiumpräparaten und 330 mCi (mg) Radium.

Die Radonkonzentration in diesen Wässern kann, da sie sehr hoch ist, durch Gammaskpektrometrie bestimmt werden. Es gibt dafür ein in Ungarn hergestelltes Einkanal-Gammaskpektrometer NK-350. Seine Nachweisgrenze beträgt für 8 Minuten Messung 10 Impulse pro Sekunde pro nCi Radon-222. Die Eichprä-

parate haben eine Aktivität von 10 bis 1.500 nCi. Damit ist 1 nCi/l im Radonwasser noch gut meßbar. Diese relativ hohe Nachweisgrenze reicht für vorliegende radon-balneologische Zwecke aus. Der Kellerraum mit den Radongeneratoren ist gut gelüftet und hat 20-fache Luftumsetzung/h. Für Radon-Bäder-abteilungen gilt eine 6 bis 8-fache Luftumsetzung/h.

10.2 Radontherapie

Es wird die Radontherapie anhand des Buches von I.I. Gusarow (21) nochmals durchgesprochen. Danach wird in der Sowjetunion, wie bereits erwähnt, Radon hauptsächlich als Bad mit Radonwasser oder als Bad mit Radonluft angewendet.

Wirksam ist dabei nur die Hautdosis des Radons. Es erfolgt keine Einatmung. Die Dosisleistung während der Behandlung für die Haut ist etwa 30 bis 100-mal höher als die durch natürliche Strahlung erzeugte. Die natürliche Strahlung alleine wäre zu schwach. Die Bestrahlung wirkt noch während einer dreistündigen Abklingzeit.

10.3 Wirkung des Radons

Bei allen Radonbädern bilden sich in der Haut Radondepots, die während der Anwendung aufgelöst werden. In der Haut wird ein endokrinologischer Mechanismus, durch einen "Strahlenreiz" in Gang gebracht.

Bei Anwesenheit von Kohlensäure wird Radon verstärkt ausgeatmet. Es bleiben weniger Folgeprodukte in der Haut, die Strahlendosis sinkt daher bei Anwesenheit von Kohlendioxid. Das muß man bei der Dosisberechnung berücksichtigen. Gleiches gilt für steigende Temperaturen (Hyperthermie). Man möchte daher für die Radontherapie viel Radon und wenig oder gar keine Kohlensäure im Wasser haben, soferne man eine höhere Bestrahlung wünscht. In gemischten Radon-

Kohlensäurebädern zerstört CO_2 das Hautdepot. Um die gleiche Radonwirkung zu erzielen, muß man dann höhere Radonkonzentrationen einsetzen. Man kann auch nicht zwischen der Wirkung von beiden Komponenten unterscheiden. Je mehr Kohlendioxid im Wasser ist, desto weniger Radon bleibt im Hautdepot. Auch die Wirkung der Radonfolgeprodukte sinkt mit steigender Kohlendioxidkonzentration. Außerdem kann ein Teil der Haut durch Kohlendioxidbläschen bedeckt und dadurch die Radonaufnahme weiter verringert werden. In Moskau erreicht man mit reinem Radonwasser die gleiche Wirkung, für die man in Bad Brambach 100 nCi/l Radon benötigt, schon mit 40 nCi/l!

10.4 Natürliche Radonwässer

Bei ihrer Anwendung sollte man folgendes beachten.

- 1) Die Radonverluste muß man so klein wie möglich halten, da die Absolutkonzentrationen an Radon häufig zu gering sind.
- 2) Man hat kaum Möglichkeiten, die Radonkonzentration zu erhöhen.
- 3) Durch Bohrungen könnte man versuchen, Quellen mit höherer Radonkonzentration zu finden, als sie die natürlichen Quellaustritte haben.

Die Radon-Hydrogeologie ist in der UdSSR gut untersucht worden.

10.5 Strahlenschutz

Der Strahlenschutz des Patienten wird heute auch in der UdSSR ernst genommen. Ausgangspunkte der Überlegungen sind: Wie wichtig ist das Eindringen kurzlebiger Folgeprodukte in die Haut oder das Gewebe? Sind signifikante Heilwirkungen nachweisbar oder nicht? Wie sieht die Dosis-Effekt-Kurve aus? Sie hat meistens ein Maximum mit einer optimalen Ra-

donkonzentration, die von Anwendung zu Anwendung verschieden ist.

Berechnet man das Risiko einer Radonkur nach der linearen Dosis-Wirkungs-Theorie, so würde die mittlere Lebensdauer des Patienten um nur 45 Minuten, also nicht einmal eine Stunde verringert. Insgesamt bringt eine Radonkur tatsächlich nur ein Zehntel der Dosis einer Röntgenographie bei Brustdurchleuchtung.

10.6 Trinkkuren

Sie sind historisch als Fortsetzung der Anwendungen in Bad Oberschlemma vor dem Zweiten Weltkrieg entstanden. Man verwendet hier viel höhere Radonkonzentrationen als bei den meisten natürlichen Wässern, ist also auf künstlich erzeugtes Radon angewiesen. Bei den Trinkkuren appliziert man pro Tag 3.000-5.000 μCi Rn-222! Mit Radonkonzentrationen unter 100 nCi/l sind Trinkkuren zwecklos, da sonst wegen zu geringer Bestrahlung eine zu geringe Wirkung im Magengewebe eintritt (Anm. Sa: 100 nCi/l ist doch sehr viel!).

Auch Spülungen von Mund und Vagina werden angewendet.

10.7 Radon im Trinkwasser

Frage: Im Fichtelgebirge hat die Bevölkerung in einzelnen Orten im Trinkwasser mehrere Jahrzehnte lang Radonkonzentrationen von etwa 10 nCi Radon/l getrunken. Kann das schädliche gesundheitliche Auswirkungen haben?

Antwort: 10 nCi/l ist eine Kleinigkeit für Trinkwasser.

Man hat im Westen ganz falsche Vorstellungen über die Dosisleistung bei Trinkkuren. Man geht davon aus, daß die Magendosis durch die in den Magen eingebrachten Mengen an Radon und Folgeprodukten bedingt wird. Daraus schätzt man die Bestrahlung des Magengewebes ab.

In der UdSSR hat man seit den sechziger Jahren untersucht, wieviel der Radonfolgeprodukte am Schleimsekret des Magens festgehalten wird und wieviel in das Magengewebe eindringt. Bei Ratten geht nur 1 % (!) der angewendeten Gesamtmenge der Folgeprodukte in das Magengewebe, 99 % bleiben in der verdauten Nahrung, weil der Magensaft sauer ist und daher keine nennenswerte Adsorption der Kationen der Radonzerfallsprodukte an der Magenwand stattfindet (kein Ionenaustausch?). Auch bleibt Radon in der fettigen Suspension gelöst. Die Alphastrahlung geht also im wesentlichen in den Mageninhalt, nur die Gammastrahlung tritt aus und trifft die Magenwand. Der Anteil der Radonzerfallsprodukte im Gewebe bildet nur einen Bruchteil, die Gamma- und Betastrahlung liefert nur 2 - 3 % der gesamten Strahlendosis des Magengewebes.

Es wurden Verteilungskurven der verschiedenen Radonfolgeprodukte in 30 verschiedenen Organen und Geweben untersucht und auch die zugehörigen Strahlendosen gemessen. Das Ergebnis wurde in der Zeitschrift für Physiotherapie 1973 veröffentlicht.

10.8 Salzarme Radonwässer

Die vom Berichterstatter erwähnte geringe Salzkonzentration der Radonwässer des Fichtelgebirges sei im allgemeinen typisch für Radonwässer, die häufig aus dem Granit kommen. Höhere Mineralgehalte sind ganz selten.

10.9 Radon im Wasserwerk

Es wird über die hohen Radonkonzentrationen in einem Wasserwerk im Fichtelgebirge berichtet und gefragt, ob dies gesundheitliche Schäden für das Personal haben kann.

Antwort: Man hatte ein ähnliches Problem in einem Wasserkwerk in Schneeberg im Erzgebirge. Man installierte dort eine sehr gute Ventilation.

Eine extrem hohe Radonkonzentration in der Luft zeigt keinerlei sofort wahrnehmbare Symptome, nur nach langer Induktionszeit besteht die bekannte Gefahr der Erzeugung von Lungenkrebs (oder Leukämie). Höchstens könnten sich die Schleimhäute von Nase und Mund etwas trocken anfühlen. Das aber erst bei wirklich extrem hohen Radonkonzentrationen und nicht bei so hoher Luftfeuchtigkeit.

10.10 Radon in Wohnräumen

Hier handelt es sich um ganz andere Reaktionsmechanismen des Radons auf den menschlichen Organismus als bei der Radontherapie. Man atmet im Wohnraum jahraus, jahrein auch die Radonfolgeprodukte ein, was beim Patienten während der nur drei Wochen dauernden Radontherapie nicht der Fall ist. Wie dort wird allerdings in Wohnräumen zusätzlich auch die Haut durch Radon bestrahlt. Als Grenzwert hat man in der UdSSR den MZK-Wert für Berufstätige genommen. Das sind 1,5 nCi reines Rn-222/l oder 1500 nCi Rn-222/m³ Luft bzw. 55.500 Bq/m³ Luft. Für Zerfallsprodukte sind die Internationalen Normen gültig. Wenn dieser Wert überschritten wird, muß man unbedingt Maßnahmen ergreifen. Das sind aber unvergleichlich höhere Grenzwerte als gegenwärtig im Westen! In der BRD liegt der sogenannte "action level" für Radon-222 in Wohnräumen bei 250 Bq/m³, was nach Meinung des Berichterstatters und Dr. Andrejews viel zu niedrig ist. In den Europäischen Gemeinschaften beträgt dieser Level immerhin nur 400 Bq/m³.

10.11 Hormesis-Effekt

Ein solcher wurde schon einige Zeit vor Luckey in der UdSSR beobachtet. Es kommt, wie bei jedem Medikament, auf seine optimale Konzentration an. Diese wurde im Fall der Radontherapie in den letzten Jahrzehnten sorgfältig untersucht. Das wurde durch die Anwendung von künstlich erzeugtem Radon möglich, welches in nahezu beliebigen Konzentrationen im Wasser und in der Luft hergestellt werden kann. Das ist ein wichtiger Unterschied zu westlichen Arbeiten, die meist ausschließlich auf natürliche Radonwässer angewiesen sind.

In Zshelesnovodsk ("Eisenwasserstadt") beträgt die natürliche Gammastrahlung des Untergrundes im Durchschnitt 120 $\mu\text{R/h}$. Die Krebshäufigkeit ist hier signifikant niedriger als bei Vergleichskollektiven mit normalem Strahlungsuntergrund (nach Prof. I.I. Gusarow).

Eine zuverlässige Statistik von Radontherapien hat man erst Ende der sechziger bis Anfang der siebziger Jahre begonnen.

11. Abteilung für Physikalische Therapie des Zentralen Sanatoriums des Verteidigungsministeriums der UdSSR in Archangelskoje

In diesem Sanatorium werden Offiziere, darunter Generäle und Marschälle der Sowjetischen Armee behandelt, darüber hinaus auch andere Prominente aus der UdSSR und dem befreundeten Ausland. Es handelt sich daher um ein für die UdSSR maßgebliches Sanatorium, das wohl noch vor einem Jahr von keinem westlichen Ausländer hätte besucht werden dürfen.

Die Parkanlagen und Bauten in Archangelskoje stammen aus dem 18. und 19. Jahrhundert. Der Parkkomplex liegt auf einer Anhöhe über einem alten Seitenarm der Moskwa und über dem Fluß selbst. Der Ort befindet sich 9 km westlich der Stadtgrenze von Moskau, etwa 30 km westlich des Stadtzentrums. Das ehemalige Schloß des Fürsten Jussupow bildet eine Harmonie mit dem Schloßpark, einer kleinen alten Schloßkirche und zwei großen Palästen, die als Sanatorium dienen.

Der Chefarzt, Oberst Dr. G.K. Lawrow, hat mich in Begleitung von Prof. Gusarow und Dr. Andrejew durch die Radonlabors der Physikalisch-therapeutischen Abteilung geführt. Sie macht einen guten Eindruck. Das Radonlabor hat einen PC-Rechner, mit dem die Meßdaten während der Radonbehandlung erfaßt werden.

Radon wird für die in der UdSSR üblichen Radontherapien angewendet, besonders aber auch zur Nachfolgebehandlung von Herzinfarkt. Das Sanatorium hat eine eigene Radiumquelle zur Erzeugung von Radon mit einer mechanisierten Anlage URR-1.

11.1 Radium-226-Quelle

Die Radiumquelle mit den üblichen 30 mg Radium-226 befindet sich in einem Wandtresor und wird durch 0,5 m Beton sowie $10 + 5 = 15$ cm Blei abgeschirmt. Das in der Anlage erzeugte hochkonzentrierte Radonwasser wird mit einem automatischen Volumendosiergerät abgemessen. Man füllt in die 100 ml-Glasfläschchen etwas Wasser und gibt mit Hilfe einer Dosierkapillare von unten (!) nach oben langsam die abgemessene Radonlösung hinein. Man läßt sie hochsteigen und füllt dann zu dem berechneten Volumen mit Wasser auf. Andernfalls entweicht beim Eintropfen zuviel Radongas aus der konzentrierten Lösung. Werden zum Beispiel 40 nCi Rn-222/1 für 200 Liter Wannenfüllung gewünscht, dann benötigt man 8 μ Ci Rn-222. Mit diesem einen Radongenerator können pro Tag bis zu 250 Portionen Radonkonzentrate für solche Bäder erzeugt werden.

Das Radonlabor und die Anwendungsräume haben 10- bis 15-fache Luftumwälzung pro Stunde. Aus dem Radongenerator kann man zum Beispiel 5 Liter Radonkonzentratlösung mit 0,7 μ Ci Rn/ml erhalten.

Radongas-Reste werden über Aktivkohlefilter absorbiert, wo sie abklingen. Das dient zum Schutz vor allem des Personals und vereinfacht die Beseitigung des radioaktiven Abfalles sehr. Man braucht dazu nur die Aktivkohlepatronen länger als zehn Halbwertszeiten des Radons abklingen zu lassen.

Es gibt in der UdSSR etwa 150 ähnliche Radonlabors mit Radiumquellen. Das Moskauer Institut kann über 2000 Portionen pro Tag herstellen und damit täglich etwa 70 Krankenhäuser in Moskau versorgen.

Erst die künstliche Erzeugung von Radonwässern ermöglichte also die weite Verbreitung der Radontherapie in der UdSSR.

11.2 Kardiologie

Radon wird auch bei der Rehabilitation nach akutem Herzinfarkt angewendet, wenn die Blutgefäße verengt sind, außerdem bei Hypertonie. Die Radonbehandlung hat in diesen Fällen deutliche positive Wirkung im Vergleich zum Kontrollkollektiv.

11.3 Radonluftbäder

Bei Ganzkörperbehandlung mit dem Radon-Luftgemisch wird nur die Haut mit Radon behandelt. Man setzt sich in die Plexiglaskammer und steckt den Kopf durch eine Kunststoffmanschette in den Außenraum. Auf diese Weise atmet der Patient keinerlei Radon ein. Die Dosierung des anzuwendenden Radons erfolgt über die gleichen 100 ml-Fläschchen mit dem konzentrierten Radonwasser. Man leitet einfach Luft durch und überführt dadurch das Radon vollständig in die Kammer. Die Applikation erfolgt im Sitzen. Nach Beendigung, meist schon nach 15 Minuten, wird das Radon mit Luft aus der Kammer durch die Abzugsventilation abgezogen. Dann erst öffnet man diese und läßt den Patienten heraus. Das dient dem Schutz des Personals.

Die Radondosis ist beim Luftbad 5- bis 10-mal höher als beim Wasserbad. Dafür dauert die Anwendung nur 10 bis 15 Minuten.

Vor, während und nach der Radonbehandlung wird der Zustand des Kranken kontinuierlich untersucht und dabei die mechanische Arbeit des Herzens, biologische Aktivität u.a. gemessen. Die kontinuierlich erhaltenen Daten gehen in einen PC-Computer. Dort wird ein Protokoll ausgedruckt, welches auch Behandlungsvorschläge mit enthält. So wird nach der ersten und letzten Radonbehandlung verfahren.

Bei einem Vergleich von Radonwasser- und Radonluftbädern gibt man derzeit in der Radontherapie der UdSSR den Luftbädern die höhere Priorität. Die therapeutische Aktivität (Heilwirkung) hält bei Radonluftbädern im allgemeinen 6 bis 8, bei nassen Wannenbädern dagegen nur 3 bis 4 Monate an.

Die Luftbäder sind hauptsächlich für solche Kranke geeignet, bei denen Wasserbäder kontraindiziert sind. Dazu gehören Schwerkranke, für die Wasser eine zu starke Belastung des Kreislaufs darstellt, sowie Hautkranke.

Die wichtigste Anwendung der Radontherapie ist hier in Archangelskoje die Nachbehandlung von Herzinfarkten. Das ist für den Westen unbekannt und überraschend.

Bei Magenkrankheiten behandelt man mit Radon nur die schweren Fälle. Das führt häufig zum Wegfall oder zumindest zu einer Reduzierung des Tablettenverbrauches. Bei Hypertonie sinkt der Medikamentenverbrauch auf mehr als die Hälfte, die Einnahme von Medikamenten zur Gefäßerweiterung sinkt um das dreifache.

Radonspülungen werden zur Behandlung von Myomen (maximal bis Hühnereigröße) eingesetzt.

Als ich mich versuchsweise in die Plexiglaskammer zur Radon-Luftbehandlung setzte, meinte Dr. Lawrow lächelnd: "Auf diesem Stühlchen ist schon so mancher Prominente gesessen, auch Fidel Castro aus Kuba".

11.4 Symptome bei extrem hoher Radonbelastung

Unter Hinweis auf das Wasserwerk im Fichtelgebirge stellte der Berichterstatter auch hier die Frage nach möglichen Symptomen, die sich bei Arbeitern ergeben könnten. Nach der Meinung von Dr. Lawrow besteht nur das bekannte Risiko des Lungenkrebses (Sa: und Leukämie) nach entsprechender

Latenzzeit. Es sind jedoch nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens ganz ausdrücklich keine Herzerkrankungen zu erwarten. Im Uranbergbau gab es auch keine erhöhte Herzinfarktrate.

In Großlabors mit Radonanwendungen wurde beim Personal nach 11 Jahren Tätigkeit kein einziger Fall von Lungenkrebs beobachtet.

12. Thoron-Zerfallsprodukte-Therapie nach Frau Professor Dr. Stschepotjewa

Dr. Andrejew berichtete abschließend über eine Anwendung des Edelgases Thoron (Radon-220) zur Therapie, die von seiner Lehrerin, Frau Professor Stschepotjewa, entwickelt wurde. Obwohl diese Therapie jetzt nicht mehr verwendet wird, da sie nach Meinung des Nachfolgers Prof. Gusarow zu gefährlich ist, sind ihre Grundlagen interessant.

Es handelt sich ebenso wie bei der Radontherapie um eine Reiztherapie, die mit hohen Hautdosen in den Hornschichten der Haut arbeitet. Die Haut wird dabei mit Aktivitäten der Zerfallsprodukte des Thorons von 0,1 bis 3 $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ bestrahlt, das ist viel.

Zur praktischen Ausführung lagert man im Hochspannungsfeld eines geschlossenen Systems die aus Thoron entstehenden Zerfallsprodukte auf einer Mullage ab. Diese legt man dann auf die zu behandelnde Hautstelle. Damit belegt man zum Beispiel eine Fläche von 500 cm^2 auf der Wirbelsäule im Gebiet des Rückgrates. Das ergibt einen analgetischen Effekt bei Radikulitis (Hexenschuß) und es entsteht auf der Haut eine Rötung (Erythem). Nach 5 bis 10 solchen Behandlungen verschwindet der Schmerz völlig. Die Wirkung hält einige Wochen bis Monate an. Diese Therapie wird nicht nur bei Hexenschuß, sondern auch für Hautkrankheiten, zum Beispiel Psoriasis und Neurodermitis mit Erfolg angewendet.

Für diese Therapie hatte man früher Thorium X (Ra-224; $T/2 = 3,64$ d) verwendet, welches aus Radiothorium (Th-228; $T/2 = 1,91$ a) gebildet wird.

Man hatte damals Apparaturen, mit denen pro Tag bis zu 300 solcher Mullagen mit Ra-224 hergestellt werden konnten. Frau Professor Stschepotjewa führte anstatt des Ra-224 die kürzerlebigen und daher ungefährlicheren Zerfallsprodukte des Thorons (Rn-220) ein. Die effektive Halbwertszeit des

gesamten Systems beträgt damit nur 10,9 Stunden. Der Vorteil ist, daß keinerlei radioaktive Endprodukte entstehen. Stabiles Endprodukt ist Blei-208. Die Halbwertszeit des gesamten Radionuklidsystems ist so kurz, daß man nach Beendigung der Behandlung die Mullagen nach kurzer Abklingzeit mit normalem Abfall wegwerfen kann. Es ist keine Sonderbehandlung als radioaktiver Abfall erforderlich.

Bei der Thoron-Zerfallsprodukte-Therapie sind die Thoron-Zerfallsprodukte das wirksame Agens. Diese Therapie ähnelt der früheren Thorotrastmethode, weist jedoch deren bekannte Nachteile nicht auf.

Wie schon oben erwähnt, werden die Thoron-Zerfallsprodukte im elektrischen Feld an der Mullage absorbiert. Bei der Hautbestrahlung sind vor allem die beiden Alphastrahler Bi-212 (ThC; $T/2 = 60,6$ min) und Po-212 (ThC'; $T/2 = 3 \cdot 10^{-7}$ sec.) wirksam. Thoron (Rn-220) selbst ist auch ein Alphastrahler, der mit $T/2 = 55,6$ sec. in Po-216 (ThA; $T/2 = 0,158$ sec.) zerfällt. Bei dem Alphastrahler Bi-212 (ThC) führt außerdem eine Verzweigungskette mit 36,7 % Ausbeute zum Tl-208 ($T/2 = 3,1$ min). Endprodukt ist danach immer stabiles Blei-208. Es ist daher ein wichtiger Vorteil dieser Therapiemethode, daß keine radioaktiven Endprodukte (z.B. Mullagen) zu dekontaminieren sind.

Diese Therapie wurde in der Zwischenzeit aufgegeben, da man nicht mehr gerne mit offenen radioaktiven Präparaten arbeitet.

13. Schlußbetrachtung

In Anbetracht der in der ehemaligen Bundesrepublik gelegentlich vorhandenen Abneigung gegen Heilanzeigen von Radon beim Menschen, die häufig ideologische Gründe oder die gegenwärtig in den USA laufende Aktion gegen Radon in Wohnhäusern als eine ihrer Ursachen hat, können die in vorliegendem Bericht mitgeteilten Ergebnisse über Art und Umfang der Radontherapie in der Sowjetunion als bemerkenswert und zum Teil sensationell bezeichnet werden. Ihre Relevanz sollte nach Ansicht des Berichterstatters von einer Expertengruppe aus Deutschland für das geplante Radonheilbad Zentrales Fichtelgebirge geprüft werden. Im Falle einer Bestätigung sollten die Erfahrungen der UdSSR auf diesem Gebiet auch bei uns genutzt werden.

Man darf wohl davon ausgehen, daß die sowjetischen Ärzte von den Heilwirkungen und Erfolgen ihrer Radontherapie überzeugt sind. Denn sonst würden sie nicht

- jährlich etwa eine Million Radonkuren durchführen,
- außer natürlich vorkommendem Radon auch zusätzlich künstlich erzeugtes einsetzen und
- die Radontherapie auch bei Prominenten, wie zum Beispiel in Archangelskoje für Offiziere, Generäle und Marschälle, anwenden. Dies erfolgt
- ohne irgendwelchen kommerziellen Druck durch eine Lobby für Heilbäder oder Fremdenverkehr.

Die vorstehend geschilderten Erfahrungen in der Sowjetunion mit der Radontherapie sollten in das in Planung befindliche Radon-Heilbad Zentrales Fichtelgebirge mit einfließen. Darüber hinaus macht es die Verwendung von künstlich erzeugtem Radon möglich, die Radontherapie auch an Standorten ohne natürliche Radonquellen durchzuführen.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich folgende konkrete Vorschläge für eine Nutzung der Erfahrungen der UdSSR auf dem Gebiet der Radontherapie:

- 1) Übersetzung einzelner wichtiger russischer Veröffentlichungen ins Deutsche durch Doz.Dr. Andrejew und seine Gruppe. Er kann die Übersetzungen aus eigener Fachkompetenz heraus aktualisieren. Eine Veröffentlichung der Übersetzungen kann als JÜL-Spez-Bericht erfolgen. Allerdings bedarf es dazu noch einer stilistischen Überarbeitung.
- 2) Erstellung eines ergänzenden Gutachtens zur Errichtung des genannten Heilbades, für welches die ZCH im Rahmen ihres FE-Programmes 62.200 Starthilfe gegeben hat.
- 3) Anregung für eine Ärzteorganisation, zum Beispiel den Bayerischen Internistenverband, eine Kommission zum Studium der Radontherapie in die Sowjetunion zu entsenden.
- 4) Der Berichterstatter wird versuchen, einen Verleger für eine deutschsprachige Monographie von Dr. S.V. Andrejew über "Radontherapie - fünf Jahrzehnte Erfahrung in der Sowjetunion" zu finden.

Nachtrag

Von diesen Vorschlägen konnten von der Zeit der Fertigstellung des Manuskriptes im Mai 1991 bis zur Drucklegung Anfang August 1991 folgende verwirklicht werden.

- Es liegen bisher 250 Maschinenseiten Rohübersetzungen relevanter russischer Originalveröffentlichungen vor. Sie werden derzeit satztechnisch überarbeitet. Da eine Überführung von der Roh- in eine Reinfassung zu kostenaufwendig wäre, können die Rohfassungen nur als interne Berichte der ZCH erscheinen. Sie sind als solche jedoch bis Jahresende zugänglich.
- Das ergänzende medizinisch-balneologische Gutachten durch Doz.Dr. S.V. Andrejew liegt in der Rohfassung ebenfalls vor und bedarf nur noch geringfügiger Ergänzungen.
- Es liegt eine mündliche Einladung zu einem Radontherapie-Symposium in der UdSSR sowie zu einer Studienreise des Wissenschaftlichen Beirates des Radonheilbades Zentrales Fichtelgebirge in die UdSSR im Jahre 1992 vor.
- Zur Zeit wird mit zwei Verlagen über die Übernahme einer Monographie "Radiotherapie in der Sowjetunion" verhandelt.
- Am 8./9. Mai 1991 fand die Gründungssitzung des Wissenschaftlichen Beirates des Radonheilbades Zentrales Fichtelgebirge in Fichtelberg statt. Ihm gehören die Herren Doz.Dr. S.V. Andrejew, Moskau, Prof.Dr. P. Deetjen, Innsbruck, Prof.Dr. G. Bach, Benzheim, Dr. H. Holzgartner, München (2. Vorsitzender) und Prof.Dr. B. Sansoni, Jülich (1. Vorsitzender) an.

14. Literatur

1) B. Sansoni

Natural High Background Areas at Fichtelgebirge (I. Communication, in: K.G. Vohra, U.C. Mishra, K.C. Pillai, S. Sadasivan (eds.), Natural Radiation Environment, Proceedings of the Second Special Symposium on Natural Radiation Environment, Bombay, January 19 - 23, 1981; Wiley Eastern Limited, New Delhi etc. 1982, p. 74 - 84

2) B. Sansoni, W. Matthes

Gebiete mit erhöhter natürlicher Radioaktivität. III. Strahlungs-, Uran- und Radonanomalien im Fichtelgebirge, Spezieller Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH; JÜL-Spez-334, Oktober 1985, (ISSN 0343-7639); 62 Seiten

3) B. Sansoni, W. Matthes, J. Schnitzler

Gebiete mit erhöhter natürlicher Radioaktivität. IV. Radon-222, Radium-226- und Urankonzentration in Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser im Fichtelgebirge, Ergebnisse der Meßfahrt Mai/Juni 1984, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH; JÜL-2063, Mai 1986, (ISSN 0366-0885); 270 Seiten

4) B. Sansoni

Gebiete mit erhöhter natürlicher Radioaktivität. V. Radonquellen im Raum Fichtelberg-Neubau und ihre Anwendung, Teil 1: Ahornquelle I und II, Spezieller Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH; JÜL-Spez 547, Dezember 1989, (ISSN 0343-7639); 65 Seiten

- 5) G. Bach, K. Reul, B. Sansoni
Gebiete mit erhöhter natürlicher Radioaktivität. VI.
Diskussion über die Errichtung eines Radon-Heilbades in
Fichtelberg-Neubau, Spezieller Bericht der Kernfor-
schungsanlage Jülich GmbH; JÜL-Spez-536, Dezember 1989
(ISSN 0343-7639); 41 Seiten
- 6) B. Sansoni
Gebiete mit erhöhter natürlicher Radioaktivität. VIII.
Radonquellen im Raum Fichtelberg-Neubau, Teil 2: Wei-
tere Radonquellen, Spezieller Bericht der Kernfor-
schungsanlage Jülich GmbH; in Vorbereitung
- 7) K. Reul, B. Sansoni
Gebiete mit erhöhter natürlicher Radioaktivität IX.
Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, in Vorbe-
reitung
- 8) N.N. Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte
und Heilbrunnen, Deutscher Bäderverband e.V. und Deut-
scher Fremdenverkehrsverband e.V., 11. April 1987, her-
ausgegeben als 9. Auflage vom Deutschen Bäderverband
e.V. und vom Deutschen Fremdenverkehrsverband e.V.,
Bonn 1987
- 9) S.V. Andrejew
Radonwässer der UdSSR, unveröffentlichtes Manuskript,
1990; 14 Seiten
- 10) S.V. Andrejew
State and Problems of Modern Radon Therapy, 1990, un-
veröffentlichtes Manuskript; 39 Seiten
- 11) B. Sansoni, W. Matthes, J. Schnitzler, A. Sansoni
unveröffentlichte Ergebnisse

Russische Zeitschriften, in denen die meisten Arbeiten über Radontherapie veröffentlicht sind:

12) Woprosy Kulturortologi

Physiotherpii i Lechebnoi Fisicheskoi Kultury, Moskau
(engl: Questions of Spa Research, Physiotherapy and
Therapeutic Physical Training, Moscow) Abkürzung: QSR
(Moscow)

13) Midicinskaja Radiologija, Moskau

(engl: Medical Radiology, Moscow) Abkürzung: Med.
Radiol. (Moscow)

14) Trudy ZNIIKiF

(engl: Proceedings of Central Institute for Spa Research and Physiotherapy, Moscow) Abkürzung: Proc. CISRP
(Moscow)

15) Gigijena i Sanitarija, Moskau

(engl: Journal of Hygiene and Sanitation) Abkürzung:
Hyg. and San. (Moscow)

16) Buletenj Izobretenij

(eng: Bulletin for Inventions, Moscow)

Wichtigere Monographien über Radon und Radontherapie:

17) N.N., Radonlabors

Abteilung für Radontherapie. Sicherheitsregeln für Bau,
Ausrüstung und Arbeitsvorschriften. Verlag des Ministeriums für Gesundheit, Moskau, 1990, 66 Seiten

18) A. M. Kusin

Stimulierende Wirkung der ionisierenden Strahlung auf
biologische Prozesse. Zum Problem der biologischen Wirkung von kleinen Dosen. Moskau, Atomisdat Verlag, 1977;
134 Seiten

19) N.N.

Indikation und Kontraindikation zur Behandlung von Radonbädern. Erste Sammlung der methodischen Materialien für die Durchführung der Radontherapie, Moskau, Verlag Medizin, 1972. Neuauflage in Vorbereitung.

20) N.G. Krivobokov, R. L. Schokolenko

Aktuelle Fragen der Radontherapie, Verlag des Ministeriums des Gesundheitswesens der UdSSR, Moskau, 1983; 73 Seiten

21) I.I. Gusarow

Radontherapie, Verlag Medizin, Moskau 1974; 159 Seiten

1. The first part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a constant function, and its value is determined by the initial condition $f(0) = 1$.

2. The second part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a constant function, and its value is determined by the initial condition $f(0) = 1$.

3. The third part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a constant function, and its value is determined by the initial condition $f(0) = 1$.

4. The fourth part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a constant function, and its value is determined by the initial condition $f(0) = 1$.

5. The fifth part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a constant function, and its value is determined by the initial condition $f(0) = 1$.

6. The sixth part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a constant function, and its value is determined by the initial condition $f(0) = 1$.

7. The seventh part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a constant function, and its value is determined by the initial condition $f(0) = 1$.

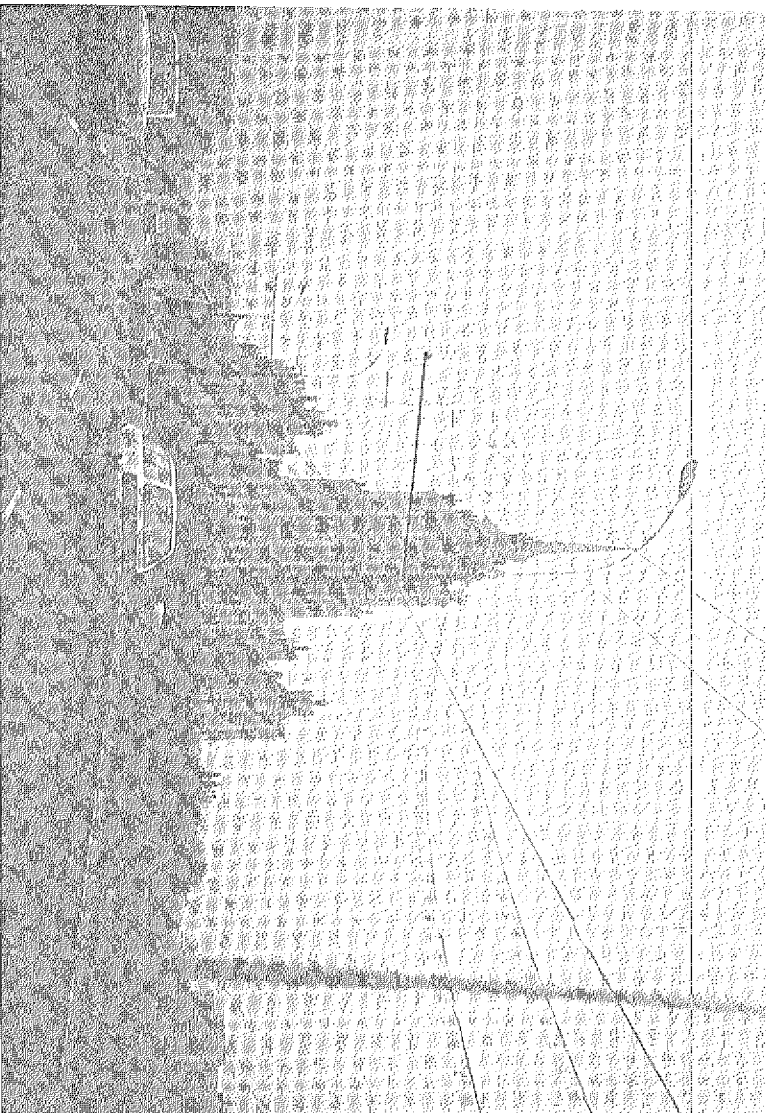
8. The eighth part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a constant function, and its value is determined by the initial condition $f(0) = 1$.

9. The ninth part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a constant function, and its value is determined by the initial condition $f(0) = 1$.

10. The tenth part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a constant function, and its value is determined by the initial condition $f(0) = 1$.

15. Abbildungen

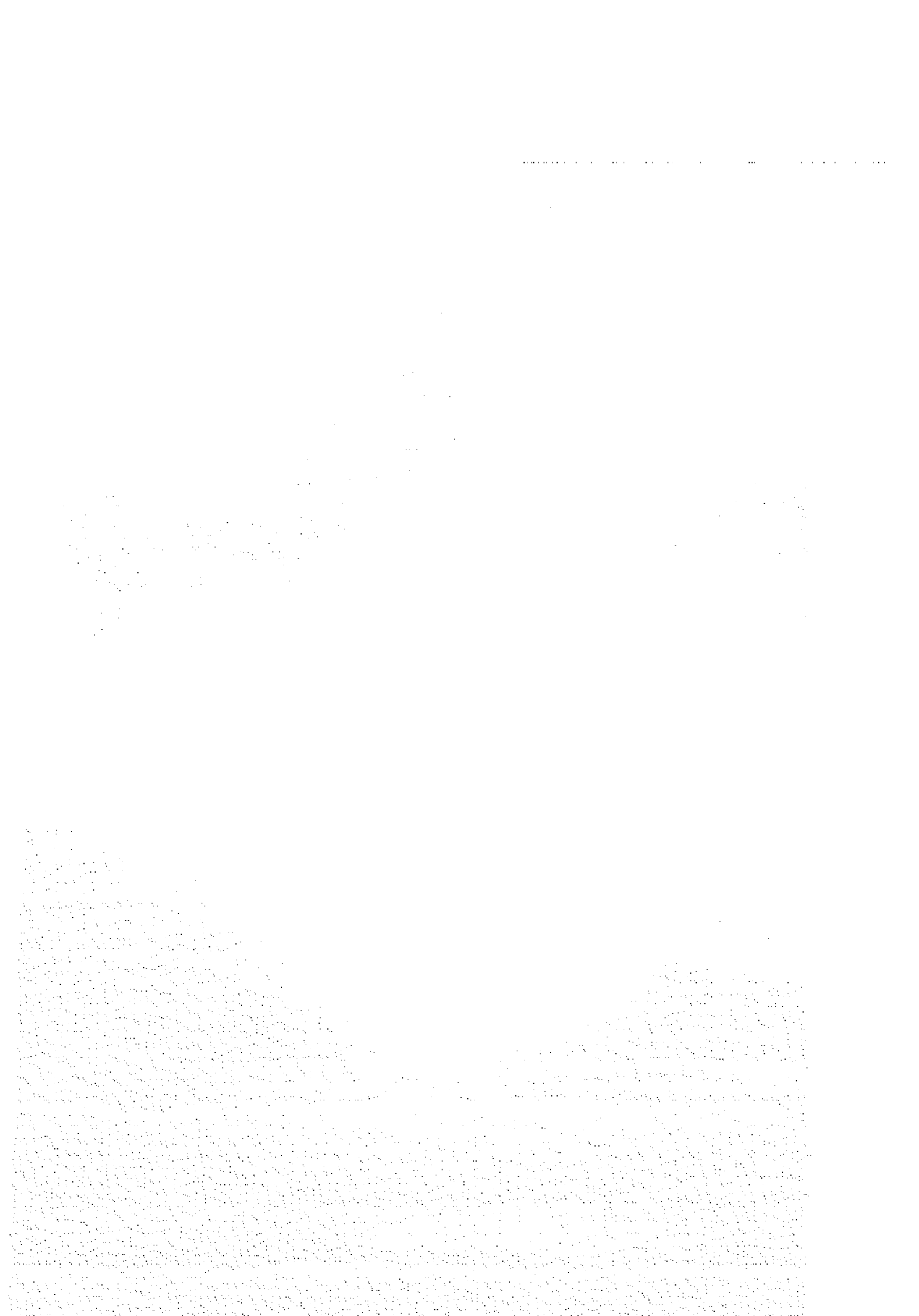
Moskau

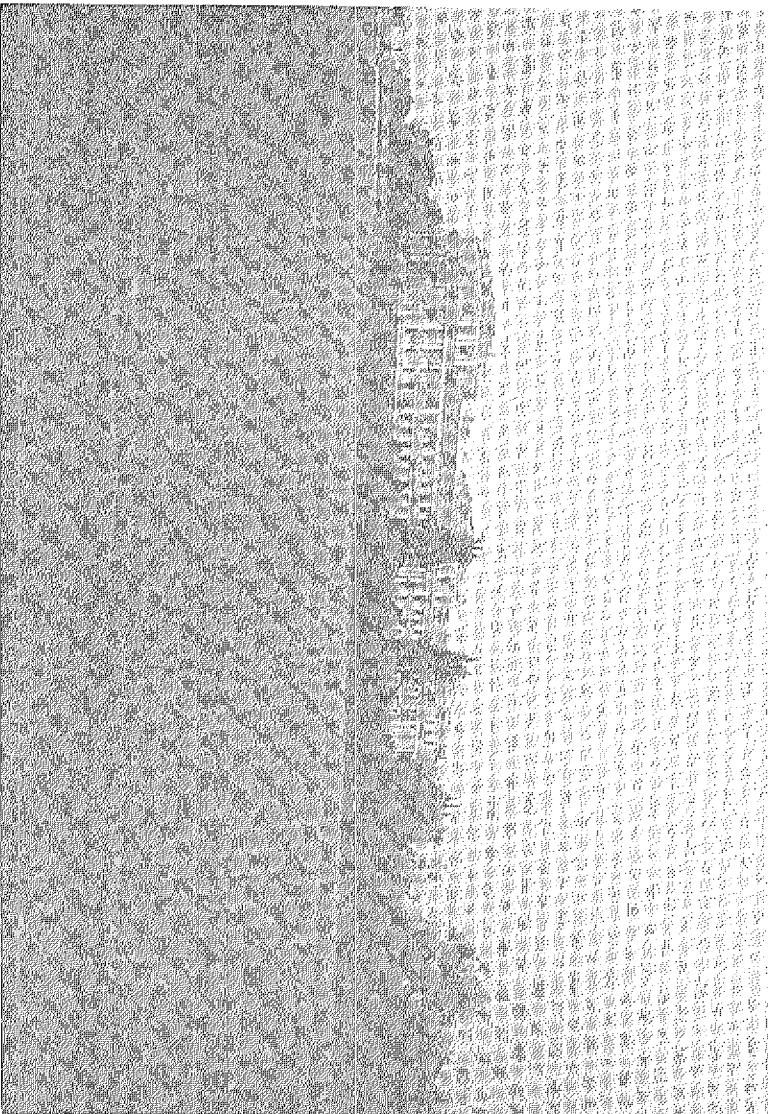
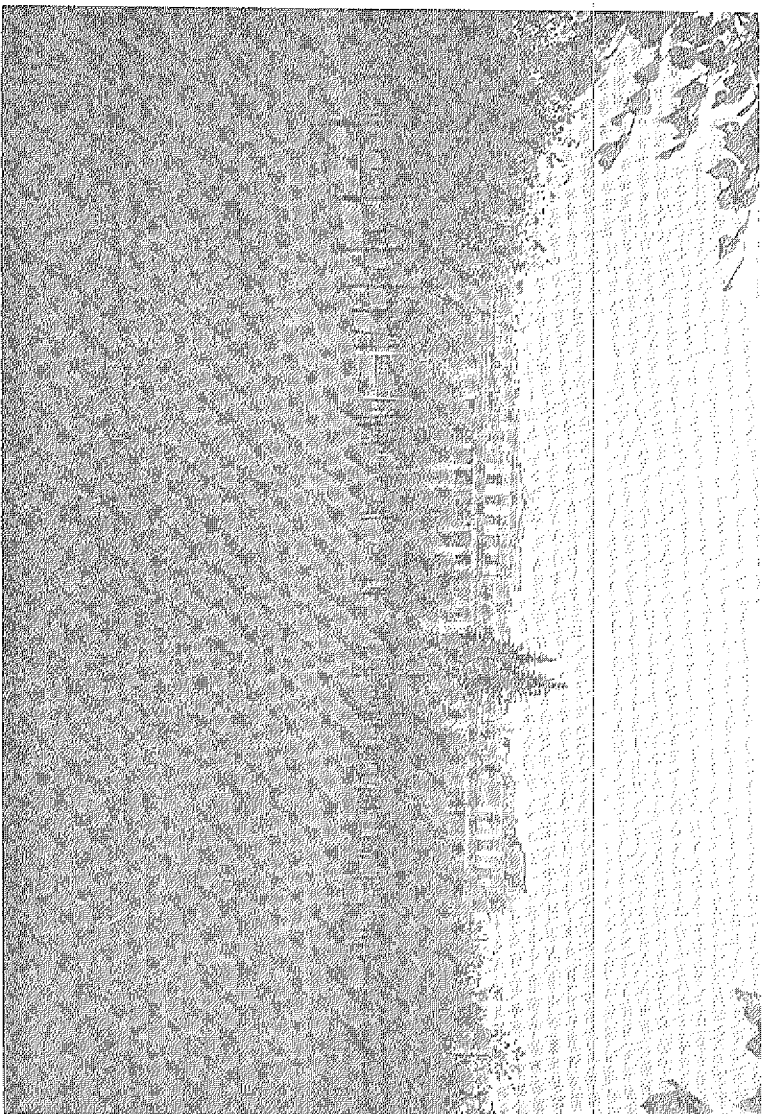


Vom Kalinin Prospekt auf dem Weg nach Archangelskoje



Beginn der Autobahn nach Warschau





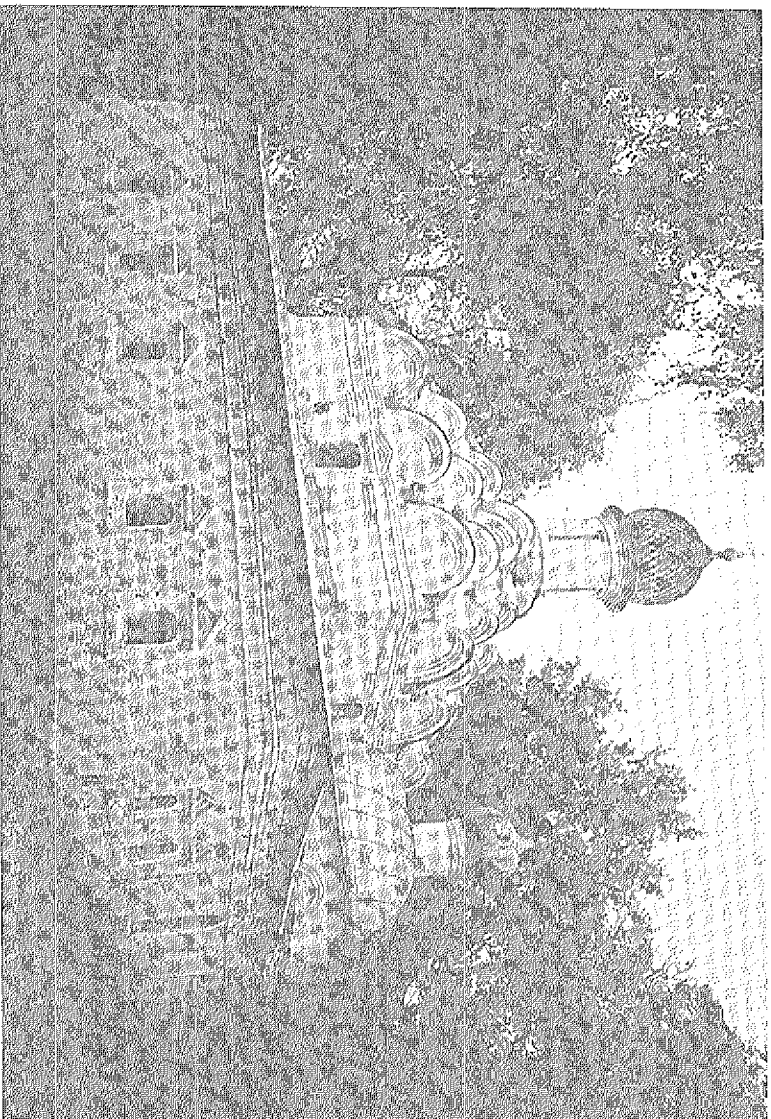
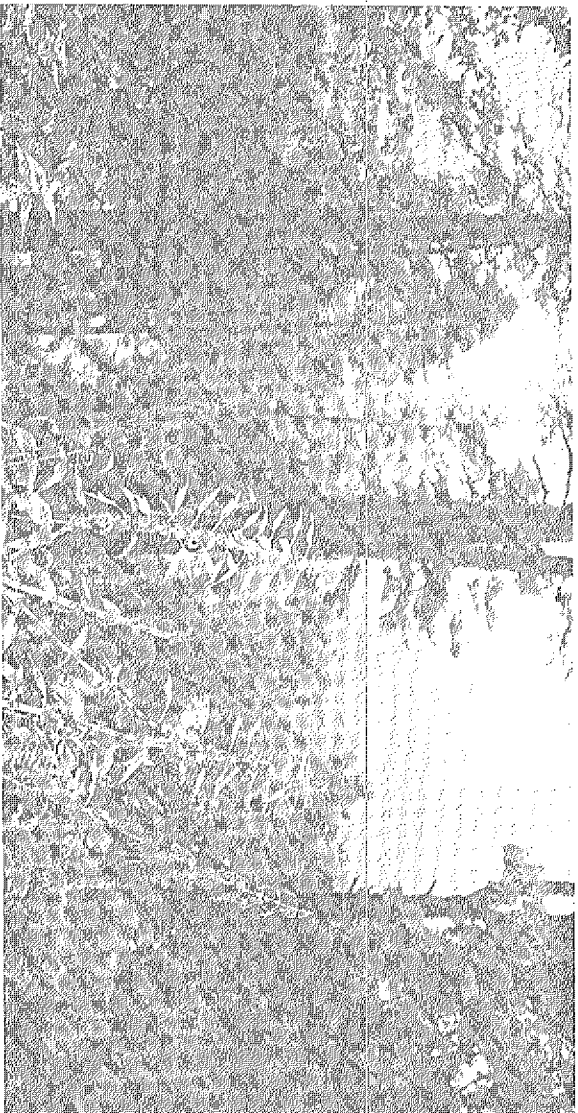
Zentrales Sanatorium des Verteidigungsministeriums der
Sowjetunion
in Archangelskoje

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is dense and appears to be a list or a series of entries, possibly related to a survey or inventory.

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is dense and appears to be a list or a series of entries, possibly related to a survey or inventory.

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is dense and appears to be a list or a series of entries, possibly related to a survey or inventory.

~ 60 ~
Im Park von Archangelskoje, Blick über ein Altwasser der
Mosqua



Park bei
Herbst-
beginn



1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

Besuchte Wissenschaftler in Moskau und Archangelskoje



Nationales Forschungs-
zentrum am Kalinin
Prospekt 50:
Die stellvertretende
Direktorin,
Frau Prof. Dr. Nicolaewa

Zentrales Sanatorium des
Verteidigungsministeriums
in Archangelskoje, von
der Abteilung für physi-
kalische Therapie
(r. nach l.):
Oberst Dr. Lawrow,
Chefarzt
Doz. Dr. S.V. Andrejew,
Leiter der Abteilung für
Informationsforschung
Prof. Dr. I.I. Gusarow,
Leiter der Radiobio-
logischen Abteilung
(beide im Nationalen
Forschungszentrum)



100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

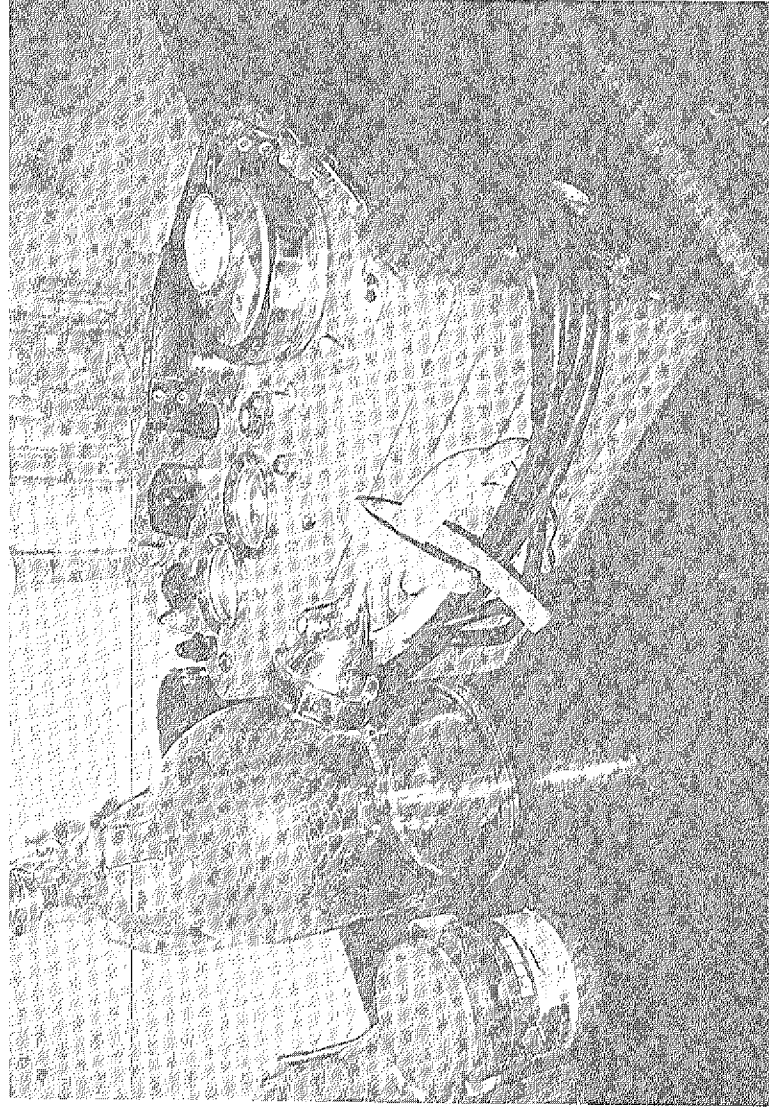
100

100

100

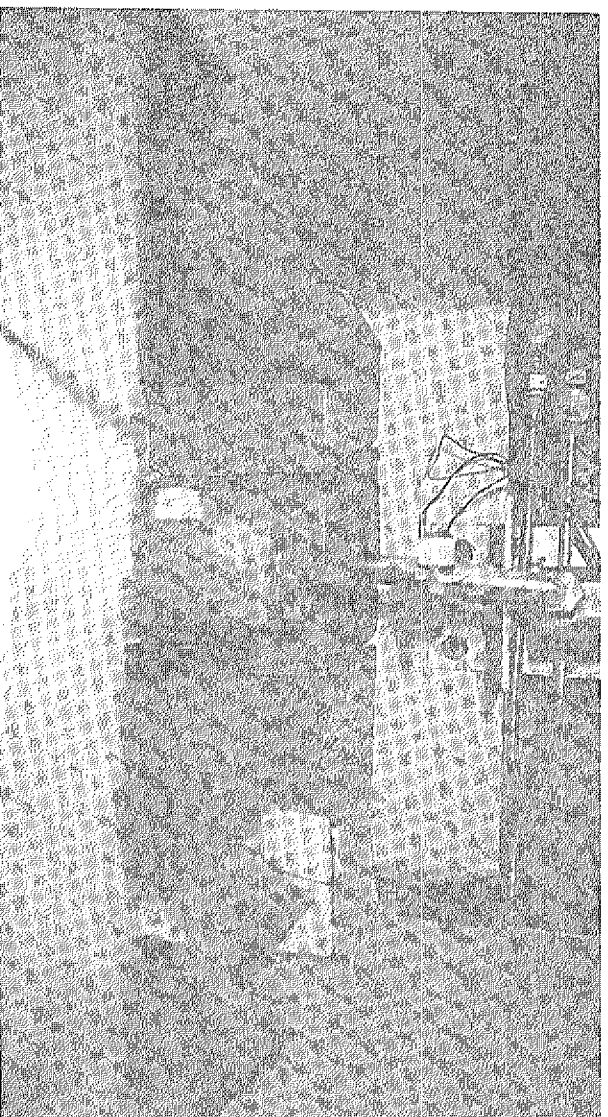
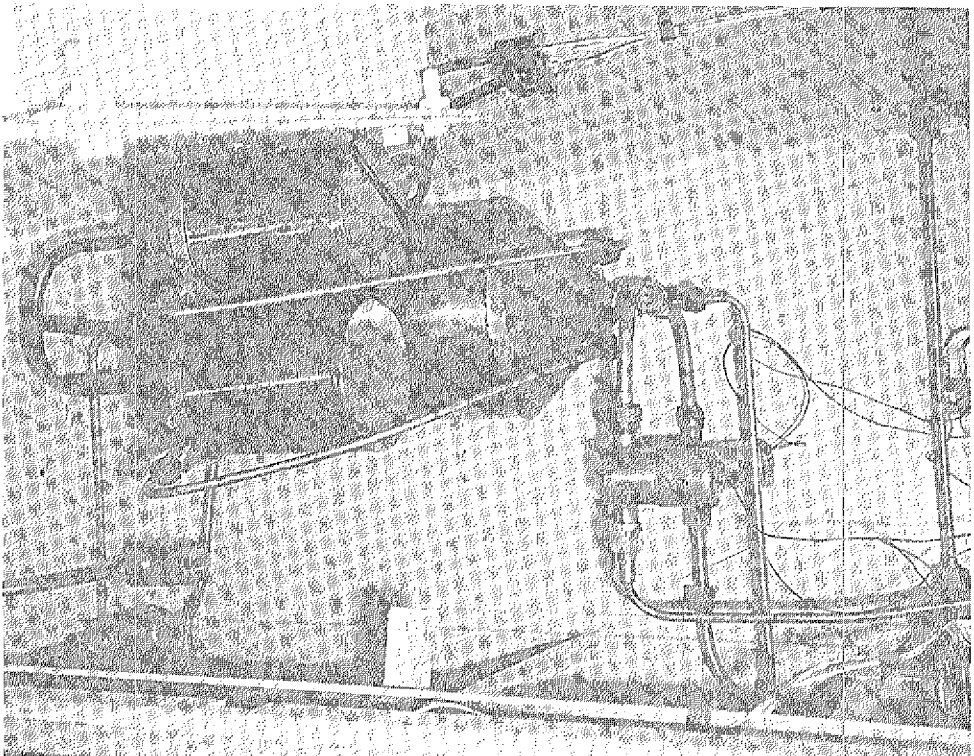
100

100

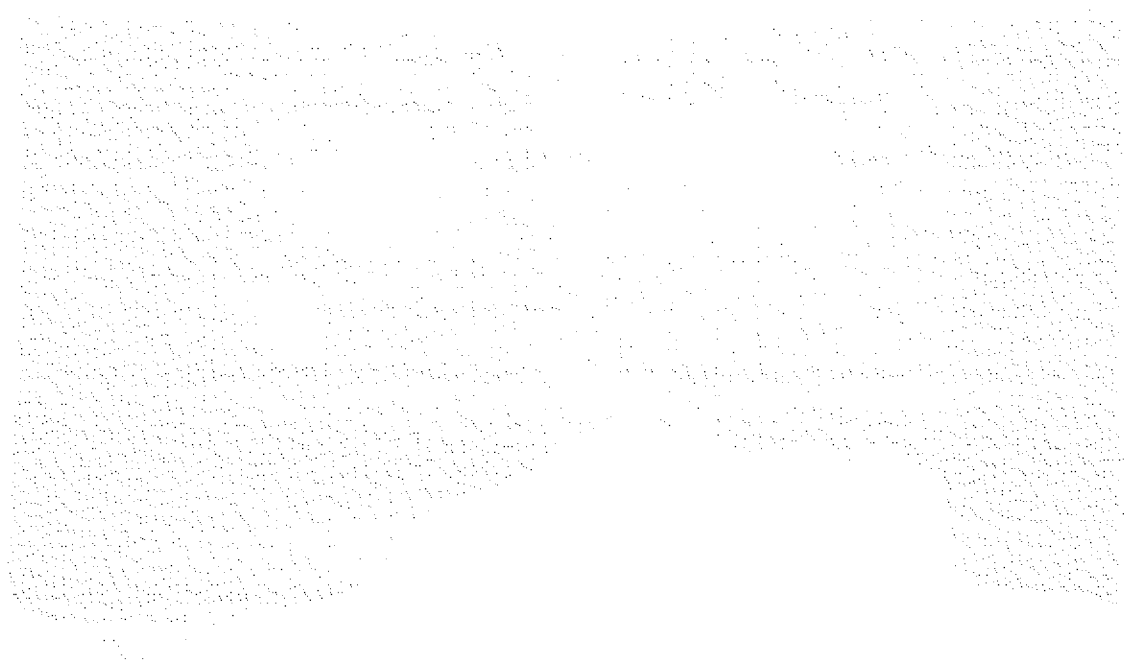


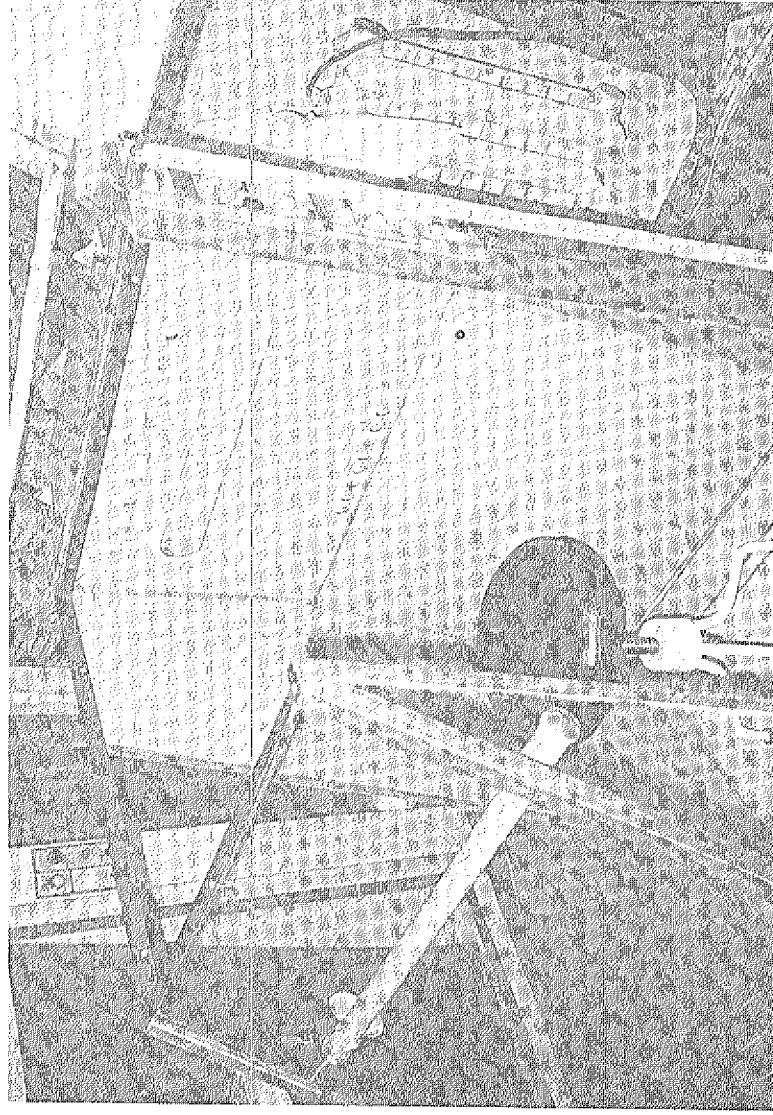
Tragbares Handgerät russischer Bauart zur Messung der
Konzentration von Radon-222 und seinen Zerfallsprodukten
in Luft
(ähnlich dem westlichen EDA-200)

Radium-226-Quelle mit 30 mg Radium zur künst-
lichen Erzeugung von Radon-222 in
Archangelskoje

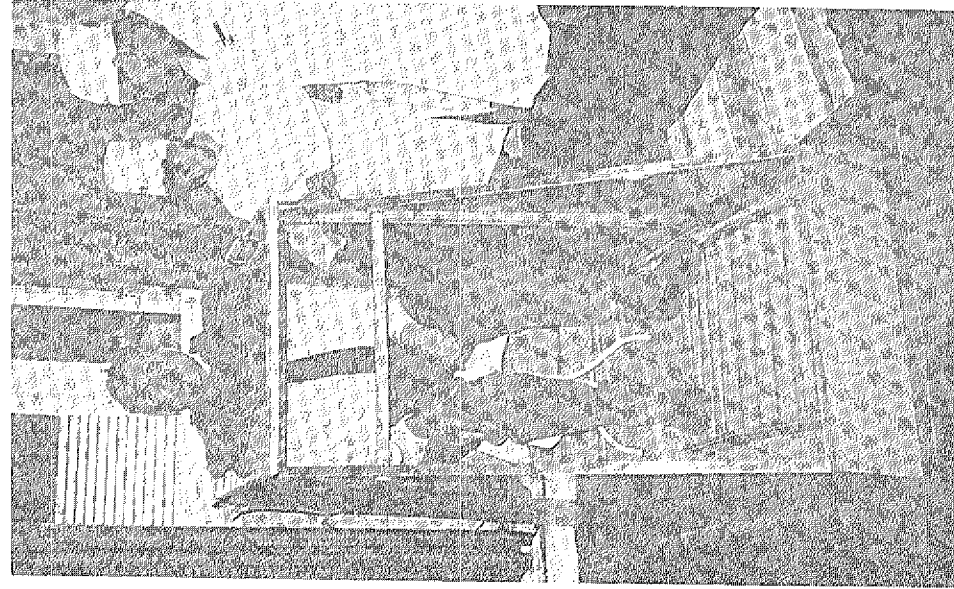


Abfüllstation

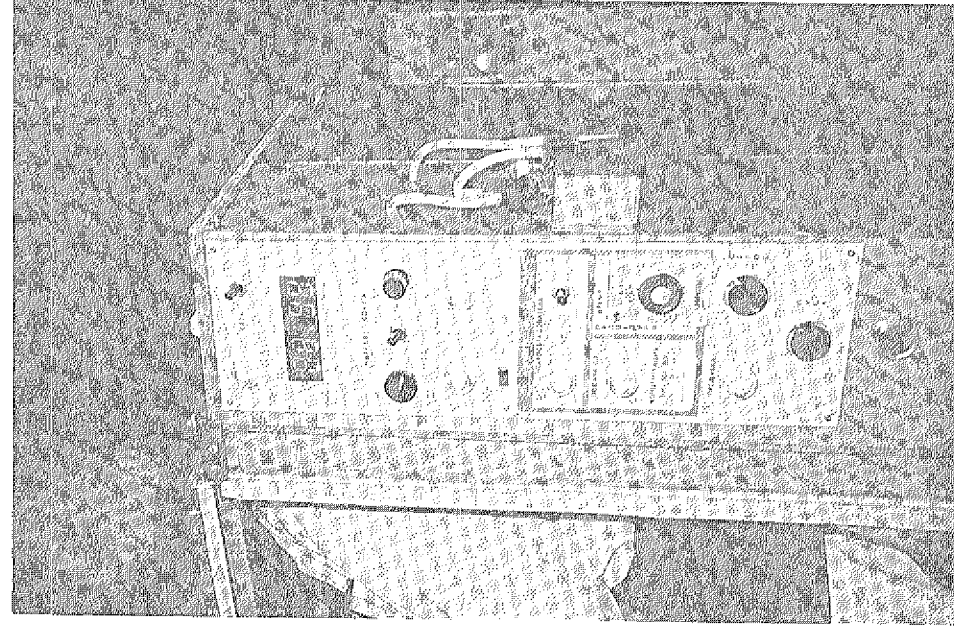




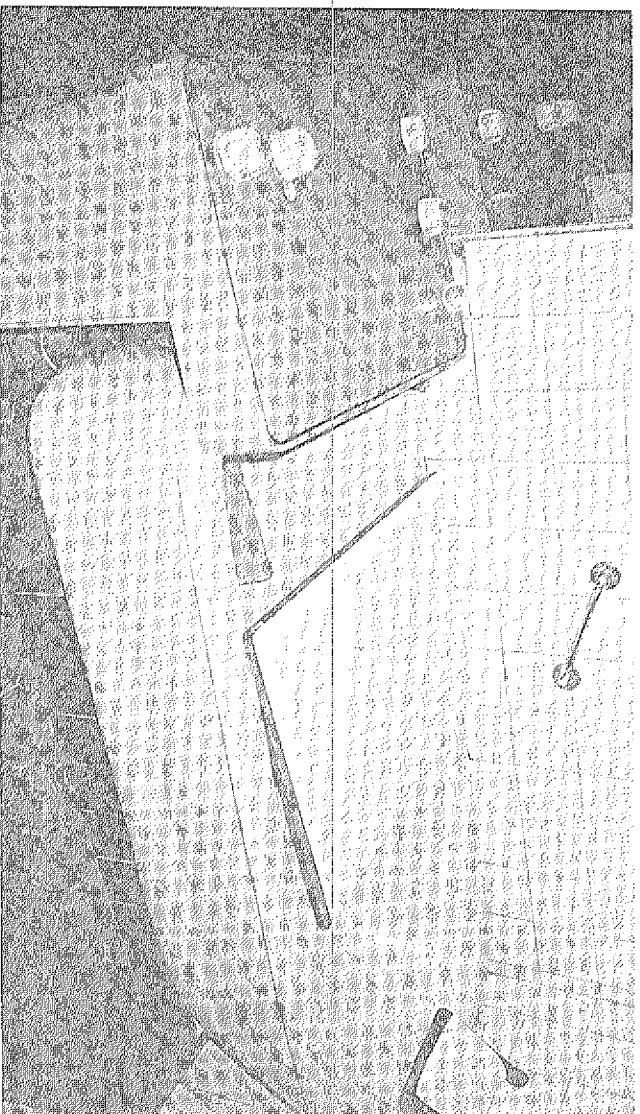
Box für trockene Radon/Luftbäder



"Auf diesem Stühlchen saß schon so mancher Prominente"



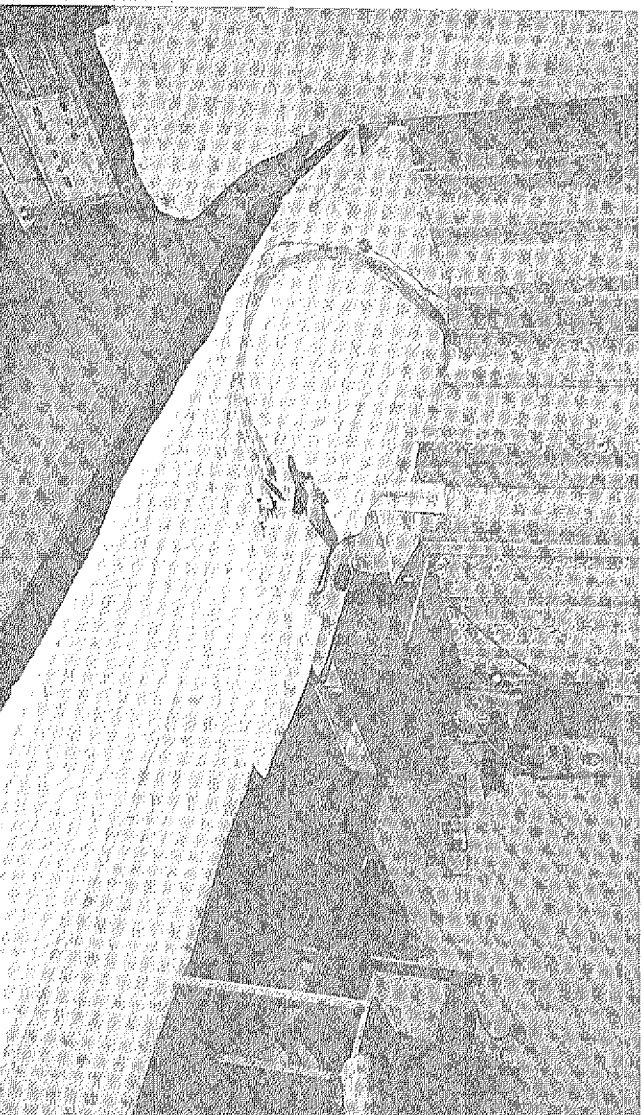




Wannenbad



Fuß- und Armbad



Untersuchungsliege

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

Anhang I

Radonwässer in der UdSSR

von

S.V. Andrejew

Nationales Forschungszentrum für Medizinische Rehabilitation
und Physikalische Therapie, Moskau, UdSSR

x) Ausnutzung für die Behandlung
xx) Großkurort

Nr	Ort, Kurort	Region	Quelle(Qu), Bohrung (Bo)	Rn, nCi/l	Zit.nach
1	2	3	4	5	6
1.	Ak-Cy ^{x)} Akh-Ssuu	Kirgisien	9 Quellen Qu Nr 1	6-7-12-18 25	5,15, 25,30
2.	АКШАНГИНСКИЙ Akschanginski	Burjatien		17	49
3.	АЛМА-АРАССАН ^{x)} Alma-Arassan	Kasachstan	Bo.4	4	30 49
4.	АЛТЫН-АРАССАН ^{x)} Altyn-Arassan	Kirgisien	Gruppe Qu.	3,6	25
5.	АЯК-КАЛКАН ^{x)} Ajak-Kalkan	Kasachstan	Gruppe Qu.	6,2-9,1	30,32
6.	АРАССАН-БУЛАК Arassan-Bulakh	Kasachstan		5	2
7.	АРЫССКАНСКИЙ Arysskan	Tuwa		61	42,49
8.	АРЕНАСЬЕВСКИЙ Arhenasjewski	Krassnojarsk		5	49
9.	АЧИК-ТАШ Atschick-Tasch	Kirgisien		4	31
10.	БАЙ-ТАЛ ^{x)} Bai-Tal	Tuwa	Über 80 Qu.	13-36	30,42 49
11.	БЕЛОКУРИЧА ^{xx)} Belokuricha	Altai, Barnaul	10 Qu., 5 Bo., 1 Brun.	4-16	23,28, 30,31
12.	БЕЛОПЕЧЕНСКИЙ ^{x)} Beloretshenski	Bei Naltschik, N.Kaukasus	Bo.Nr 47	1-2	30
13.	БЕЛАЯ ЦЕРКОВЬ ^{x)} Belaja Zerkowj	Ukraina	Alexandria Bo.2-p Goleandria Bohrungen	13,2-30 43 6,4-7,6 3,2-6,3	15,30, 31,49
14.	БОГЫРСАГ/ИСТИ-СУ ^{x)} Bogyrssag/Isti-Ssuu	Azerbaidzhan	Qu.Nr.18	211-216 (Ra-0,37)	30,31 49
15.	БЫЛЫРА ^{x)} Bylyra	Tschita	Gruppe Qu.	7-13-18	15,24 49
16.	ВЕРХН-БЕРЕЗОВСКАЯ W.Berjosowskaja	Permj	Qu	180	49
7.	ВИШНЕВОГОРОДСК ^{x)} Wischnjowogorsk	Tscheljabinsk	Qu.	18	6,30 49
8.	ГАЙ ^{x)} Gaj	Orenburg		4,6	30

1	2	3	4	5	6
19.	<u>Гарм-Чалма</u> x) Garm Tschaschma	Tadzhikistan		15	31,49
20.	<u>Георгию Деж</u> x) Georgiu-Dezch	Woronezh		70	1
21.	<u>Давачи</u> Dewatschi	Armenien		5	
22.	<u>Дарасун-Нерчинский</u> x) Darassun-Nertschinski	Tschita		23-26	15,30
23.	<u>Деняши</u> x) Denjaschi	Zchitomir/Ukraina		40	
24.	<u>Демин Клуж</u> Djomin Kljutsch	Tschita		12-41	24
25.	<u>Дзхаркент-Арассан</u> x) Dzcharkent-Arassan	Kasachstan		11-22	13,30,31
26.	<u>Дзхеты-Огуз</u> xx) Dzchety-Ogus	Kisgisien	Bo.Nr 1-X 6 9 12 15 5	110-125 30-55 58-95 90-110 50-60 73	2,5,15, 25,30,49 u.a.
27.	<u>Дзхууг-Кучак</u> x) Dzchuug-Kutschak	Kirgisien	Qu.1	3,6	25
28.	<u>Дикозерск</u> x) Dikoosersk	Hakkassien	Gruppe Qu.	12-90	30,40
29.	<u>Дипаки</u> Dipaki	Tschita		10	24
30.	<u>Ейск</u> x) Jejsk	Krassnodar	Gruppe Qu.	0,85	30
31.	<u>Енгорбой</u> Jengorboj	Burjatien		6	47
32.	<u>Жанарки</u> Zchanarki	Karaganga	Qu.	69	44
33.	<u>Железноводск</u> x) Zchelesnowodsk	N.Kaukasus	Kegamowski Qu. Gaasowski Qu.	13,9 8,5	22
34.	<u>Житомир</u> x) Zchitomir	Ukraina	Bo.2 Bo.3 Bo.am Werk "Plodoowotsch" Bo.am Werk "Kozcha" Sanatorium "Zurupa" Min.Wasser "Zchitomir" (Bo.am Berditschew-Str.4)	42 19 9,5 16,0 10,5 26,6 87,0	30,36 49
35.	<u>Заварзино</u> x) Sawarsino	Tomsk	Gruppe Qu. Bo 7h	10,2-12,0 15	10,30,34 49

1.	2	3	4	5	6
36. Загустайский Sagustajski	x)	Tschita		8,9	24,31
37. Заиграево Saigrajewo	x)	Burjatien	Brunnen	7-8	30
38. Закаменск (Дзхидэ) Sakamensk (Dzchida)		Burjatien	Qu.	25-29	17
39. Звенигородка Swenigorodka	x)	Ukraina	Gruppe Bo. Bo.Nr.321	7-11	30
40. Знаменка Snamenka	x)	Ukraina	Bo.1 (Orlowa Balka) 11 Bo.8 (Df. Wassino) 7 Bo.11 (Df. Petrowo) 26,7 Bo.10833 27,7 65,5		30
41. Иссык-Ата Issyk-Ata	x)	Kirgisien	Bo.7	2,0	5
42. Ишанино Ischanino		Karelien		14-15-20	18
43. Каймоново Kajmonowo (Ustj-Kuta)		Irkutsk	Gruppe Qu.	15-150	1,49
44. Ново-Каламинский (Ново-) Kalaminski		Krassnojarsk	Qu.	76	49
45. Карабалты Karabalty		Kirgisien	Qu.	9	2
46. Кокмерен Kokmeren	x)	Kirgisien		22	49
47. Кара-Суч Kara-Ssutsch		Tuwa		60	42
48. Кармалон Karmadon	x)	N.Kaukasus	ca.80 Qu.	bis 5	30
49. Картали Kartaschi		Karelien	Bohrungen	32-91	15,17,1 49
50. Капал-Арасан Kapal-Arassan	x)	Kasachstan	Gruppe Qu.	4,0-5,5	16,30
51. Кверети Kwereti	x)	Georgien	Bo., Qu.	2	30
52. Кисегач Kissegatsch	x)	Tscheljabinsk	4 Bo. Bo.Nr.41	6-10-36 63	30,15 49
53. Кодысхали Kodysszkhal	x)	Georgien	3 Qu.	14-17	30
54. Конча-Заспа Kontscha-Saspa	x)	Kiev	Bo.366	449	31,49

1.	2	3	4	5	6
55.	<u>Коктал-Арасан</u> x) Koktal-Arassan	Kasachstan		4-21	49
56.	<u>Корец</u> X) Koretz	Rovno, Ukraina	2 Bo.	16,4	15
57.	<u>Коростышев</u> x) Korostyschew	Zchitomir		26,6	30
58.	<u>Красноусольск</u> x) Krassnoussolsk	Baschkirien	Gruppe Bo. Bo.11	2-14,5 16,0	12,30 49
59.	<u>Кривой Рог</u> x) Kriwoj Rog	Ukraina	10 Bo. Bo.14090 Bo.13652 Bo.294	20-76 37 42 227	15
60.	<u>Красный Кordon</u> x) Krassny Kordon	Kasachstan	Gruppe Qu.	15-17-31	44
61.	<u>Ку-Арасан</u> X) Ku-Arassan	Kasachstan		5-22	15,19,41
62.	<u>Курменты</u> Kurmenty	Kirgisien		1	25
63.	<u>Кута</u> Kuta	Burjatien	Qu	10-36	1
64.	<u>Кызыл Рай</u> Kysyl-Raj	Karaganda		31	49
65.	<u>Лернадзор</u> Lernadsor	Armenien		9	
66.	<u>Липовка</u> x) Lipowka	Swerdlowsk	1 Qu., Bohrungen	22-26	30,31,40 49
67.	<u>Допухинка</u> Lopuchinka	Leningrad		4,3	49
68.	<u>Лумшоры</u> x) Lumschory	Uzchgorod		3,3	30
69.	<u>Майли-Су</u> Majli-Ssuu	Kirgisien		8-36o(?)	16
70.	<u>Макинский</u> Makinsk	Kasachstan		45	44,49
71.	<u>Мартыново</u> Martynowo	Irkutsk		8	49
72.	<u>Менджи</u> Mendzchi	Georgien		1-1,5	30
73.	<u>Мерке</u> x) Merke	60 km w.Frunse	3 artes.Bo	55,137-160	2,15, 21,31
74.	<u>Мехейский</u> Mechejski	Tschita		33	24

1.	2	3	4	5	6
75.	Мироновка Mironowka	x) Kiev, Ukraina	Bo.2 Bo.3 Bo.4 Bo.1	57,6 19,3 102 56	15,30 49
76.	Молоковка Molokowka	x) Tschita	Qu.1 Qu.2	12 92-113	1,15,24, 30,31
77.	Мохейский Mochejski	Fluß Selenga	Qu.	33	24
78.	Нагорное Nagornoje	x) Samarkand	Gruppe Bo.	20-25,27 5-90	1,15, 21,31
79.	Нилова Пустынь Nilowa Pustynj	x) Burjatien	2 Bo., 2 Brunnen	5,1-5,5	30,31
80.	Новоград-Волынский Nowograd-Wolynski	x) Zchitomir	Qu.Nr 2	8,2	30
81.	Новосибирск Nowosibirsk	xx) Sibirien	a) Lagerstätte in der Stadt: Bo.in Erholungsheim Bo.in Sportzentrum "Dynamo" Bo.in Jugenheim "Grüne Republik" Bo.in J.-h. "Gaidar" Bo.in "Seljoni Bor" Bo.in "Sajelzowski Bor" b) Lagerstätte "Kolywanj": Bo.1 Bo.2 Bo.3	20,5-23,0 9 - 15 12 - 12,3 23 - 25 21,8 4 - 23 76 346 670 73-350	1,15, 40 15
82.	Оби-Гарм Obi-Garm	x) Tadzchikistan	Gruppe Bo.	4	30,31
83.	Патевичи Patzewitschi	Belorußien	Bo.	ca.30	41
84.	Осово Ossowo	Tula-Rjasanj	Gruppe Qu (über 30)	bis 38	37
85.	Охурей Ochurej	Georgien		3	
86.	Песчаное Pestschanoje	Karelien	Gruppe Bo.	12-34-36	1,15, 21
87.	Питателевский Pitateljewskoje	Burjatien	Qu.	5	30,31
88.	По-лонное Po-Donnoje	x) Khmelnitzki/Ukraina	Gruppe Bo.	9,5-39 385	49
89.	Проданвара Prodanwara	Karelien	Gruppe Bo.	7-11 61	18,49

1	2	3	4	5	6
90.	ПЯТИГОРСК xx) Pjatigorsk (S.besond.Tab. nach /22/ u.a.)	N.Kaukasus	a)Lagerstätte "Gorjatschewodsk" b)Lagerstätte "Bestau"	18-330 180-220	26,27, 28,30, 31,45
91.	Ростов/Дон Rostow/Don	Rostow		4	
92.	Рускеала Ruskeala	Karelien		bis 106	18
93.	Сай-Лыг Saj-Lyg	Tuwa	Gruppe Qu.	42-150	42,49
94.	Селиwonки Seliwonki	Grodno/Beloruß.	Bo.49	17-35	41,49
95.	Семюзерский Semioserski	Tschita	Qu.	7-18	24,49
96.	Сенявинский Senjawinski	Magadan	Gruppe Qu.	14	49
97.	Сестрорезк x) Sestroretzk	Leningrad		2-4	30,31
98.	Сортавала x) Sortawala	Karelien	Bo.	164	49
99.	Сунгул Sungul	Ukraina	Torf	12	20
100.	Сют-Кол Sjut-Khol	Tuwa	Gruppe Qu.	10	42
101.	Талгар Talgar	Kasachstan	Qu.Nikolajewski	7	44
102.	Нижний Таштык (Nizchni-)Taschtyk	Krassnojarsk		5,7	49
103.	Тетерев x) Teterew	Zchitomir	3 Bo.	18-22	30
104.	Ткварчели x) Tkwartsheli	Georgien	3 gruppen Qu.	1-5	46
105.	Токарево Tokarewo	Leningrad	Gruppe Bo.	26,45,84	18
106.	Убукинский Ubukinski	Burjatien		8,7	49
107.	Увильды x) Uwildy	Tscheljabinsk	1.Lagerstätte 9 Qu. 2.Lagerstätte:Bo.44	42-29 440-473	29,31 49
108.	Улеабортой Uleabortoj	Burjatien		14	49

1	2	3	4	5	6
109.	Улуг-Шуй Ulug-Schuj	Tuwa	ca.60 Qu.	30-40	30
110.	Улус Uluss	Samarkand		5	1,49
111.	Умань Umanj	x) Ukraina	Bo.607 Bo.875 "Wolodarka"	73 36 22	30
112.	Умбел Umbel	Fluß Kirenga	Qu.	15-40	1
113.	Ургучан Urgutschan	x) Tschita	Bo.4M Bo.3 Brunnen	12 9,5 (29/422)	1,30,31
114.	Усть-Кут Ustj-Kut	x) Irkutsk		10-11;26	30,31,349
115.	Ухта Uchta	Komi	Bo.,Fluß	1-7 (Ra-7,6)	6
116.	Уч-Кайнар Utsch-Kajnar	Kirgisien		3,5	25
117.	Хапунваара Khapunwaara	Karelien	Bohrungen	30-320	1,21,41
118.	Хмельник Khmelnik (S.besond.Tab)	xx) Winniza	a)Lagerstätte in der Stadt: ca.10 Bo. b)Lagerstätte "Nowokhmelnik" ca.10 Bo.	2-18 12-97	30,33 u.a.
119.	Хопжа-Оби-Гарм Khogzcha-Obi-Garm	x) Tadzchikistan	ca.100 Bo. Dampf	2-22 1-80	30,39
120.	Хоргос Khorgoss	Kasachstan	Qu.	22	19,30,44
121.	Цхалтубо Zhaltubo	xx) Georgien	ca.80 Bo.u.Qu.	2,5-33	7,30 u.
122.	Чиган Tschigan	Tuwa	Gruppe Qu.	15	49
123.	Чон-Кызыл-Су Tschon-Kysyl-Sauu	x) Kirgisien	Gruppe Qu.	0,9-1,8	25
124.	Шалгия Schalgija	x) Karaganda	Bohrungen	20-66	3,4
125.	Шахта № I Schacht Nr 1	330km Eisenbahn Atschinsk-Abakan	Qu.	36-64 238	40,49
126.	Шивелиг Schiweli_g	Tuwa	Gruppe Qu.	5,1-35 24-60	1 48

1	2	3	4	5	6
127.	Шивия Суетенская x) Schiwija-Sretenskaja	Tschita	Qu.	12	30
128.	Шинистуй Schinystuj	Baikal	Qu	16,7	24
129.	Шороховский Schorochowski	Irkutsk	Gruppe Qu.	6	49
130.	Шумак Schumak	Burjatien	Gruppe Qu.	35	31,49
131.	Эльбрус Elbruss	Kaukasus	Inguschlinski Qu.	473(?)	49
132.	Энкей x) Enkej	Tschita	Qu.	8	47
133.	Эн-Суг En-Sug	Tuwa	Gruppe Qu.	10	42,47
134.	Яврос x) Jawross	Tadzchikistan		3	31
135.	Ялонвада Jalonwara	Karelien		3-270	15
136.	Ямкун x) Jamkun(Solonetschnoje)	Tschita	Seewasser Brunnen	2-3 40-200	30,36
137.	Янган-Тау x) Jangantau	Baschkirien	Qu.Kurgasak Luft in Grube	6,2 0,2-0,3	30,31
138.	Арчман x) Artschman	Turkmenien	Bassin-Qu.	Luft 1-3 2	30
139.	Джейран-Хана x) Dzsheiran-Khane	Usbekistan	Qu.	1,0	30
140.	Рахмановские Ключи x) Rachmanowski Klutschi	O.Kasachstan	Gruppe Qu.	1,1-2,9	30
141.	Сары-Агач x) Sary-Agatsch	Taschkent	Gruppe Qu.	2,5-3,3	30

1	2	3	4	5	6
142.	<u>Бай-Таг</u> Bai-Tag	Tuwa	Gruppe Qu.	> 40	47
143.	<u>Барлык-Арасан</u> x) Barlyk-Arassan	Semipalatinsk	Gruppe Qu	1,0	50
144.	<u>Бурановское В. и Н.</u> Burawowskoje(Ob.u.Unt)	Altai	Gruppe Qu.	6-80	48
145.	<u>Камень-на-Оби</u> Kamenj/Obj	Altai		36	48
146.	<u>Куинский (Атасуй)</u> Kuinski(Atasuj)	Kasachstan	Gruppe Qu	20	49
Sum Nr 81	<u>Новосибирск</u> Novosibirsk		Gruppe in der Stadt 32-49 Bo.in:Motschische 13-52,5 Borock bis 70 Krivodanskoje bis 40 Bez.Krankenhaus 66		48
147.	<u>Петропавловское</u> Petroprawlowskoje	Altai		bis 80	48
148.	<u>Ула-Тай</u> Ula-Tai	Tuwa	Gruppe Qu.	> 40	47
149.	<u>Ушайка</u> Uschaika	Tomsk		10	48
150.	<u>Целинный Артек</u> x) Zelinny Artek	Kasachstan, See Serendy		17	49
151.	<u>Шуйский</u> Schujski	Tuwa	Gruppe Qu.	> 40	47
Sum Nr 13	<u>Белая Церковь</u> Belaja Zerkowj	Ukraina	Bo.1 Stadtkrh-s 4,3 Bo.2 2-Krh-s 8,5 Bo.3 Physth.krh-s 5,6 Bo.2-p Alexandria 13,2 Schwankungen: 3,6-59		51

Radongehalt in den Wässern der Kurorten von KMW - 75 -
 1 - "Trudy ZNIIKIPh", Moskau, B.21, S.65, Tab.17; 1972;/22/
 2 - Forschungsbericht des Forschungsinstitutes für
 Kurortologie und Physiother., Pjatigorsk. 1975.

No.:	Quelle, Bohrung	1		2		1,
		Jahr	nCi/l	Jahre	Rn, nCi/l: pCi	
1	2	3	4	5	6	7
<u>Kurort Pjatigorsk</u>						
1.	Teploserni 1	1956	16,9	1938-1974	18,6	-
2.	" 2			1938-1958	29,4	-
3.	" 3	1961	21,5	1959-1974	18,6	-
4.	Radiostollen No.2 Lgitung			1938-1974	35,2	-
5.	" Bo.108	1961	271			-
6.	63			1946-1974	66,3	-
7.	75			1946-1974	51,5	-
8.	102			1946-1974	280	-
9.	104			1946-1974	240	-
10.	106			1946-1974	234	-
11.	Akademische Gallerie:					-
12.	Bo.2			1953-1964	26,6	-
13.	4	1952	45,1	1953-1974	30,9	-
14.	6			1953-1974	39,0	-
15.	8			1953-1974	17,3	-
16.	10			1953-1974	23,0	-
17.	Akademische innere Qu.			1941-1962	4,6	-
18.	"Wilde" Quelle No.8			1940-1965	20,0	-
19.	10			1965-1971	7,2	-
20.	11			1965-1971	5,3	-
21.	13			1940-1971	61,1	-
22.	17			1940-1971	17,8	-
23.	16	1952	0,22			-
24.	19	1958	0,04			-
25.	14	1959	0,11			-
26.	26	1961	0,4			-
27.	Narodnij (Volks-) Qu.	1959	0,15			-
28.	Lermontowski Qu. No.1	1959	0,11			-
29.	Warmes Narsan No.7	1959	0,22			-
30.	Neue Krassnoarmejski	1961	0,4			-
31.	Bestau-Lagerstätte	1957	182			-
	Bo.113			1960-1974	251	-
32.	CO ₂ -H ₂ S-Wasser				bis 0,5	-
33.	Perkolski Qu.				1,3	-
<u>Zhelesnowodsk</u>						
34.	Slavjanowski	1960	2,22		2,2	18!
35.	Smirnowski No.1				2,3	
36.	" 2	1960	1,09		1,2	14!
37.	Semaschko	1960	2,22			7!
38.	Bohrung "Süd No.1"	1962	0,29			
39.	Neljubinski, heisse Qu.	1961	3,57		3,6	
40.	Stollen, Qu.No.1	1947	4,91		5,1	
41.	Vladimirski	1961	0,73			
42.	Kegamowski	1947	5,57		8,4	
43.	Gaasowski	1948	8,45		5,5	
44.	Bo.61	1960	0,36			

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<u>Kislowodsk</u>						
45.	Dolomitni Narsan	1963	0,44			
46.	Kaptazhni Narsan	1951	2,98	1974	2,1	
47.	" "	1963	1,82			
48.	Bo.23	1963	0,07			
49.	Bo.5/0 bis				1,7	
50.	12				2,1	
51.	12/0/89a				2,3	
52.	5-HP				1,4	
<u>Jessentuki</u>						
53.	Bo.17	1954	0,04			
54.	Bo. KMW No.1	1962	0,36			
55.	Bo.1	1948	0,07			
56.	Bo.44	1968	0,36			
<u>Kurort Kumagorski</u>						
57.	Haupt-Qu.	1962	1,75		1,7	
58.	Bo.1-R				1,7	
59.	4-R				1,6	
60.	3-R				1,7	
<u>Lagerstädte "Nagutskoje"</u>						
61.	Lyssogorski-Qu.				1,4	
62.	Batalinski-Qu.				2,9	

Radonwässer am Kurort Chmelnik/Ukraine (33)

- 77 -

No	Bohrung Nr	Rn,nCi/l	No	Bohrung Nr	Rn,nCi/l
1e	1-e	10-11	9.	11 RK	16,2
2.	2-e	4,9	10.	2 R	20 98(49)
3.	1 RK	32-50	11.	4 R	98
4.	3 RK	4,8	12.	5 R	6
5.	4 RK	10	13.	6 R	20
6.	5RK	39-53	14.	7 R	6
7.	9 RK	21,3	15.	8 R	15-20,5 77(49)
8.	10 RK	20	16.	9 R	55

Л и т е р а т у р а

1. Авдеева А.Б. Труды ЦНИИКиФ, т.42, Москва, 1979, с.25-31
2. Авдеева А.Б., Гончаров М.Н. Труды ЦНИИКиФ, т.23, Москва, 1971, с.20-44
3. Акимочкина Р.Г. Вопросы курортол., 1971, № I, с.68-70
4. Акимочкина Р.Г., Кичикян В.К. Вестник дерматол. и венерол., 1970, №7, с.71-73
5. Барабанов Л.Н. Труды ЦНИИКиФ, 1980, Москва, с.25-41
6. Баранов В.И. "Радиометрия". Изд. АН СССР, М.-Л., 1956
7. Беродзе Б.Е. "Цхалтубские термальные воды и условия обогащения их радоном". Тбилиси, 1962
8. Быкова В.В., Булатов А.А. В кн.: "Лечение и реабилитация больных сердечно-сосудистыми заболеваниями на курортах с радоновыми водами". Новосибирск, 1986, с.10-11
9. Быкова В.В., Бериги Б.К. В кн.: "Радионотерапия сердечно-сосудистых заболеваний". Новосибирск, 1982, с.13-14
10. Вахтина Г.С. В кн.: "Вопросы бальнеофизиотерапии". Томск, 1963, т.1, с.42.
11. Герасимова В.Н. и др. В кн.: "Радионотерапия сердечно-сосудистых заболеваний". Новосибирск, 1982, с.16-17
12. Грудцина А.И., Курманкаева З.Н. Вопросы курортол., 1958, № I, с.79
13. Данилов Ю.Е. и др. Rep. S A A S, Berlin, B.204, 1974, S.38-42
14. Елманова Н.М., Арбузов В.А. Труды ЦНИИКиФ, т.28, Москва, 1974, с.16-29
15. Елманова Н.М., Арбузов В.А. Труды ЦНИИКиФ, т.30, Москва, 1975, с.105-115
16. Елманова Н.М., Арбузов В.А. Труды ЦНИИКиФ, 1981, Москва, с.62-77
17. Елманова Н.М., Иванов В.В. Вопросы курортол., 1975, №3, с.198-204
18. Елманова Н.М. и др. Труды ЦНИИКиФ, т.30, Москва, 1975, с.116-121
19. Жеваго В.С. и др. В кн.: "материалы 4-й научной конференции Киргизского НИИКиФ". Фрунзе, 1966, "Кыргызстан", с.59-61
20. Зенин М.О. Геологический журнал АН УССР, 1947, т.8, вып.3, 55-6.
21. Иванов В.В. и др. Труды ЦНИИКиФ, т.35, Москва, 1977, с.5-10
22. "Кавказские минеральные воды". Труды ЦНИИКиФ, т.21, М., с.65, табл.17
23. Казначеев В.П., Чернявский Е.Ф. "Курорт Белокуриха". Барнаул, 1963.
24. Карасева А.П. Труды ЦНИИКиФ, т.23, Москва, 1971, с.70-80
25. Ковалева В.С. Труды ЦНИИКиФ, т.23, Москва, 1971, с.44-45
26. Кривобоков Н.Г. Вопросы курортол., 1980, № 6, с.48-49
27. Кривобоков Н.Г. и др. В кн.: "Радионотерапия сердечно-сосудистых заболеваний". Новосибирск, 1982, с.45-46

28. Кривобоков Н.Г. и др. В кн.: "Курортные ресурсы Северного Кавказа". 1984, Пятигорск, с.63-69
29. Кулакова В.Я. и др. Труды ЦНИИКиФ, т.24, Москва, 1972, с.84-86
30. "Курорты СССР" Москва, медгиз, 1962.
31. "Курорты СССР" Москва, "Сов.Энциклопедия", 1983.
32. Никитин А.М. Здравоохранение Казахстана, 1960, №10-11, с.109-111
33. Новицкий Г.А. "Курорт Хмельник и его лечебные свойства". Гос.мед. изд.УССР, 1966.
34. Саратиков А.С. В кн.: "Сборник трудов Томского НИИКиФ и Томского Гос.мед.института". Томск, 1957, т.9, с.3-8, 9-19, 31-3
35. Селов К.Р., Козлитин А.В. В кн.: материалы юбилейной научно-практич.конференция, посв.50-летию курорта "Славгород". Владивосток, 1972.
36. Складов В.И. Врачебное дело, 1975, № 9, с.103-105
37. Сомкин А.Г. и др. Вопросы курортол., 1988, № 5, с.43-46
38. Стромберг А.Г. В кн.: "Радионотерапия сердечно-сосудистых заболеваний". Новосибирск, 1982, с.91-92
39. Таджиков М.М. Вопр.курортол., 1965, № 5, с.543-548
40. "теория и практика радионотерапии". Новосибирск, 1980, с.24
41. Требухова Т.М., Труды ЦНИИКиФ, т.23, Москва, 1971, с.9-20
Требухов И.А.
42. Фомичева В.Н. Труды ЦНИИКиФ, т.23, Москва, 1971, с.55-70
43. Фурсевич И.В. Вопросы курортол., 1971, № 4, с.363
44. Хомнюк В.Ф. В кн. "Материалы 4-й научной конференции киргизского НИИКиФ". Фрунзе, 1966, с.48-51
45. Харитонов С.А., В кн.: "Курортные ресурсы Северного Кавказа". Пяти-
Гаджиханова С.У. горск, 1984, с.70-76.
46. Чиквиладзе П.А. В кн.: "Курорты местного значения Грузинской ССР".
Тбилиси, "Собчота Сакартвело", 1961.
47. Курортные ресурсы Сибири и задачи их освоения. Томск, изд.ТГУ, 1970
48. Курортные ресурсы и санаторно-курортное лечение в Сибири. Томск, 198
49. Каталог минеральных вод СССР. Москва, изд.МЗ СССР, 1969.
50. Замятин С.И. Курорты, санатории и лечебные местности Казахстана.
Алма-Ата, 1956, изд.АН КазССР.
51. Фельцман О.Г. Білоцерківські радонові води. Київ, "Здоров'я", 1970.
52. Курорты. БМЭ, М., 1960, с.4087

1. The first part of the document is a letter from the President of the United States to the Congress, dated January 3, 1862. It is a very important document, as it contains the President's views on the state of the Union and the progress of the war.

2. The second part of the document is a report from the Secretary of the War Department, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the military operations of the Army during the year 1861, and a statement of the resources of the War Department.

3. The third part of the document is a report from the Secretary of the Navy Department, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Navy during the year 1861, and a statement of the resources of the Navy Department.

4. The fourth part of the document is a report from the Secretary of the Department of the Interior, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Department during the year 1861, and a statement of the resources of the Department.

5. The fifth part of the document is a report from the Secretary of the Department of the Treasury, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Department during the year 1861, and a statement of the resources of the Department.

6. The sixth part of the document is a report from the Secretary of the Department of the State, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Department during the year 1861, and a statement of the resources of the Department.

7. The seventh part of the document is a report from the Secretary of the Department of the Army, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Department during the year 1861, and a statement of the resources of the Department.

Anhang II

State and Problems of Modern Radon Therapy

by

S.V. Andrejew

Central Research Institute of Balneology and Physiotherapy
Moscow, UdSSR

In some countries the specialists and population have a conviction that radon treatment is an essential and efficient alternative to medicamental medicine.

In some other countries radon therapy is not used at all.

What is the cause of such a strange situation?

+ + +

The term "radon therapy" usually means a method of balneo-therapy when the organism of a patient is affected by medical media containing high enough amounts of radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ and chain isotopes of its decay products (daughters, DP) - $^{218}_{84}\text{Po}$, $^{214}_{82}\text{Pb}$, $^{214}_{83}\text{Bi}$ and $^{214}_{84}\text{Po}$ (designated correspondingly RaA, RaB, RaC and RaC', in compliance with the traditions of the special literature). These isotopes come into the organism from the medical medium or are absorbed on its surfaces. When undergoing radioactive transformation (decay), they emit ionized radiation (α - and β -particles and γ -quanta) the energy of which is consumed by tissues for their ionization. This results in the emergence of a number of biologically active substances (the products of radiolysis). The influence of these substances on receptors (nervous endings) leads to the biological response of the organism to radon treatment.

The notion of "radon therapy" is somewhat conditional because the weight amount of radon and its DPs penetrating the organism is insignificant and cannot cause any tangible physical or chemical influence on tissues. At the same time with respect to radiology the tissues are affected not only by the α -radiation of radon itself, but also by radiation of 4 more isotopes, similar in their total radiation effect. That is why it is better to regard medical radon treatment as a special aspect of radiotherapy called "Alpha Therapy" /1,2/, the more so, as 3 out of 5 isotopes of the chain (Rn, RaA, RaC') are α -radiators whose decay makes up 90% of the total energy of radiation absorbed by the

organism. Besides, the biological effectiveness of α -radiation (with equal absorbed radiation energy) is at least 10 times higher than that of β - and γ -radiation energy.

Historically, methods of radon therapy came into existence and developed for a long time at spas with a natural medical radon environment and water or air containing radon. Several hundreds of spas of this kind are used in the whole world nowadays. Radon therapy is used especially widely at spas in Europe (USSR, Austria, Bulgaria, GDR, FRG, CSSR, France, Spain, Italy, Portugal, Poland etc.), South America (Brazil, Argentina etc) and Japan. In the first half of the 20th century when radon therapy was popular and prestigious the number and capacity of radon spas was the pride of medicine, and this fact was often regarded as the indicator of the level of its development /3/. Nevertheless, an empirical approach towards the problem of usage and analysis of radon treatment was predominant. Three main forms of radon therapy (radon bathing, radon water drinking and radon inhalation /4/) and a number of less significant forms (radon-air baths /5/, radon water irrigations, radon ointments, compresses, tampons etc. /6/) were determined. The attempt to classify balneologically the radon medical media undertaken in the 1930s /7/ and modernized later /8/ turned to be only conditional and became simply one of the ordinary measures directed against false advertisement. The failure was the result of the lack of scientifically substantiated data (dosimetric, radiobiological and clinical investigations correctly arranged from the methodological point of view).

The wide popularity of radon treatment in the 1920-30s in Europe caused numerous attempts to create special devices for the artificial preparation of radon media with the help of $^{226}_{88}\text{Ra}$ from which radon is spontaneously generated. Such devices /9, 10 etc./ were named radonators or emanators. Unfortunately their constructions were imperfect and the

principle of submersion of supposedly dissoluble radium substances into the water (used for subsequent treatment preparation) was fallacious. (The substances were destroyed under the influence of selfirradiation and part of the radium comes into the water and then penetrates into the organism of a patient /9,11/). The danger of irradiation, connected with the inappropriate usage of such preparations in medicine contributed - to a greater extent - to the subsequent discreditation of radon therapy as a method of treatment. In the post-war period practically all those devices were withdrawn from use in the countries of Europe and America at the urgent insistence of radiation hygienists /12/. This action cast aspersions not only on the establishments using such devices but also on health resorts that used natural radon waters. Anxiety connected with the consequences of any radiation influence on the organism, which arose especially in the post-war period (because of the further development of nuclear energy) determined a considerable decline in radon therapy in the countries of Western Europe. Radon therapy practically disappeared almost completely in Great Britain, the USA and Canada /13/. At the same time scientists and doctors in Western Europe, USA and Japan did not notice that in the USSR the alternative method of artificial preparation of radon medical media was created and developed /14/. This method eliminated completely the possibility of penetration of toxic radium into the medical medium. The perfection of this method and the creation - on its basis - of some effective devices widely used in medical treatment at spas was also ignored /15/. This and a number of other measures determined the rapid development of this method of non-medicamental therapy in the USSR.

Only dosimetric and radiobiological investigations could make the problem of the place of radon therapy among forms and methods of radiation influence on the organism perfectly clear. These investigations could also answer the question that arose in the course of preliminary studies

about the possibility of irradiation of the organism during basic radon treatment. In the pre- and post-war periods the representatives of several schools proceeded with their investigations in this sphere (E.S. Schepotyeva in the USSR, B. Rajewsky in Germany, F. Scheminzky in Austria) using the experience of world radiobiology and numerous dosimetric experiments on animals and human beings, scientists managed in the mid-1970s to give complete quantitative characteristics of a time and space effect of the irradiation of a body and the main tissues of patients and of animals usually used for laboratory analyses in the majority of radon therapy procedures /16/. These data supplemented the incomplete and contradictory knowledge of the pre-war period on the radon irradiation of a body. Dose characteristics of irradiation of a body were investigated in the USSR mainly from the point of view of short-time conditions of radon treatment /17,18 etc./ while in Austria /19,20 etc./ and especially in the USA /21,22 etc./ preference was given to the irradiation conditions that are characteristic of prolonged effects of radon and its DPs on professional staff. Nevertheless, all these investigations showed that the effect of irradiation from the quantitative point of view is insignificant in all tissues and in any treatment and that the levels of irradiation are usually close to the normal natural irradiation of a body. Investigations by Soviet scientists showed that radon irradiation treatment is concentrated in time in the form of rather short-time but powerful impulses of a dose rate against a background of natural irradiation relatively stable in time /23/.

These data together with the results of successful experiments of radon treatment on animals /12,24,25 and others/, including cell investigations /26 etc./ and clinical treatment /8,12,26,27 and others/ with rich empirical experience of radon treatment in view, should serve as a strong impulse to widen the use of radon therapy worldwide. It became clear that radon therapy is a simple and effective

method of treatment using supersmall doses of ionizing radiation with the help of short-lived natural isotopes and can be an alternative to medicamental and β -, γ - and X-ray therapy. The levels of irradiations of these radiological methods is much higher than that of radon therapy (in the case of treatment of similar diseases), the spectrum of such cases being fairly large /28/. But the progress of radon therapy treatment is not characteristic of all countries, in last few years we can speak about such progress only in the USSR and in the socialist countries of Europe. Such a state of affairs was caused by some definite reasons. Here are some of them.

+ + +

Radon therapy has become an object of thorough investigation in the public health service in the USSR and socialist countries since the 1950s. Since that time it has become one of the independent scientific aspects of balneology. Special groups of scientists began their multilateral investigations of this problem. They cope with this combined problem from the point of view of dosimetric investigation, radiobiology, clinical treatment, hygiene, technology, facilities and organizational structure. The elaboration of this problem was included in the plan of solving state scientific problems pertaining to the public health service.

Like all the agencies which carry out in their medical practices investigations with the use of sources of ionizing irradiation, radon laboratories, institutions and resorts were given state norms for radiational protection and safety /29/ and sanitary rules /30/ based on ICRP Recommendations /31/. According to these normative documents radon treatment is allowed only in specialized medical establishments and under the supervision of medical staff, provided the permissible standards are observed. Due to the introduction of the above norms an end was put to all useless discussions on the risk of irradiation in large doses for the service staff who perform radon treatment. At the same time, as a part of scientific investigation, thorough dosimetric examination of working conditions for professional staff in radon institutions was carried out. The conditions of forming the dose load, the reason for radon losses, possible ways of improving working conditions and service staff's protection were analysed /32/. This formed the basis for working out new forms of organization and of protecting the staff from irradiation, for working out new technologies for the preparation of treatment and the introduction of equipment. Simultaneously new radiome-

tric and dosimetric methods were elaborated /33,34,35 etc./. This gave the opportunity to introduce radon treatment everywhere in the USSR /15/ with the help of natural radon waters and of medical radon media artificially prepared in specialized radon laboratories /36/, with a perspective to further expand the network of radon treatment institutions in the USSR to cure several million patients per year, without any risk of causing damage to their health and that of the service staff. The network of research and medical institutions existing in this country permitted to carry out more complete and methodically supported investigations to be carried out of biological and clinical mechanisms of medical effects produced by different kinds of radon treatment, to establish more effective and scientifically based treatment and methods when the course of treatment for each concrete case and each patient is carried out with the help of the optimum radon treatment and radon dosage that is prescribed by a specialist does not depend on the characteristics of the given radon water deposit.

A somewhat different situation arose in Western Europe where the network of institutions for the artificial preparation of radon medical media was practically liquidated, the normal functioning of radon spas is under threat of elimination because of the lack of proper contacts among scientific centres, poor information about the success of this method in the USSR and pseudo-scientific discussions, which are the results of the decline of radon therapy in the post-war period in Western Europe and of its elimination in Great Britain, the USA and Canada. These discussions usually deal with the following problems:

- the problem of probable high degree of professional damage to health and for those specialists who handle radon at radon spas because of the increased probability of the staff and inhabitants falling ill with pulmonary cancer;

- the problem of proving the biological and medical effects of radon and DP radiation proper on a body as a thermal and hydrostatical treatment by taking water baths;
- the problem of a probable lack of effect of small doses of ionized radiation on a patient's body due to failures during studies of the effectiveness of radon treatment on animals in spa conditions (as a rule the effects that are predicted based on the results of animal examination are not determined in experiments on human beings).

These problems are rather complex and can only be solved using the experience of similar investigations in specialized institutions of the USSR, Austria, former GDR and Poland. As a rule the most important investigations in the USSR were carried out on a large number of patients or animals, and the conditions of treatment were quite different from those in other countries. In particular, the latest investigations of the biological and clinical effect of radon treatment are carried out with the obligatory use of a "placebo" group and methods of "multidose" examinations (simultaneous examinations of a large number of groups of human beings or animals, effected by different, usually divisible by each others rates of radiation; examples see below). The data obtained on biological and clinical effects of radon treatment are examined to get the "dose-effect" curve. As was noted above, wide investigations in the USSR in radiation hygiene pertaining to radon treatment determined the methodological approach towards the problem of the practical elimination of the risk of falling ill with pulmonary cancer (RPC) after radon treatment in the network of radon treatment establishments by way of taking some special sanitary and monitoring precautions and also by way of observing the state norms at radon spas. At last, mass examinations of service staff at radon-cure institutions and laboratories were carried out. The results proved the correctness the fight against the unhealthy conditions of "professional harmfulness" at work and determined the

absence of any unfavourable aftereffects resulting from mass radon therapy in our country.

Let us consider the modern level of knowledge of some aspects of radon therapy accumulated over the period of almost 100 years since its development. We shall also describe the problems and the ways of future development of this branch of medicine from the point of view of knowledge available in the 1980's.

The Characteristics of Forms and Methods of Radon Therapy

Nowadays a great number of different forms of radon treatment are widely available. Nevertheless the main forms are still radon baths, radon water drinking and radon inhalations. Radon water irrigations are also widely used (especially of the vagina and oral cavity) and radon air baths which are usually part of the medical complex together with radon inhalations carried out in mines, caves and emanatoriums (and also in pavilions above the springs).

Radon Water Bathing

Radon water bathing is widely used in the form of common and local (with 2,3 and 4 chambers) radon baths, bathing in pools, in deep and contrasting baths or in small swimming pools having different temperatures usually from 30 to 40°C. In some cases underwater massage or underwater physical exercises and running water are used. These factors substantially reinforce the irradiation of a patient's skin.

The conceptions of the physical effect of radon baths on a body have changed greatly in the last few decades. For a long time a special theory was passed down through the /37/ literature from publication to publication based on general

notions of the characteristics of radon and its daughters in combination with the basic knowledge of a human being's physiology; this theory gave the following explanation for the inner processes of a body. Radon from radon water baths penetrates the body t h r o u g h the skin and probably partially through the lungs. Then it gets into the blood and is carried by it to different organs and tissues, including the organs of internal secretion and nervous tissues. Radon irradiates them due to the decay of a part of its atoms and the decay of the atoms arising in its daughters. Nondecayed radon quickly leaves the body mainly through the lungs and only partially stays in adipose tissues due to the quick dissolution of radon in adipose matter. These ideas were confirmed by unconvincing, unsystematic examinations of the whole body of patients /38,39,40,41 etc./. This simplified scheme of the radon "effect" by radon baths turned out to be groundless after detailed dosimetric investigations were carried out in the USSR in the 1960-80's. The conception of enhancing a body's irradiation in radon bath treatment because of the presence of carbonic acid /42,43/ or due to a rise in water temperature /39/ also proved to be false.

These groundless notions were replaced by quantitative wide-scale dosimetric investigations. The present conception is that radon behaves on and inside the organism of a patient, irradiates the tissues during the treatment and after it, and also ideas about the actual levels of radiation are quite different.

The investigations on human beings /44,45 etc./ and on animals /46,47/ showed that radon and its DPs diffuse into the body out of radon bath water, only about 30 % of the energy of radiation is absorbed by the body (90 % of this radiation energy in the energy of α -radiation). It was proved that under normal ventilation conditions in medical premises and in the case of strict observation of sanitary norms for radon and its daughters, permissible concentrations

(see below) in the air and the ingress of radon into the body /48/ does not play (and in principle cannot play) any role in the formation of its biological response to radon bath treatment (usually not more than 0.2 % of all radiation energy absorbed by the body). At the same time about 70 % of the radiation energy affecting the organism is formed from radon daughters adsorbed from water onto the patient's skin.

The radon activity which coming into the body from the water of a usual 15-minute radon bath is not high and makes up only about 0.5 % of the radon activity dissolved in the bath, though its concentration in the skin at the moment of finishing bathing reaches 20 - 30 % of radon concentration in the water and has the tendency of further growth if the treatment is continued (in tissues other than adipose, the radon concentration is from 30 to 200 times lower). During the procedure and some time after it, up to 60 % of radon which penetrated the body, is deposited in the skin submerged in the water /46/. A small part of radon (about 0.5 % of atoms which penetrated into the body) has time to decay in tissues and to affect them by α -particles. Radon daughters that have formed in this case decay mainly at their place of creation but partially they move with the blood to other tissues and decay there /49/. When leaving the skin depot non-decayed radon atoms get into the blood very quickly (with the period of biological half-life $T_{1/2}$ 10 min) and partially diffuse into hypodermic adipose tissue; 60 % of radon atoms are removed from the body through the lungs, and 40 % through the skin. The fraction of the radon which remained in the adipose tissues and in a number of internal organs stays in the body and is removed from it mainly through the lungs at $T_{1/2}$ = 50 minutes. Two hours later less than 10 % of radon is left in the body. The concentration of radon in tissues outside the skin depot can be measured everywhere with the help of modern equipment and methods, but from the radiological point of view it is very small, with the exception of hypodermic adipose tissue

/46/ where it is 5 times lower than in skin even at peak times. The majority of atoms of DPs generated in the organism as a result of the decay of radon atoms, remain and decay in the skin. The removal of a certain part of daughters out of the skin depot and also out of adipose tissues and gonads results in their replaced deposit and decay in organs with excretory functions, especially in the renal cortex. This is the secondary depot of radon daughters which causes slightly higher irradiation of the kidneys, putting them in second place after the skin.

Thus, it became clear that bath radon does not penetrate the skin as if it were a semipermeable barrier. Instead, radon is deposited and becomes concentrated in this tissue, the weight of which is less than 3 % of the body's weight. At that time the skin becomes not only a radon depot, but also the organ regulating radon transportation to other tissues and its redistribution depending on a number of factors. For instance, it has been ascertained /50,51/ that the origin of hyperthermia and the intensification of blood microcirculation in the skin under the influence of higher water temperature or due to the presence of carbon dioxide dissolved in the bath water leads to a quick destruction of skin radon depot and to its quick removal out of the organism through the lungs already during bathing; these phenomena noticeably reduce the probability of the decay of radon atoms and lessen skin radiation. On the other hand, the presence of gas bubbles (effusing out of water) on a part of the skin prevents the penetration of radon into the body. All this influences the effectiveness of radon bath treatment.

It is necessary to pay special attention to the function of the adsorption of radon daughters on the skin. Traditionally this process has been thoroughly investigated in the USSR /52, 53,54 and others/ but was disregarded by scientists in Western Europe. Seriously examined in the USSR were the process and regularities of radon daughters ad-

sorption on skin (as well as on other surfaces submerged in radon water), the dynamics of this process and the isotope structure of the "radioactive deposit" of the radon daughters. As a result the energy of radiation (primarily α -radiation) absorbed by the skin during the decay of this deposit was first estimated and then analysed in detail. Later on the process of migration of short-lived radon daughters from the surface inside the corneous layer of skin was discovered and investigated (as a function of time - during bathing and afterwards; for each isotope separately, as a function of the skin depth). The following three main factors were ascertained:

First. It turned out that the amount of irradiation of a body due to the decay of radon daughters on the skin is usually about 70% of all energy absorbed by radon treatment (the remaining 30%, see above, is obtained due to the decay of radon and its daughters in the body).

Second. The "deposit" of daughters on the surface of the skin which seemed to be fixed is not so static. For the period of existence of radon DPs, which were precipitated out of radon bath water, a considerable part of short-lived atoms (α -emitters) can diffuse into the body during 2-3 hours of their existence up to the lower boundary of the corneous layer. After their decay these atoms are able to irradiate not only the cells of the corneous layer but also the derm, - a fact which was always denied by the opponents of the possible influence of the "radioactive deposit" on the skin.

Third and last. The results of radiobiological investigations /56/ proved that even the deliberate irradiation of the upper layers of the epidermis with short-track α -particles (up to 15-20 microns) gives trustworthy results which are connected with the formation of biologically active substances (radiolysis products) in the corneous layer under the influence of irradiation and with their migration to the deep sensitive skin layers and nervous endings. All this convinced the specialists of the effectiveness of radon daughter irradiation influence on

the skin. Later on this conception was distinctly proved during clinical investigations of radon-air baths where only this factor can be decisive. By the way, this evidence led to the rehabilitation of this treatment, discredited and forgotten in pre-war Germany due to old-fashioned conceptions of the physical effects of radon treatment /5,39/. It should be noted that besides by Soviet scientists, the problem of the adsorption of radon bath water daughters on the skin was examined in the post-war period practically only in Japan /57/.

The investigation of radon and its DPs distribution in the human body over the organs and tissues as a function of time up to the subcell layer, and also the calculation of the energy of α -, β - and γ -radiation absorbed by tissues (with due regard to the biological effectiveness of the above radiation) /46,58 etc./ showed its extreme unevenness and contrast range of this distribution both in space and in time. These investigations solved the problem of real processes, which are the bases of the ideas of the initial mechanisms of radiological, biological and medical effects of radon bathing. It was determined that 83 % of the radiation energy absorbed by a patient's body is absorbed by the skin submerged in radon bath water, the mass of the skin being only 2 - 2.5 % of the mass of the whole body (out of the above 83 % of energy - 100 % of the radiation which is emitted in the direction of the skin by the decay of daughters is deposited in the skin and 59 % of radiation emitted by decay in the skin atoms of radon and its daughters). Another 9 % of the energy of radiation is absorbed by adipose tissues whose mass makes up about 16 % of the mass of the whole body; the remaining 8 % of the energy is absorbed by other tissues whose mass makes up 84 % of the body mass. Apart from the irradiation of kidneys due to the formation of a secondary depot of radon daughters in them the irradiation of all other tissues, especially the blood, nerve tissues, gonads and organs of internal secretion is insignificant /16,58 etc./.

The conditions of radon bathing affect the level of irradiation of a body. This irradiation is proportionate to the amount of radon and its DPs in the water, to the duration of the procedure and to the number of baths in the course of treatment. The irradiation intensity depends on the skin surface submerged in the water, and lessens with rising temperature and with an increase of the contents of carbon dioxide and other spontaneously liberated gases; the irradiation increases substantially even at moderate movements of the body in water or in running water. With the above factors in view, the levels of irradiation of the whole body and of its organs can be calculated using some special equations /16,23,58,59/.

The irradiation of a body during radon water bathing is very small. For example, radon water bathing with a radon concentration of 1.5 kBq/l (40 nCi/l) in the water for 15 min is accompanied by the irradiation of the skin with the absorbed dose of 0.09 mSv (9 mrem), of the kidney with a dose of about 0.3 mrem and of other organs with an even lower dose /59/, with an average everyday reference dose for the same organs of about 0.3 mrem.

However the analysis of the distribution of dose rate $\bar{D}$ as a function of time (see Fig. 1) testifies to the existence of a considerable pulse of dose rate during radon bath treatment and after it in the course of relatively short interval of time (about 6 hours). This pulse even under conditions mentioned above exceeds the average reference level (0.03 mSv/sec) by about 1000 times but only 30 times - in the kidneys and adipose tissues - at its peak values. The dose rate influence on practically all other tissues during radon bath treatment does not exceed the level of natural background variations /23/.

All the facts mentioned above help to formulate modern ideas about the peculiarities of the radiation influence of

the medical environment factor on the body of a patient during radon bath treatment. In the course of radon bath treatment and soon after it during a comparatively short period of time the body (mainly the skin) is irradiated by the impulse of α -radiation dose, which depends on the concentration of radon and its daughters in the bath water, as well as on some other factors. The irradiation of all other organs and tissues (with the exception of kidneys and hypodermic adipose tissue) during radon bath treatment is extremely insignificant and can be neglected when we speak about formation of the biological response. The influence of radiation on skin tissues (the ionization of molecules in the zone of tracks of α -particles, the formation of radiogene radicals and stable products of radiolysis in the zone of partial decay of atoms of radon and its daughters, and - in the first place - ample skin reflexogene zones, the effect of radiochemically determined substances including ones migrating to skin receptors) causes the agitation of a complicated chain of reflexo-regulation mechanisms which - in the long run - determine with a definite probability for the manifestation of biological and medical effects ¹⁾.

1) Analogous to this pattern is the distribution in the body of other substances which are used in mineral baths in balneology. Gases and other substances (carbon dioxide /64/, fluorine, bromine, boron, iron /65/ etc.) are deposited in the skin. Their penetration into the body from the bath water can be noticed only in the skin; in all other tissues it is insignificant compared with the variations in their natural contents and balance. This phenomenon also testifies to the primary influence of the above elements on the skin receptors during balneological bath treatment.

The experience of multidose biological and clinical investigations /60,61 etc./ during radon bath treatment revealed the non-linear dependence of the probability of manifestation of the medical effect on the dose or dosage (see Fig. 2 /62/). The form of this dependence turned out to be close to that forecast theoretically /63/ and received during radiobiological investigations /60/ not long ago.

Indications for radon bath treatment as well as their varieties are very wide. Nowadays there is a distinct tendency to differentiate indications for the treatment of each form of illness according to the data for optimum dosages used during such treatment obtained during investigations /12,27,28,61,62 etc./.

Radon Air Baths (RAB)

Radon air baths in spite of the ancient history of this kind of treatment (for example, together with radon inhalations in pavilions over springs or in underground cavities like mines etc.), were singled out as a separate form of treatment relatively recently. This happened after carrying out thorough radiometric and dosimetric investigations /66,67/ and following the creation of technical devices for their execution independent of other treatments /68/. Dosimetric investigations of RAB showed that in this case the irradiation of the organism is almost similar to that at water radon baths, the only difference being that the RAB irradiation of internal organs has practically no detrimental effect at all (due to even less radon entering into the organism than at water baths). Whereas strong radiation of the skin is caused practically only by decomposition of radon daughters which are intensively adsorbed from air /66/. The irradiation of the skin during this procedure chiefly depends on the concentration of radon daughters contained in air, mobility of RAB atmosphere relative to the skin of a patient and on the distribution of static

charges in an RAB box. The radiation dose absorbed by the skin of a patient by RAB, provided all other conditions are equal, is much higher than at water radon bath treatment. For instance, with an RAB radon concentration of 1.5 kBq/l (40 nCi/l) and at 70 % radon daughters (DP:Rn) balance and with a 15-minute duration of the procedure, the average radiation of the skin will be characterized by a dose of 15 mSv (1.5 rem) which is 170 times higher than the dose obtained during a similar water bath (see above). This gives an opportunity to use radon-air mixtures for treatment with a much smaller amount of radon than in the water of water baths. However for RAB it is obligatory to accumulate and preserve radon daughters in the bath air. High effectiveness of the clinical use of RAB in the treatment of a number of illnesses, especially when the use of water procedures is contraindicated /69,70,71,72/, has stimulated in the USSR an engineering and technological elaboration of the most effective techniques for carrying out RAB in health resorts and under non-resort conditions /73/, as well as a generalization of experience of performing air-radon procedures /74/.

The effect of radiation on the organism in exercising RAB is very close to that at water radon baths. Therefore, the list of indications and contraindications for treatment are similar. However, in this case, the difference in procedures of a non-radiological character is essential: absence of hydrostatic pressure of water, absence of water proper as a physico-chemical factor, and possibility of using a much wider range of air temperatures and mobility of the medium during the procedures. This fact makes it possible to considerably expand the indication for the radon air treatment of patients in a critical state and to begin their treatment earlier after completion of the critical stage of the illness, for example, after myocardial infarction. Indicated here is also treatment of such diseases as eczema, especially by the application of local air radon baths.

Clinical and experimental radiobiological experiments and investigations carried out during the last few years in the USSR with the application of water and air radon baths speak ever more convincingly of the necessity, on the one hand, of increasing the attention of specialists to processes which are excited by radiation and take place in the skin, and, on the other hand, of determining optimum curative dosages and doses of radiation which are absorbed by the skin and are equivalent to the dosage to cure any illnesses. The last factor becomes important due to the possibilities of the use of modern devices and technology, which make it possible to cure definite illnesses practically everywhere (including radon spas) using such treatment and dosages (and respectively, doses of radiation) that are necessary to achieve maximum probability of success in treatment and that do not depend on natural conditions of forming radon waters at this or that spa. In this connection the problem of advisability and necessity of radon bath water enrichment (including natural radon water) during radon bath treatment arises. This also involves the problems of air and water enrichment with the help of artificially made radon concentrates up to the level of optimum treatment.

Radon Water Drinking

Thorough dosimetrical investigations of personal introduction of radon water carried out on human beings /75,76/ and on animals /76,77/ allow the irradiation of the organism of a patient to be estimated during radon water drinking /16/.

As distinct from the contrast distribution of the radiation energy absorbed with radon water bathing (when practically only the irradiation of skin occurs) with radon water drinking a large group of organs is irradiated. Retention of radon and its daughters in the gastroenteric tract and

gradual arrival of radon through the tissues of the tract leads to its high irradiation (which is nevertheless not so considerable as may be concluded from works /78,79/ whose authors did not take into account the decay of radon and daughters in the stomach contents and the role of the gastroenteric tract secretion which prevents the adsorption of radon DPs on the stomach walls from its contents /76/). "Forced" passage of the greater part of the radon introduced with water through the organism into the stomach up to its removal through the lungs leads to the introduction of radon into tissues, especially into those characterized by high dissolvability with respect to radon (omentum, mesentery and other adipose tissues) or those which adjoin the stomach and upper parts of the intestine (spleen, liver, pancreas and others). The redistribution of the radon daughters, their redeposition and decay (after they had been transported by the blood) in the renal cortex and in the skin /80/ play a major role here in the irradiation of some organs. Similar to radon water bath treatment, radon water drinking does not lead to the irradiation of nervous tissues, blood, and the majority of organs of internal secretion (with the exception of the pancreas). Drinking of radon water containing 1 microcurie (37 kBq) of radon irradiates the omentum and mesentery by dose of about 0.4 mSv, stomach tissue - 0.22 mSv, duodenum, spleen, liver, kidneys - by a dose from 0.10 up to 0.2 mSv, pancreas - 0.09 mSv and all the other organs - by less than 0.04 mSv during a procedure and after it. Due to the small concentration of radon in natural radon waters (only in deposits of mineral waters of the health resorts of Pyatigorsk, Uvildy, Bad Brambach, Isole d'Ischia, Lurisia, Masutomi and some others does it exceed 0.5 microcurie or 20 kBq radon per litre) radon activity in the portion of water introduced into the organism in one procedure is very small. Thorough multidosage investigations of the treatment of a number of illnesses with the help of the radon-water drinking (with obligatory usage of the "placebo" group) in the USSR showed that the curative effect is achieved in

such cases only when the daily dosing exceeds the activity of 1 microcurie radon introduced into the stomach (with the exception of curing some gastroenterological cases). A tangible effect in the treatment of a number of illnesses (neurological, urological, metabolic and others /81,82,83, 84 etc./) was achieved by the use of much higher doses (up to 70 and more microcurie of radon at one course of treatment). Such treatment excludes the use of natural radon waters for this form of radon therapy and requires the use of artificially made radon solutions.

Radon Inhalations

The treatment of patients by radon air inhalations is not widespread nowadays, though not long ago many spas were equipped with special devices - so called emanatoriums - for such a treatment. Nowadays various excavations are often used for radon inhalations. The air of these excavations possesses sufficiently high concentrations of radon and its daughters for the treatment. The greatest experience of this kind of treatment has been accumulated in Austria's Badgastein health resort in a famous thermal gallery at Böckstein, in emanatoriums of the FRG and France and also in Japan. In recent decades artificial emanatoriums for radon inhalations have been built in the USSR (Pyatigorsk, Khmel'nik, Belokuriha, Moscow etc.), where the investigations are carried out by groups of scientists from spa research institutes.

Such emanatoriums /85/ are intended for radon inhalation treatment by way of a wide set of various doses - from "placebo" treatment up to maximum (for this health resort) dosage which is usually up to 40 nCi/l. The main feature of these emanatoriums is the absence in the inhaled air of any other radioactive isotopes (radon DPs), except radon itself; these isotopes are always present in the air of excavations (up to 60 - 70 % of equiponderant activity

/20/) or in air of group emanatoriums (with the exception of the Münster emanatorium, FRG and others). Rather simple individual inhalators were created /86/ to use radon inhalations right at the patient's bed; in this case the air containing radon is evacuated ventilation, and the present radon concentration is kept within the error limits of $\pm 10 \%$. Such inhalators operate on artificially-made radon water solutions; the latter may also be used for investigations on animals.

The irradiation of an organism during radon inhalations depends to a great extent on the presence of radon daughters in the air. During inhalation of air which does not contain daughters, more or less similar irradiation of several organs - lungs, kidneys and skin (without access of radon to skin from outside) - occurs. With radon concentration of 40 nCi/l (1.5 kBq/l) and the duration of inhalation of 15 min. all the above organs receive a dose within from 8 to 22 mrem (0.08 - 0.22 mSv). Other organs such as adipose tissues, liver, kidneys, tissues of the gastroenteric tract, blood etc. are irradiated with a 2 - 10 times smaller dose. Increased irradiation of the kidneys is explained by the fact that radon daughters are also transported into the renal cortex by blood /16 and others/.

In the presence of substantial concentrations of radon daughters in the inhaled air, the distribution of the absorbed radiation dose in the organism changes sharply. The aerosols containing radon decay products are adsorbed from the air in the patient's respiratory tract; where these daughters are adsorbed and decay they irradiate the cells under the layer of secretion with α -particles, especially at those places where the thickness of secretion is minimum - in bronchioles of the 3rd and 4th orders /87/. The estimations of the absolute amount of the adsorbed dose for these tissues vary for the time being, but they reliably testify to the fact that the dose is rather significant as compared with the irradiation doses of all other tissues.

The irradiation of these tissues increases to a considerably smaller degree as the concentration of the radon daughters in the air becomes higher. The estimated irradiation dose of the upper respiratory tract under the above conditions is about 600 mrem (6 mSv) for a single procedure. In this case, the content of radon daughters is accepted to be 70 % of the equiponderant amount. The use of radon-air mixtures (RAM) with considerable content of radon daughters for inhalations determines the main dose loading on the bronchi; the usage of these mixtures leads to apprehension that there is a probable risk of falling ill with pulmonary cancer to comparable the risk for miners at uranium mines. In spite of the fact that these apprehensions were hardly well founded for conditions of real treatment (e.g., in the gallery at Böckstein, Austria), the use of RAM with considerable content of radon daughters seems to be substantiated only for the treatment of some illnesses (e.g., illnesses of respiratory tract, when it is necessary to irradiate the tissues of the upper part of the tract and alveoli). In other cases the use of RAM without radon PRs seems to be preferable, for example, the use of freshly made RAM (when daughters have no time to form in such mixtures) or of filtrated mixtures when DPs prior to the delivery of the RAM into the patient's respiratory tract are removed from the air by passing the air through fibrous or other filters which allow the passage of the radon itself.

Up till now a great number of radiobiological investigations have been carried out, examining the formation of the biological and clinical response of an organism to multi-dosage radon inhalations /88,89/ etc./; individual clinical studies have also been carried out; during these research activities special attention was paid to the effect of the irradiation during radon inhalations /90/. Unfortunately, the results of the majority of these investigations (carried out with the use of RAMs for the treatment of patients in Austria, FRG, France and other countries)

cannot give a definite answer to the importance of radon inhalations in the treatment of many diseases. This is explained by the fact that, as a rule, radon inhalations were a part of a large medical complex together with other factors (temperature, moisture, radon air or water baths, the presence of hydrogen sulphide in the air and so on) and that the results of similar investigations, carried out with the "placebo" group, were not available during the inhalation research. In this connection, the existing long list of the radon inhalation treatment indications (e.g. /91/) requires thorough revision and calls for further investigations with the use of genuine scientific methods.

Other Radon Therapy Procedures

Apart from the described radon treatment, vaginal and the rectal irrigations with radon water, as well as spraying of mouth and nose cavities, are rather widely used nowadays in medical practice; this treatment requires rather simple equipment. Apparently, no serious dosimetric and radiobiological investigations were carried out during these procedures. But it is obvious that the levels of irradiation of tissues during this treatment are not so high, similar to the levels characteristic of the main kinds of radon therapy. There are enough data in the Soviet scientific press on numerous clinic investigations of these procedures. The most advanced methods and procedures are recommended for practical use /28/.

Radiation Hygiene Norms and Standards

In the majority of the countries of the world the requirements of radiation hygiene do not cover the balneotechnical structures of radon health resorts. These requirements limit the concentration of radon and its daughters in the air of personnel and medical premises and also in the air

which is released by radon clinic establishments into the atmosphere and into the sewerage systems. In the normative documents there are no criteria for the majority of countries determining the permissible levels of radon concentration and limiting the use of medical radon media (which have higher than permitted activity) for mass treatment. The absence of these norms and also of obligatory monitoring conducted by special radiological groups with the help of adequate methods of investigations of the medical medium and medium of inhabitation, leads (to an ever increasing extent) to discussions of the admissibility of radon therapy in general (see below). At the same time in some countries (the USSR, the former GDR) this problem has been solved positively: due to such a solution the problem became less acute and the use of radon therapy became just as legal as other methods of treatment and diagnostic with radioactive isotopes and sources of ionizing radiation (β - and γ -therapy of non-tumour diseases, X-ray therapy and diagnostics, nuclear diagnostics and so on are used). To this end /15/, all Soviet institutions using medical radon media for research or clinical purposes (laboratories, hydropathic establishments, emanatoriums etc.) are classified as establishments which are connected with the use of sources of ionized radiations; that is why such establishments are subject to respective sanitary legislation, to monitoring by a sanitary-epidemiological station (SES), and are obliged to observe the norms of radiation safety /29,30/. In this connection, medical and other establishments must observe the requirements of the country's normative documents and assure safe working conditions for attending personnel and treatment of patients.

In the USSR limit norms and standards pertaining to the concentration of radon and its DPs in the air of production premises are accepted and approved:

$$\frac{C_{Rn}}{LC_{Rn}} + \frac{E_{DP}}{LC_{DP}} \leq 1 \quad \text{where:}$$

C_{Rn} - measured average radon concentration on the premises, Bq/l;

E_{DP} - measured average radon DPs concentration on the premises, MeV/l;

LC_{Rn} - radon limit concentration on production premises, 55.5 Bq/l or 1.5 nCi/l;

LC_{DP} - radon daughters limit concentration on production premises, equal to $0.38 \cdot 10^5$ MeV/l.

(LC = Limit, or Permissible Concentration of Isotope)

The limit concentrations that are determined for adjacent premises are 30-fold lower; the limit concentration of radon daughters in the air corresponds to the recommendations of the ICRP. The sum on the left side of the equation is acceptable only if it does not exceed 1 on average per day. According to the recommendations of the ICRP the reference levels of doses of γ -radiation introduced by legislation way /29/ should be observed, when the sources of γ -radiation (radon generators, large amounts of high-activity radon water and so on) are used. The reference level which was established for medical staff is 50 mSv per year. To ensure the safety at work of the attending personnel during radon therapy treatment, the rules require obligatory presence of a balanced ventilation (5 changes of air per hour) when the amount of the exhausted air exceeds in time the amount of the inflow air, where the 3-zone planning of the premises of establishments administering radon treatment is carried out (this planning regulates the flow of air and makes it easier for the attending personnel to do their work), and where special equipment which is earmarked for specially removing into the ventilation system the radon that is radiated from the medical medium when radon-containing media (having radon concentrations in excess of 120

nCi/l or 4.5 kBq/l) are used. Checks on the personnel's health condition in radon-treatment establishments, and the universal compulsory prophylactic medical examination of the personnel is implemented.

All these measures, and also supervisory and dispensary investigations, resulted in a sharp improvement of working conditions in radon establishments and practically put an end to the problem of the hypothetical harmfulness of working conditions thus ensuring confidence in this method of radiation therapy.

Simultaneously, for the purpose of regulating radon treatment on a mass scale in the USSR, a respective legislative act was introduced. This act allowed the mass use of radon treatment in balnearies under the condition that such treatment does not exceed one course per year (this norm was introduced proceeding from the norms of radiation safety for patients who take the treatment due to non-vital indications, and on the basis of radon therapy dosimetric data). Listed below are the following upper limit dosages:

- radon-water baths (15 procedures with a duration of 15 minutes each) with radon concentration of not more than 1000 nCi/l (37 kBq/l);
- radon-air bath (15 procedures with a duration of 15 minutes each) with radon concentration of not more than 250 nCi/l (9 kBq/l);
- radon inhalations without radon daughters (15 procedures of 15 minutes' duration each) with radon concentration of not more than 250 nCi/l (9 kBq/l);
- radon inhalations with radon daughters (15 procedures of 15 minutes' duration each) with radon concentration of not more than 5 nCi/l (185 Bq/l) at 100 % balance of radon and its DP's in the inhaled air. In the case of a shift in the above balance the upper limit of radon content in the air can be regulated; nevertheless it is strongly recommended to abstain from wide practical use of the air mixtures containing radon and its daughters;

- radon-water drinking by the total activity of radon of not more than 72 microcurie (2.7 MBq).

All the above listed measures of a radiation hygiene nature proved to be effective for the development of mass radon therapy in the USSR and can be taken over by all other countries the world.

Methods of Monitoring and Equipment

A wide range of methods is used to reliably monitor radon concentrations in water and air during radon medical procedures. The most universal and reliable is the method of measuring samples of water and air containing radon concentrations from 1 nCi/l and above on the basis of their balanced γ -radiation, with help of stationary scintillation well detectors, operating in discrete spectrometric mode /35/. This method has practically no upper limits of measuring and provides for almost ideal reproduction of results compared with reference sources of γ -radiation prepared on the basis of radium-226 salt solutions, these sources being similar in site. Another method of measuring γ -radiation of significance in volume samples of radon water can be used /92/ to measure radon concentration in water.

To monitor the concentration of radon and its daughters in air, numerous types of devices are used in practice: beginning with electrometers and including devices with chambers recording the penetration of α -particles in the substance of a detector. However these devices cannot monitor large volumes of air with variable concentration of radon in it. That is why under the conditions specific for radon-curing establishments, it is preferable to use instruments with long-distance transport of the examined air through a small-volume measuring chamber, with preliminary evacuation (filtration) of radon daughters from the air (for example

the "RANag-1"-instrument /28/). This instrument gives the opportunity to simultaneously estimate the concentration of radon daughters in the air within limits sufficient for monitoring (from 5 % of LC_{DP} and more).

Balneotechnique of Radon Media

Nowadays wide experience has been accumulated concerning the concentration of various devices for the preparation, preservation, transportation, processing, usage and elimination of residual products of radon medical media.

The balneotechnique assures hermetic piping, transportation, storage and heating of radon waters; in this case total radon losses do not exceed 10-20 % of its initial content /12,93 and others/. On condition that respective and specific methods for radon media are used, radon water treatment is accompanied by losses of not more than from 2-5 % of radon relative to the total amount of radon contained in the water. This is true if the baths are filled and emptied properly and if radon is not removed together with the gases spontaneously discharged from water or if so-called "pearl-baths" (incompatible with radon water) are not used.

The existing devices and those under development /36,37/ assure safe preparation of radon concentrates (liquid or solid) in any part of the world, applicable for any form of radon treatment with predetermined activity of radon and its daughters in medical medium. These devices operate in an automatic mode and ensure effective radiological protection for the attending personnel and patients.

The irradiation of patients during radon therapy in comparison with other forms of influence of ionizing radiation on the organism

When any form or method of radon therapy is used nowadays in the world, the irradiation of organ and tissues of a patient during a course of treatment doesn't exceed the limit of the doses from 10 to 15 mSv (see Table 1). They are much lower than the doses of irradiation obtained in any other form of radiotherapy and even lower compared with those experienced during single X-ray procedures and nuclear diagnosis. The level of radiation effect in radon therapy procedures can be compared only with the level of natural annual irradiation of a body and its organs due to the radiation of the surroundings, soil, building materials, cosmic radiation and the atmospheric radioactive isotopes /59/; the human organism has adapted itself to this radiation during the lives of many generations. However the nature of radon treatment irradiation differs greatly from that of natural irradiation. Natural irradiation changes slightly over long intervals of time and its oscillation amplitudes seldom exceed 2-3 times the average level of natural irradiation. During radon treatment, as was mentioned above, these dose rate variations for definite organs and tissues may exceed the usual values of the organism's natural irradiation by thousands of times. The effect of these dose impulses on receptor fields and zones, the influence of the rhythmicity of those periodic impulses will require in future serious scientific efforts to explain, with the help of incontrovertible evidence, the nature of obtained biological and clinical after-effects.

Table 1: The irradiation of a body, gonads and other vital¹⁾ organs as a result of some kinds of effects of ionizing radiation /94/.

Type of effect	Description and duration of effect	Organ	Absorbed dose, mSv	Peak Dose rate, microSv/c
Alpha radiation therapy	Radon therapy: 12-18 procedures, 15 min each Radon baths, 40 nCi/l, without active movement	Skin	0.9	0.03
		Kidneys	0.03	0.001
		Gonads	0.01	0.0003
	Radon air baths, 40 nCi/l, 4 % content of daughters	Skin	7.5	0.32
		Gonads	0.01	0.0003
		Others	< 0.01	< 0.0003
	Radon inhalations, 40 nCi/l without daughters	Kidneys	1.5	0.08
		Lungs	0.8	0.04
		Skin	0.7	0.04
	Radon water drinking 30 microCi of radon per course	Mesentery	11.4	0.4
		Stomach	6.5	0.2
		Spleen	5.1	0.3
Beta radiation therapy of non-tumorous diseases	Course of treatment by β -radiating isotopes	Thyroid gland	20.000	
γ -and X-ray therapy of non-tumorous diseases	Course of applied treatment	at a certain place	10.000-50.000	
	Course of treatment of the same diseases as in case of α -radiation therapy	Gonads	20-300	
Nuclear diagnostics	Single introduction of tracer compound in vivo	on vital organ	1-150	
X-ray diagnostics (non-vital indications)	Single X-ray examination (photoroentgenography)	organs of Thorax Gonads	to 10 0.05	
	Special X-ray roentgenography and -scopy	on the examined organ Gonads	14-400 0.5-70	
Natural irradiation	1 year, the territory of USSR or the countries of Europe	Lungs	2-16	0.0001-0.0005
		Gonads	1-4	0.0001
Permissible upper limit irradiation ICRP-75, RSN-76 /29/	Per year: a) personnel (group A)	Skin	300	
		other organs	150	
		Gonads	50	
	b) patients ²⁾ (group B)	Skin	30	
		others	15	
		Gonads	5	

¹⁾ the organs that are irradiated most intensively, with due regard to their radiosensitivity

²⁾ patients who receive radiotherapy treatment not on the basis of vital indications (non-tomorous illnesses).

Some problems for the development of modern radon therapy

As was stated above, different ways of the development of radon therapy in Western Europe, the USA, Japan and in the socialist countries of Europe have lead to various problems and resulted in different solutions. The reason for the existence of the majority of these problems, especially in Western countries, may be explained by poor information for scientists and doctors in some countries on the experience of mass radon therapy development and scientific investigations in countries where this method of treatment is given much consideration. Indeed, in many cases in various countries non-coordinated investigations of the same problems were carried out on different scientific levels. Sometimes, the published data pertaining to similar items of investigation contradicted one another because of the mistakes and due to the fact that certain factors which were given much consideration in some countries were not taken into sufficient account in others. That is why many contradictions and different interpretations of obvious things have accumulated in the special literature on radon therapy. Some of these interpretations require urgent explanation and comments.

One of the problems that requires urgent explanation is the problem of the correlation of the risks and benefits of radon treatment. This problem arose in 1960-70s among Western scientists, because by that time many scientists - mainly physicians, biophysicians and radiation hygienists - seriously approached the problem of risk estimation of pulmonary cancer (RPC) probability as a function of the lung irradiation dose, which is accumulated during exposure to the atmosphere containing radon and its daughters, mainly at uranium mines. A definite connection between the probable RPC and the exposure of workers to the atmosphere containing radon and its daughters (the increase of the probable RPC by 0.0001 - 0.0005 or 1-5 additional cases

from 10^4 men with irradiation by a cumulative dose - CD^1) - equal to 1 WLM) has been observed

only when CD was exceeded by 30 to 50 WLM, with a considerable dispersion against the background of natural mortality from lung cancer, caused apprehensions about the probable prevalence of the risk over the problematic (as it seemed to them) advantage of radon treatment, (by that time, the aspect of possibility of the single radon treatment effect connected with the influence of radon and its daughters radiation on the background of treatment under conditions at West European spas) and other problems, was still under discussion. A certain risk and problematic advantage of radon treatment caused uncertainty in the opinion of specialists, and groundless discussions that started in special publications and at conferences became prolonged for many years. Now we shall try to answer these two questions.

What is the extent of the possible risk in radon therapy?

A number of publications have appeared recently in the USSR, West Germany and Austria, these are thorough and unbiased investigations of the problem /13,95,96,97/, in contrast to the publications of a purely calculative /98/ and sometimes obviously erroneous /99/ nature.

Assessing the RPC, the supporters of radon therapy limitation proceeded from the assumption of thresholdless proportional dependence of the risk on CD even at the lowest values of CD, in spite of the fact that § 30 of the publication No. 26 of the ICRP /31/, which these authors always referred to, instructs the users to treat the above assump-

1) Cd - cumulative dose equal to the product whose factors are: radon daughters concentration in WL (working level, equal to 10^{-10} Vi/l) and duration of stay in this atmosphere (expressed in M - months = 168 hours).

tion with great care, and stresses the excessiveness of the risk in the range of small doses. Besides, these authors never mentioned the existence of a great number of facts /100/ testifying against this hypothesis and - in some cases - in favour of the existence of an interval in the range of small doses; within this interval, the effect of these doses causes a reliable r e d u c t i o n of the RPC when the dose is i n c r e a s e d /101/, and prolongation of life. This dependence was determined during experiments on irradiated animals /102/. But even if we do not take into consideration the data which question the soundness of raising the problem of risk from radon therapy, it is easy to find out numerous weak points in the arguments of these authors; the above weak points speak in favour of the assumption that the values of dangerous radon therapy doses are excessively high.

This happened because, first, in their estimations these authors neglect the fact that the attending personnel and patients in radon treatment establishments are not subjected for a long time to the atmosphere of a mine which is characterized by a high content of dust, by moisture, gas and other mixtures and that the lung cancer risk coefficient was calculated on the basis of the above factors.

And secondly, the parameters of the lung ventilation of patients and professionals do not even approach those of miners which reduces sharply (from 5 to 10 times) the lung dose load because of the ingress of lesser amounts of radon daughters into the lungs.

Thirdly, the authors of these dose load calculations never (as a rule) conduct a thorough analysis of the dynamics of the contents of radon and its daughters in the air of production and medical premises; these authors also neglect to record the time professionals and patients stay on these premises. Results of special investigations carried out in the USSR /103/ testified to sharp changes in the radon con-

tent and that of its daughter in the air and also to the need to limit the duration of the professionals' stay in the zone with high radon concentration. Radon daughter content in the air of radon treatment establishments was always low due to effective ventilation system (5 changes per hour) and as a result of short-term accumulation of the DPs from radon. In some cases /99/ the data (obtained by some authors) on whose basis they calculated the CD and made the conclusions about the "risk" turned out to be overestimated 50-100 times after these data were verified with the help of instruments.

At last when performing such calculations of the "risk" such authors do not, as a rule, take into consideration the real PRC for the personnel of radon laboratories or of radon treatment establishments in the given region or the country, thus neglecting the fact that the staff of these establishments is rather small and that it is erroneous to spread the probability conclusions concerning this personnel.

Also, what is the real risk of pulmonary cancer for the personnel of radon establishments?

Even if the authors who calculated the overestimated "risk" do not take into account the majority of the above objections, it is obvious that observing elementary norms of radiation safety rules (e.g. working for 1/2 of a working day in medical premises where the concentration of radon daughters is 0.1 WL, for 20 years) professional staff in balnearies at radon spas have the probable RPC resulting from their professional contact with radon and its daughters in 1 case out of 2000 - 5000 cases.

Specific real investigations of working conditions in radon treatment establishments of the USSR where due to preventive measures (ventilation, three-zone planning of premises, local removal of intensively liberating radon and

others) they managed to reduce the average daily content of radon daughters to 0.003 - 0.01 WL and to reduce the average (for the country) CD to 0.01 - 0.02 WLM give every opportunity to calculate the probable RPC factor (taking into account the coefficient which was suggested by /95/) after 20 years of work in radon establishments as the extent of from 1 to 3 cases per 10^5 professionals. This is equal to 0.02 - 0.04 case per 1500 professionals (the total professional staff at radon establishments in the USSR). These data obtained as a result of thorough radiation hygiene and sanitary-dosimetric investigations in the country where hygienic norms of radon therapy are strictly observed and legislatively assigned and where there is the widest radon therapy network (where more than 1 million patients undergo annual treatment) give reliable grounds for calm and confidence in the possibility of the solution of this problem. But it gives no grounds to regard further measures directed to reduce to the risk factor (especially in those establishments where the struggle against risk factors is not actively conducted). The majority of radon establishments outside the USSR and former GDR lack correct and rationally organized premise ventilation systems; as a the result the air becomes stale which causes the formation of radon daughters in the atmosphere of the premises. The above establishments also lack constant monitoring of the content of radon and its daughters in the air; the losses of radon are substantial, especially when the baths and pools are filled with radon water. The emptying of the baths is erroneously organized after radon inhalations enter the procedure premises and so on. All this can create potential and unaccountable risk factor sources, which lead to discussions or simply talks on the "inevitable risk" if these sources are not eliminated with the help of rather elementary technical and organizational measures.

What is the level of the risk to the patients?

The answer to this question is contained largely in the answer to the previous question, as well as in the data presented in Table 1. In as much as the patients seldom take radon procedures more often than once per year, it is easy to conclude (on the basis of existing dosimetric data on doses levels of irradiation of organs and tissues during main procedures of radon therapy) that the risk in this case is also problematic.

During radon water or air baths only the skin is essentially irradiated. The levels of skin irradiation for all existing methods do not exceed 0.01 Sv per course, while the lower level of cosmetically acceptable changes of skin reaches its maximum value in doses of more than 2 Sv. As for the oncological changes, the lower level of these changes is reached at much higher doses.

During radon water drinking the probability of malignant tumours is equal to 5 - 10 cases per 1 million of people irradiated with the dose of 0.01 Sv. It is only in the USSR that the treatment by drinking and introducing into the stomach of the radon water whose activity is up to 70 microcurie per course is used; consequently some of the organs are irradiated by a dose of up to 0.01 Sv. But the number of such patients is limited to several hundred a year which results in the complete absence of the risk with this kind of treatment.

During radon inhalation treatment (when radon concentrations are from 40 to 100 nCi/l, without radon daughters) the doses absorbed by the lungs are insignificant for the probable RPC. But in the case of inhalations of radon air mixtures having high content of radon daughters such a possibility increases and can become real under certain conditions. However, the RPC in this form of treatment exists only theoretically because of comparatively low

concentrations of radon and its daughters and small groups of patients who participate in this kind of treatment (e.g. the estimation of the RPC for patients in the Austrian radon gallery at Böckstein does not exceed 1 - 3 additional cases per 10,000 patients taking the treatment /95/. That is why it is usually impossible to compare this risk with the RPC probability resulting from smoking (3 %) and - consequently - to recognize the radon treatment risk. Nevertheless - as was stated above - it is preferable to limit the use of radon air mixtures with high concentrations of radon daughters only to such cases of treatment where it is necessary to irradiate only the upper respiratory tract and lungs.

Thus, we can affirm that the estimation of the risk of undesirable aftereffects of radon therapy proved to be obviously excessive and that this is no serious problem connected with the probable PCR resulting from radon therapy especially when reasonable preventive measures against the radon daughters' contamination of the air of the procedure premises are applied.

What is the significance of long-lived radon daughters penetrating into the organism of a patient from the point of view of the risk of undesirable aftereffects?

This problem arose periodically and has been discussed in scientific publications since the 1930's (e.g., /104/), especially concerning radon water drinking. The final - and negative - answer to the above question was given in /105/; publication /106/ contains the grounds for the permissibility of admitting the salts of uranium and radium-226, contained in mineral water, into the organism of a patient.

Is there any incontrovertible evidence of the radiation effect of radon and its daughters on the body under radon procedures contributing to the curative effect?

This problem is often discussed in the publications of West European and American scientists, including the 1st International Congress on Radon Therapy in Bad Münster am Stein, FRG, in 1979. This problem, positively solved in the 1950-60s in the USSR /107,108 and others/ with precisely implemented adequate control of the "placebo" group is still under discussion in Western Europe because of a lack of opportunities for multidose investigations which require artificial enrichment of medical media with radon. Rather low absorbed dose levels inherent in radon therapy procedures caused great difficulties in the past and at present. These levels hamper the explanation of the observed biological effects from the point of view of radiobiology, where the majority of the effects become apparent only under the influence of much higher and often harmful doses of radiation. A new theory of the behaviour of supersmall doses of ionizing radiation became necessary to explain new effects.

In 1972 the so-called hypothesis of the "biopositive" effect of small doses of ionizing radiation /109/ - in contrast to mass radiation doses which produce a destructive effect on the organism - was formulated. This theory was developed in some works, published recently in the FRG and the USA (for instance /100/), where as a result of studies and analysis of many investigations carried out with the use of small doses a wide range of ionizing radiation doses whose influence upon the organism stimulate the compensatory-adaptive reactions of the organism to outer effects was revealed. Positive results of this development are expressed in the reduction of the RPC among the population or professional workers irradiated with small doses and also in curing some diseases with such doses. On the whole, the correctness of these views is confirmed by rich

experience of using radon therapy and other isotopes in small dosages /102/.

It is interesting to note that at the moment of appearance of E. Broda's /109/ hypothesis, specialists of radon therapy in the USSR were quite confident of the existence of a certain range of a small-dose radiation stimulation. They formulated their credo, which is relevant not only to the stimulating effect of small doses of ionizing radiation on a body but also to the effect of small doses of other physico-chemical factors of balneological procedures and of physiotherapy dosages /63,110 and so on/. And what is more, Soviet specialists predicted the form of the curve of the "dose effect" and suggested the possibility of its analysis; then they found such curves in the data of radon therapy investigations that had already been implemented. This, absolutely incontrovertible evidence of the radiation effect under the conditions of radon procedures has existed for a long time both in the data of clinical investigations which were carried out with adequate control /61,62, 69,70,71,72,107, 108 and in dozens of other works/, and in the investigations on laboratory animals /24,25,60,56,88,89 and many others/.

So, while discussions about the opportunities opened up by the evidence of the existence of the "biopositive effect" of ionizing radiation went on in the West, in the USSR, starting from the beginning of the 1970s, investigations on animals and human beings began with the aim of obtaining genuine "dose effect" curves for radon therapy. The following question arose:

Is there any dependence of "dose effect" in the range of the small doses of radiation used in radon therapy and what is the form of this dependence?

The first authentically received "dose-effect" curve when radon water influenced the tissues was obtained in the work

of Yu.P. Dobrachov /60/, where the author investigated the effect of α -radiation of radon and its daughters on the growth of primary culture of rat embryonic fibroblasts. In his experiments the author used the doses (in the range from 0.01 up to 100 and more rem), that is from 0.1 mSV up to 1 Sv) absorbed by 14 groups of cultures, which received different levels of irradiation for one and the same period of time (for 24, 48 and more hours). As a result of the calculation of the number of live and dead cells in the culture, of the measuring of their dimensions and of other characteristics obtained under instrumental investigations, it was found that the radiation in the dose range of up to 10 rem (0.1 Sv) definitely stimulated cell fission and that the radiation effect gave no grounds for anxiety with respect to the manifestation of any destructive effects. The irradiation of the cells during their fission by doses higher than 100 rem (1 Sv) caused suppression of the growth of the tissue culture and increased the number of dead cells. The nature of the "dose effect" curve proved to be similar to that predicted theoretically /63/ and suggested 10 years later in the USA /100/.

The availability of the range of stimulation of many functions and processes in the organism in the form of a curve, presented in Fig. 2 (with further reduction of the effect when the absorbed dose is increased), was proved during further investigations on laboratory animals and in clinics by many authors.

For instance, the investigations of the influence of the radon inhalations on sound or injured tissues of rats' lungs /25/ were carried out on 5 groups of animals, with radon concentrations of 0, 40, 100, 250, 500 and 1000 nCi/l. The results of these investigations also testified to the existence of stimulating and suppressing ranges of radiation doses created by radon and its daughters. These ranges were also found in other investigations including those carried out on patients. In this connection the

clinical investigations on the effect of radon procedures are being carried out at present in the USSR not from the point of view of answering the question of whether a single and accidentally used concentration of radon activity ensures a curative effect for the particular disease - but from the point of view of solving another problem:

If the radon procedure has a positive effect in the treatment of a particular disease, what is the dosage that ensures the optimal effectiveness of the treatment?

When examining the curve (see Fig. 2) which was obtained in the course of multidose investigations of the effect of radon baths on lingering rheumatism (with radon concentrations in the bath water of 0, 40, 80, 120 and 200 nCi/l) we can easily determine the optimal dosage (or dose) of the procedure, during which the doctor receives a maximum probability of a therapeutic effect. An analogous curve (with a peak in dose formed by a course of baths having a concentration of 80 nCi/l) was obtained earlier /61/ when the effect of radon baths on the groups of patients suffering from lumbar-sacral sciatica was investigated. In both cases the investigators obtained a reliable reduction of the curative effect when radon concentrations were equal to 200 nCi/l and more. However it is significant that for the groups of patients who suffer from lumbar-sacral sciatica the best analgesic effect was received when the baths whose radon concentrations were 200 and 400 nCi/l were used, which conforms to earlier data /107,108/.

A number of Soviet research institutes pursue activities connected with the intensive determination of optimum radon doses in the curative medium. This work is carried out both with the use of artificially prepared radon media (which seems to be most convenient and reliable nowadays) and at radon spas with radon waters, for example at the health resort in Pyatigorsk, where there is a system of diluting radon water (200 nCi/l) to the necessary concentration for

the creation of the whole range of radon concentrations. In a number of cases separate springs with different radon concentrations and delivery of respective water into baths and pools are used for similar purpose. The multidosage investigations during radon air baths and radon inhalations are facilitated in the USSR due to the fact that the devices for these procedures are produced in series and provide structurally the automatic delivery into boxes or masks of any of 4-5 radon concentrations prescribed by the doctor.

What causes interest in multidosage investigations?

Numerous investigations of the clinical effects of radon procedures carried out in the USSR and other countries of the world (see /12/ and others) have revealed quite different effects of radon treatment on the courses of various diseases. For example, during the treatment of lumbar-sacral sciatica, siringomyelia and other diseases obviously positive results were observed only when comparatively high radon concentrations (200 - 400 nCi/l, /108,111 and others/) were in the bath water used while the baths with a radon concentration of 40 nCi/l had little effect. At the same time during the treatment of scalding disease /112/ the dosage of 20 nCi/l with 2 - 3 times fewer baths per course turned out to be optimal, while the dosage of 40 nCi/l and more even for a single bath resulted in apparently undesirable after-effects testifying to the overdosage. That is why the choice of optimal dosages for each pathological case and their correction during the treatment are very important in radon therapy procedures and demand thorough investigation and should be reflected in the indications for treatment. These considerations are the basis on which methodical recommendations for radon treatment in the USSR are compiled /28/.

These investigations are also necessary due to the fact that - owing to considerable differences in forming dose

load on organs and tissues and to the varying radio-resistence of different types of laboratory animals and human beings - there are great difficulties in extrapolating the results of laboratory investigations to a human being. In particular, calculations show and investigations prove that in order to obtain comparable results during radon water bathing of a person and a white rat (with equal duration of the procedure) it is necessary to bathe the white rat in radon water with 8 times higher radon concentration than that for a human being /113/. This stipulates the necessity of defining more precisely the majority of extrapolated experimental data by means of carrying out additional multidosage investigations on patients. All this makes the task of scientific investigations in the field of radon therapy more complicated and - on the other hand - renders these investigations trustworthy.

+ + +

Summing up the foregoing problems and their solutions we can state the following.

1. It has been proved by now (not on the basis of empirical experiments, but as a result of special investigations with the use of adequate controls) that the radiation of radon and its daughters - when influencing the organism during the treatment - obviously effects a number of biochemical and biological processes, thus assuring a curative effect. This stimulating effect is most distinctly reflected in the quite definite range of α -radiation of absorbed doses not more than 1 - 10 rem (0.01 - 0.1 Sv). In this dose range the following phenomena were discovered in the investigations: the stimulation of the sympathetic-adrenal system, primarily of its hormonal link; the stimulation of regeneration of tissues, clearly visible effect of the radon treatment on the immunobiological reactivity of the organism; distinct uninflammatory, analgetic and styptic

effect, normalizing effect on blood pressure and on many other functions of the organism.

2. Clear curative effect caused by the radon procedure radiation and differentiated in doses (in dosages) was revealed during the treatment of many neurological, cardiovascular, metabolic, thyroidal, urological, gastroenterological, gynaecological, skin, children's and other diseases suffered by numerous and various contingents of patients both at spas and in other conditions. On the condition that a correct and scientifically-based choice of curative dosages and methods of radon therapy are used, the effectiveness of treatment of many diseases (the number of usual improvements and significant improvements of health condition) may reach from 60 to 80 per cent and more, with an average number of improvements in the "placebo" group within 20 - 30 per cent. The usage of other additional factors as components of the medical complex (simultaneously with radon procedures, that is with treatment by small doses of ionizing radiation) can improve or worsen the results of the treatment.

Thus we have incontrovertible evidence of the obvious effectiveness of treatment of human beings and animals by small doses of ionizing radiation and also of the obvious benefits of correctly used radon procedures.

3. The risk of undesirable and unfavourable aftereffects of patients' irradiation by small doses of ionizing radiation under the existing levels of absorbed doses and dosage of medical radon media does not exist at all. The risk is also absent under the conditions of modern mass radon treatment, as well as with treatment by the dosages which may be probable in future.

The only exception may be the rather widely-used treatment of patients by radon inhalations when the inhaled air contains large amounts of radon daughters (more than 200 WL or

3.10^7 MeV, with the total duration of inhalation exceeding 10 h). But this apparently solved problem also requires thorough investigation. In any case, it looks like as if it is necessary - as a provisional measure - to restrict as far as possible the irradiation of the patient's respiratory tract by way of filtration of the inhaled air, if the irradiation of the respiratory tract is not justified by medical expediency.

4. The risk of unfavourable aftereffects caused by the irradiation of attending personnel at radon treatment establishments and laboratories (when adequate preventative measures of protection, monitoring-control and training of the personnel are taken) is hardly probable and hasn't been proved yet by many years of mass examinations of the staff. Nevertheless the fact that radon establishments are not governed by radiation hygiene legislation and do not observe its main requirements and principles (especially concerning full exclusion of radon penetration into the air of premises, timely evacuation of radon and its daughters out of the atmosphere of medical and adjacent premises) may cause, under definite conditions, a real risk in work with natural and artificially prepared medical radioactive media.

Some Perspectives of Radon Therapy Development

The investigation of the effectiveness of the curative effect of radon procedures requires its continuation and expansion both concerning the extension of the range of indications for treatment, and the scientific determination of the most effective and rational methods and dosages. Much - in this respect - may be obtained from methodologically accurate investigations on laboratory animals and tissue cultures; such investigations permit the most intimate mechanisms of biological effects of α -radiation

to be discovered and specified as a function of its dose, time and place of application.

Much work is to be done in connection with the elaboration of more precise opinions concerning the influence of radon and its daughters, of more rational ways of their application, in particular of the localization and required dosing of the radiation effect. In the USSR in the 1950-1970s very promising results were obtained when definite reflexogene zones of the skin were subjected to the localized effect of α -radiating appliances (bandages with thoron daughters /114,115/, applications of Pu-239, Po-210 /56/ and others) which resulted in striking medical and biological effects. It raised hopes that in future new forms of influence which will be local, localized at definite points and zones and with sufficient concentration, will be elaborated and used when radon, its daughters and other α -radiating isotopes will be utilized instead of general procedures, which affect large areas of skin and which are often less convenient under clinical conditions.

The problem of obtaining radon air mixtures from natural radon water (with radon concentrations of from 6 to 100 times higher than in the water used for procedures) has already been solved. These mixtures are successfully used in facilities for radon air baths and for radon inhalations /73/ at a number of spas. These facilities make it possible to regulate precisely the concentration of radon and its decay products in the mixtures. In future such facilities will be fully automated and combine baths for spas and for radon establishments. Owing to the fact that natural resources of radon water are limited and that the concentration of radon in them is not very high, it is more promising for radon therapy at present to develop the technique and technology of obtaining cheap radon concentrates convenient for transportation and storage - liquid and solid - for radon baths and other procedures (in some laboratories in the USSR the cost price of the production

of 1 portion for one bath is equal to approximately 1 copeck or about 1 cent). In the near future production of these concentrates will be fully automated and new types of shops and blocks (attached to balneological establishments) designed for the production of concentrates will be worked out taking into consideration the sanitary-hygienic norms. These shops and blocks will be used at those places where there are no natural radon resources or they are not sufficient for the provision of universal treatment by radon procedures.

The construction of specially equipped facilities and modules for individual and group radon air procedures at spas and in radon establishments (mainly in industrial centres, with strict observation of measures of radiation protection for the attending personnel) has already begun and will go on.

In the USSR the popularity and effectiveness of radon procedures have won patients' and doctors' confidence to such an extent that capacities available at present and facilities of the radon therapy network in the country designed for 1 million patients per year are not enough and require expansion and modernization.

Apparently the time has come to revive interest in radon therapy in Western Europe, the USA and in Canada. Large potential natural and scientific resources as well as technical capabilities available in these countries might make a valuable contribution to the development of this type of balneotherapy (which is an alternative to pharmacotherapy), which would be a contribution to the world public health service, provided the experience already accumulated in the usage of radon therapy in a number of countries is utilized.

Figures Legends

Figure 1: The dynamics of the rate of the absorbed dose $\bar{D}$ during treatment of a sick person with radon water baths (radon concentration in water is 1.5 kBq/l, duration of the procedure is 15 min., water temperature is 37°C). Undertaking radon baths every day.

The rates of the doses ($\bar{D}$, nSv/s) are arranged along the ordinate (logarithmic scale). The time (t, hours) is arranged along the abscissa.

- 1 - dose rate received by patient's skin (max 31 nSv/s);
- 2 - dose rate received by kidneys (max 1,0 nSv/s);
- 3 - dose rate received by blood, lung, stomach, gonads, muscles and other organs (maximum exceeding natural radiation dose is from 0.06 to 0.09 nSv/s)

$\bar{D}_0$ - average rate of dose from natural radiation sources (cross-hatched) is on the level of 1 mSv per year = 0.03 nSv/s;

$\bar{D}_{\max}$ - the amplitude of usual variations of the dose rate from natural radiation sources ($\bar{D}_0$) within limited region where the sick person stays (about 2 - 3 $\bar{D}_0$; the amplitude is marked with hatch-dotted line).

Figure 2: The example of the results of multidose investigations /62/ (the "dose effect" curve), obtained during investigations of the effectiveness of radon bath treatment (Eff, %) of patients suffering from recurrent rheumatism with signs of minimum activity of process (duration of each bath treatment is 10 min, 15 procedures per course of treatment, water temperature is 36°C) with different radon concentrations (0.0; 1.5; 3.0; 4.5 and 7.5 kBq/l).

The effectiveness of treatment is given in the

percentage of patients in each group, and the values of this effectiveness are illustrated along the ordinates.

Bath water radon concentration values (in kBq/l) are presented along the abscissa (given below are the doses D_H absorbed per course of treatment by the skin of patients in different groups).

Bibliography

- 1) [✓] Šepotyeva E.S., Med. Radiol., 1957, 3, 62 (russ.)
- 2) Lange K., Proc. Rudolf Virchow M. Soc., 1945, 4, 42
- 3) Genser C.J., Die Rangordnung der Radiumbäder Oberschlema, Brambach und St. Joachimsthal. Würzburg, 1933
- 4) Happel P., In: Klinisches Lehrbuch der physikalischen Therapie. Herausg. J. Grober, 1950, Berlin, 302
- 5) Lang G., Strahlentherapie, 1935, 52, 187
- 6) Süssbrich F., Arch. phys. Ther., 1962, 14, 6, 451
- 7) Richtlinien der Deutschen balneologischen Gesellschaft, 1932, Salzuflen. Zeitschr. Kurortwiss., 1932, 2, 2, 83
- 8) Günther R. et al., In: Natural Radioactivity and Thermal Waters. Proc. of Meran Int. Congr., Terme di Merano, Italy, 1983, 85
- 9) Wollmann E., Der Balneologe, 1939, 6, 9, 385
- 10) Born W., Strahlenschutz in Forschung und Praxis. Verlag Rombach, Freiburg, 1967, 7, 323
- 11) Herrmann D.B., Z. ges. Hyg. und ihre Grenzgeb., 1967, 13, 11, 809
- 12) Gusarov I.I., Radon Therapy, Moscow, 1974, Medicina (russ.)
- 13) Deetjen P., Z. Phys. Med. Baln. med. Klim., 1984, 13, SH 1, 6
- 14) Šepotyeva E.S., Artificial Radon Baths and Methodic of their Producing. Moscow, 1949, Medgiz (russ.)
- 15) Bogolyubov W.M., Andreyev S.V., Rjasanzev K.M., Z. Phys. Med. Baln. med. Klim., 1984, 13, SH 1, 40
- 16) Andreyev S.V., (QSR)^x), 1976, 5, 71 (russ.)
- 17) Šepotyeva E.S., Ardashnikov S.N., In: Principles of Spa Research, 2, 36, Moscow, 1959, Medgiz. (russ.)
- 18) Andreyev S.V., Med. Radiol., 1971, 6, 58 (russ.)
- 19) Pohl E., Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturw. Kl., Abt. II, 1965, 174, 8-10, 304
- 20) Pohl E., Z. angew. Bäder- und Klimahkde, 1979, 26, 370
- 21) Morken D.A., Am. med. ass. arch. of ind. health, 1959, 20, 6, 505
- 22) Nussbaum E., Hursh J.B., Science, 1957, 125, 552
- 23) Andreyev S.V., Semyonov B.N., Z. Physiother., 1987, 39 (in press).
- 24) Bogolyubov W.M., et al., In: Natural Radioactivity and Thermal Waters. Proc. of Meran Int. Congr., Terme di Merano, Italy, 1983, 75
- 25) Khudotyoply A.S., et al., In: Questions of Experimental and Clinical Spa Research and Physiotherapy, Proc. CISRP¹⁾, 1979, 42, 48, Moscow (russ.)
- 26) Scheminzky F., Wiener klin. Wschr., 1965, 77, 533
- 27) Smirnov-Camenski E.A., Petelin S.M., "Radon Waters and their therapeutic use" Moscow, 1972, Medicina
- 28) Collection of instructiv-methodical materials for usage of radon therapy in sanative-prophylactic establishments of system of ministry of health USSR. Moscow, 1972, Medicina (russ.)

1) See explanations on the last page.

- 29) Norms of radiation safety (NRS) HPБ-76. Moscow, 1981, Energoizdat.
- 30) Principal sanitary rules (PSR) ОСТ-72/80. Moscow, 1981 Energoizdat.
- 31) Recommendations of ICRP. ICRP Publication 26, Pergamon Press
- 32) Gusarov I.I., Med. Radiol. 1968, 9, 79 (russ.)
- 33) Gusarov I.I., Lyapidevski V.K., Hyg. and San., 1964, 1, 56 (russ.)
- 34) Andreyev S.V., Gusarov I.I., (QSR), 1969, 2, 167 (russ.)
- 35) Andreyev S.V., Abramov V.I., (QSR), 1985, 2, 67 (russ.)
- 36) Gusarov I.I., et al., Bull. inventions, 1979, 18, 18 (russ.)
- 37) Deetjen P., Z. angew, Bäder- u. Klimahkde., 1979, 26, 332
- 38) Markl J., Strahlentherapie, 1934, 49, 92
- 39) Janitzky A., Der Balneologe, 1935, 2, 3, 117
- 40) Happel P., Gicht, Rheuma, Aufbrauchskrankheiten. Herausg. F. Gudzent, 1935, 1, 114
- 41) Baranov W.I., Noivzkaya A.P., (QSR), 1939, 6, 9 (russ.)
- 42) Fresenius L., Dick W., Der Balneologe, 1935, 2, 12, 529
- 43) McClellan W.S., Comstock C.R., Arch. phys. med., 1949, 30 1, 29
- 44) Andreyev S.V., et al, Med. Radiol., 1966, 5, 44 (russ.)
- 45) Malyshev I.V., Prozenko D.A., In: Questions of radon therapy. Barnaul, 1966, 270 (russ.)
- 46) Andreyev S.V., Med. Radiol., 1966, 8, 55 (russ.)
- 47) Andreyev S.V., In: Questions of Experimental and Clinical Spa Research and Physiotherapy. Proc. CISRP, 1975, 29, 51, Moscow (russ.)
- 48) Andreyev S.V., Hyg. and San., 1972, 7, 46 (russ.)
- 49) Andreyev S.V., Med. Radiol., 1968, 10, 31 (russ.)
- 50) Andreyev S.V. et al., (QSR), 1984, 6, 35 (russ.)
- 51) Andreyev S.V., Tarasenko A.T., (QSR), 1985, 1, 49 (russ.)
- 52) Oggulvi A.N., Šepotyeva E.S., Spa Research and Physiotherapy, 1935, 4, 48 (russ.)
- 53) Šepotyeva E.S., Proc. of Inst, for Radium, 1957, 5, 2, 61 (russ.)
- 54) Andreyev S.V., Med. Radiol., 1961, 6, 29 (russ.)
- 55) Andreyev S.V., (QSR), 1977, 1, 75 (russ.)
- 56) Khudotyoply A.S. et al., In: Questions of spa research and physiotherapy, Proc. CISRP, 1969, 14, 93, Moscow (russ.)
- 57) Oshima Y., Rep. of Baln. Lab. Okayama Univ., 1950, 3, Rep. 23
- 58) Andrejev S.V., Z. Physiother., 1973, 25, 3, 161
- 59) Andrejev S.V., Z. Phys. Med. Baln. med. Klim., 1984, 13, SH.1, 32
- 60) Dobrachyov Yu.P., (QSR), 1973, 1, 48 (russ.)
- 61) Olefirenko V.T., Pushkaryova A.A., In: All-Union Symposium for Radon Therapy, Khmelnic, 1980, Moscow, 1980, 40 (russ.)

- 62) Davydova O.B., In: Heads of Addresses of 4th All-Russia Congr. of Physiatrists and Balneologists, Sverdlovsk, 1984. Moscow, 1984, 102 (russ.)
- 63) Gusarov I.I. et al., In: Proc. of 6th All-Union Congr. of Physiatrists and Balneologists, Kislovodsk, 1973. Moscow, 1973, 154 (russ.)
- 64) Andreyev S.V. et al., In: Biological Influence and Treatmental Usage of Physical Factors. Proc. of CISRP, 1981, 23, Moscow (russ.)
- 65) Gusarov I.I. et al., (QSR), 1984, 6, 40 (russ.)
- 66) Andreyev S.V., In: Questions of Spa Research and Physiotherapy. Proc. of CISRP, 1969, 14, 3, Moscow (russ.)
- 67) Andreyev S.V. et al., In: New Methods of Radon Therapy. Pyatigorsk, 1979, 7 (russ.)
- 68) Gusarov I.I. et al., In: Proc. of 7th All-Union Congr. of Physiatrists and Balneologists, Leningrad, 1977. Moscow, 1977, 291 (russ.)
- 69) Akimochkina R.G., (QSR), 1978, 1, 53, (russ.)
- 70) Akimochkina R.G., In: All-Union Symposium for Radon Therapy, Khmelnic, 1980, Moscow, 1980, 74 (russ.)
- 71) Bykov A.A. et al., In: All-Union Symposium for Radon Therapy, Khmelnic, 1980. Moscow, 1980, 69 (russ.)
- 72) Tchasnyk W.V. et al., In: New Methods of Radon Therapy. Pyatigorsk, 1979, 58 (russ.)
- 73) Gusarov I.I. et al., In: Physical Factors in the Treatment and in Medical Rehabilitation of Patients with Various Diseases. Proc. of CISRP, 1984, 16, Moscow
- 74) Gusarov I.I. et al., (QSR), 1982, 1, 63 (russ.)
- 75) Andreyev S.V., Med. Radiol., 1962, 8, 40 (russ.)
- 76) Sepotyeva E.S. et al., Med. Radiol., 1966, 5, 68 (russ.)
- 77) Andreyev S.V., Med. Radiol., 1963, 9, 69 (russ.)
- 78) Andersson I.Ö., Nilsson I., Assessment of radioact. in man. Proc. of symp., Vienna, 1964, 2, 317
- 79) Hursh J.B., Health Phys., 1965, 11, 6, 465
- 80) Andreyev S.V., Med. Radiol., 1968, 10, 31 (russ.)
- 81) Agapova Z.N., In: All-Union Symposium for Radon Therapy, Khmelnic 1980, Moscow, 1980, 50 (russ.)
- 82) Zarfis P.G., Ryzhkin A.I., In: All-Union Symposium for Radon Therapy, Khmelnic, 1980. Moscow, 1980, 54 (russ.)
- 83) Vygodner E.B. et al., In: All-Union Symp. for Radon Therapy, Khmelnic, 1980. Moscow. 1980, 66 (russ.)
- 84) Karpuhin W.T., Gluhov A.I., In: All-Union Symp. for Radon Therapy, Khmelnic, 1980. Moscow, 1980, 72 (russ.)
- 85) Gusarov I.I. et al., (QSR), 1980, 1, 66 (russ.)
- 86) Andreyev S.V., (QSR), 1978, 1, 70 (russ.)
- 87) ICRP Task Group on Lung Dynamics. Health Phys., 1966, 12, 173
- 88) Rahmanova T.B., Khudotyoply A.S., In: Biological Influence and treatmental Usage of Physical Factors. Proc. of CISRP, 1981, 20, Moscow
- 89) Rahmanova T.B., In: Natural and Preformed Physical Factors in the Complexed Treatment of Various Diseases. Proc. CISRP, 1982, 28, Moscow (russ.)
- 90) Tkachenko A.F. et al., Bulletin in inventions, 1977, 44 (russ.)

- 91) Thaler H., Gasteiner Kur- und Heilstollen-Buch. D. Fischer & Co, München, 1985
- 92) Abramov V.I. et al., (QSR), 1974, 6, 542 (russ.)
- 93) Yakimov G.V., In: Balneotechnic of Radon Waters. Proc. of State Balneological Inst. at Caucasian Mineral Waters (CMW), 1959, 5, Pyatigorsk (russ.)
- 94) Andreyev S.V., In: Questions of Experimental and Clinical Spa Res. and Physiotherapy. Proc. of CISRP, 1972, 20, 37 Moscow
- 95) Jacobi W., Z. angew. Bäder- und Klimahkde, 1979, 26, 400
- 96) Bogolyubov V.M. et al., "Natural Radioactivity and Thermal Waters". Proc. Meran Int. Congr., Terme di Merano, Italy, 1983, 109
- 97) Bogolyubov V.M., Andreyev S.V., Spa Res. and Physiotherapy (Kurortologiya i Physiotherapiya), 1985, 22, 1, 27 (Sofia, bulg.)
- 98) Uzunov I. et al., Health Phys., 1981, 41, 6, 807
- 99) Uzunov I., Z. angew. Bäder- u. Klimahkde, 1979, 26, 425
- 100) Luckey T.D., Health Phys., 1982, 43, 6, 771
- 101) Hofman W. et al., Health Phys., 1984, 45 (quot./13/).
- 102) Kuzin A.M., Stimulated Influence of Ionizing Radiation on Biological Processes. Moscow, 1977, Atomizdat. (russ.)
- 103) Gusarov I.I., (QSR), 1964, 1, 64 (russ.)
- 104) Fernau A., Smereker H., Strahlentherapie, 1933, 46, 365
- 105) Andreyev S.V., (QSR), 1971, 5, 397 (russ.)
- 106) Adilov W.B., Andreyev S.V., (QSR), 1983, 5, 63, (russ.)
- 107) Kiselyova A.M., (QRS), 1958, 2, 144 (russ.)
- 108) Agapov Z.N., Med. Radiol., 1962, 12, 17 (russ.)
- 109) Broda E., Gemeinsame Veranstaltung der Chem.-Phys. Ges., Österreich. Biochem. und Biophys. Ges. Kamoustag, Wien, 1972
- 110) Gusarov I.I., Andreyev S.V., Skurikhina L.A., In: Questions of Experimental and Clinical Spa Res. and Physiotherapy. Proc. of CISRP, 1973, 25, 29, Moscow
- 111) Venguerova A.N., (QSR), 1966, 6, 517 (russ.)
- 112) Dorogova E.V. et al., (QSR), 1972, 6, 520 (russ.)
- 113) Andreyev S.V., (QSR), 1986, 4 (in print, russ.)
- 114) Tretyakov A.F. et al., Klin. Med., 1959, 10, 105 (russ.)
- 115) Šepot'yeva E.S., Ardashnikov S.N., Med. Radiol. 1960, 6, 3 (russ.)

Explanations to bibliography:

- a) Med. Radiol. = Journal "Medicinskaya Radiologia"
(Moscow)
- b) (QSR) = Journal "Woprosy Kurortologii, Physiotherapii i
lechebnoi Fisicheskoi Kultury" = Questions of
Spa Research, Physiotherapy and Therapeutic
Physical Training. (Moscow)
- c) Proc. CISRP = Proceedings of Central Institute for Spa
Research and Physiotherapy, Moscow = Trudy
ZNIKiF
- d) Hyg. and San. = Journal "Gigiyena i Sanitariya" (Moscow)
= Hygiene and Sanitation
- e) Bulletin for inventions = Journal "Bulletedny
Isobreteniy" (Moscow)

Doc.Dr. S.V. Andrejev
Laboratory for Radiobiology
Central Institute for Spa Research
and Physiotherapy Ministry of Health USSR
USSR 121099 Moscow, Kalinin Prospect 50

Anhang III

Übersetzung von Auszügen aus den Arbeiten über die Grundlagen und therapeutische Anwendung der Radontherapie mit Indikationen, Gegenindikationen und Sicherheitsnormen

1. Organisation und Durchführung der Radontherapie in Kur-
und Vorsorgeeinrichtungen
 - 1.1 Radiologische und balneologische Grundlagen der
Radontherapie
 - 1.2 Therapeutische Anwendung des Radons
2. Staatliche Sicherheitsnormen der UdSSR für Sicherheit in
Abteilungen für Physikalische und Balneotherapie
(OCT 42-21-1686)
3. Sanitätsvorschriften für Organisation, Ausrüstung und
Betrieb von Radonlaboratorien und Abteilungen für Radon-
therapie, Ministerium für Gesundheitswesen der UdSSR

1914

1914

1914

1914

1914

1914

1914

1914

1914

1914

1914

Anhang III/1

Sammlung der instruktiv-methodischen Unterlagen für die Organisation und Durchführung der Radontherapie in Kur- und Vorsorgeeinrichtungen im System des Ministeriums für Gesundheitswesen der UdSSR, Moskau, Verlag Medizina 1972.

...

Kapitel 2: Radiologische und balneologische Grundlagen der Radontherapie

Eine der charakteristischen Eigenschaften der therapeutischen Anwendung von Radon ist dessen rasche Ausscheidung aus dem Körper nach der Behandlung. Die kurzlebigen Zerfallsprodukte des Radons (ZRP) zerfallen im Körper innerhalb einiger Stunden vollständig. Das ermöglicht eine genaue Dosierung der durch diese Isotope bedingten Körperbestrahlung. Außerdem wird dadurch die Unterbrechung der Bestrahlung sofort nach dem Erreichen eines erwünschten Effektes möglich.

Einer der wichtigsten Wirkungsfaktoren bei den verschiedenen Formen der Alpha-Therapie, also auch der Radontherapie, ist die Alphastrahlung des Radons und seiner kurzlebigen Zerfallsprodukte (ZPR). Die Wirkung von Alpha-Teilchen ähnelt sehr der biologischen Wirkung anderer Arten von ionisierender Strahlung. Trotzdem hat sie wesentliche Besonderheiten. Diese beruhen sowohl auf der physikalischen Natur von Alpha-Teilchen als auch auf Effekten, die bei der Bestrahlung unterschiedlicher biologischer Objekte entstehen.

Während der Einwirkung von ionisierender Strahlung auf den Körper sind Ionisation und Anregung Folgen der primären Wechselwirkung dieser Strahlung mit der lebenden Materie. Dem Ionisierungsprozeß fällt dabei eine wichtige Rolle bei den biologischen Strahlungswirkungen zu.

In der modernen Radiobiologie werden zwei grundlegende Einwirkungsformen der ionisierenden Bestrahlung auf die lebende Materie unterschieden:

- direkte Wirkung

bei welcher die Ionisierung unmittelbar in biologisch wichtigen Makromolekülen, wie z.B. DNA, RNA, Fermenten u.a. erfolgt;

- indirekte Wirkung

bei welcher die Energieaufnahme und primäre Ionisation nicht in den Makromolekülen des lebenden Substrates, sondern im Wasser der Körperflüssigkeiten erfolgt.

Die Ionisation des Lösungsmittels führt zur Bildung von freien Radikalen und instabilen chemischen Zwischenverbindungen, die ihrerseits mit Nukleinsäuren, Eiweißmolekülen und anderen Komponenten des bestrahlten Gewebes reagieren. Der Einfluß der direkten und indirekten Strahlenwirkungen auf den radiobiologischen Gesamteffekt hängt von vielen Faktoren ab, z.B. von der Dosis, Strahlenqualität, Bestrahlungsobjekt, Vorhandensein von Lösungsmitteln, Einwirkungstemperaturen.

Wasser ist der wichtigste Bestandteil lebender Organismen. Der menschliche Körper enthält beispielsweise etwa 50 % Wasser, seine einzelnen Organe und Gewebe 75 - 80 %. Deshalb ist es sicher von Bedeutung, zum Verständnis des biologischen Wirkungsmechanismus der Bestrahlung auch die Gesetzmäßigkeiten von deren Wirkung auf das Wasser zu untersuchen. Bei der Bestrahlung von Wasser bilden sich starke Oxidationsmittel wie OH , HO_2 , H_2O_2 , O_2 , O_3 sowie auch ein so starkes Reduktionsmittel wie atomarer Wasserstoff H . Die genannten Radikale zeichnen sich durch hohe Reaktionsfähigkeit aus und treten deshalb mit lebenswichtigen biologischen Polymeren in Wechselwirkung. Dadurch werden die normalen Oxidations-Reduktionsprozesse im Körper gestört. Diese können dann eine sich selbst beschleunigende Kettenreaktion im menschlichen Körper auslösen.

Die physikalisch-chemischen, biochemischen und immunologischen Veränderungen des Organismus unter Einwirkung ionisierender Strahlung werden von entsprechenden Rezeptoren aufgefangen. Sie bewirken reflektorische Reaktionen in neurohumoralen Zentren. Diese lösen zusammen mit Veränderungen an diesen oder jenen Organen und Geweben durch die unmittelbare Strahlenwirkung den beobachteten radiobiologischen Effekt aus.

(Anmerkung von A.: Hier und weiter unten sind spätere Forschungsergebnisse über die wesentliche Rolle der Bestrahlung der Haut bei den Radonwasser- und -luftbädern sowie über die dabei entstehenden Prozesse der Hemmung, deren immunologische Funktion mit weiteren Kettenreaktionen des kranken Organismus nach H.G. Pratzel, S.V. Andrejew, V.S. Selenezkaja u.a. - sowie auch Schlußfolgerungen der Hormesis-Theorie für die Radontherapie - nicht berücksichtigt.)

Die Anwendung von höheren absorbierten Strahlendosen bewirkt eine Schädigung der biologisch wichtigen Makromoleküle, der eine Reihe von pathologischen Veränderungen folgt. (Bei den radontherapeutischen Applikationen mit allgemeinen Dosierungen sind diese Strahlenschädigungseffekte jedoch niemals beobachtet worden. Anm. von A.).

Geringe Dosen ionisierender Strahlung können, wie von mehreren Autoren nachgewiesen, eine günstige "stimulierende" Wirkung auf unterschiedliche biologische Objekte und verschiedene Lebensfunktionen ausüben. Gegenwärtig fehlen allerdings noch genaue Erklärungen für den stimulierenden Strahleneffekt. Allem Anschein nach ist diese Erscheinung mit der stimulierenden Wirkung von Feinläsionen und der Aktivierung von Reduktionsprozessen in Zusammenhang zu bringen.

Das Problem der stimulierenden Wirkung von ionisierenden Strahlen wurde optimal für die Alphastrahlung untersucht. Das hängt mit jahrzehntelangen empirischen Erfahrungen der

erfolgreichen therapeutischen Radonanwendungen in der Heilpraxis der Kurorte und Physiotherapie-Einrichtungen zusammen.

Obwohl der biologische und therapeutische Wirkungsmechanismus verschiedener Radonanwendungen noch nicht völlig aufgeklärt wurde, erlauben uns neuere experimentelle und klinische Untersuchungen bestimmte Verallgemeinerungen.

Während der Radontherapie findet offensichtlich sowohl eine direkte Strahlenwirkung auf den rezeptorischen Apparat statt, als auch dessen Beeinflussung durch Radiolyseprodukte und biologisch wirksame Substanzen, die infolge der Gewebsbestrahlung gebildet werden. Von den Rezeptoren werden entsprechende Impulse den neurohumoralen Regulationszentren und weiter den Funktionsorganen übermittelt. Die Beeinflussung der neurohumoralen Steuerungscentren kann auch unmittelbar durch die Eindringung der biologisch wirksamen Substanzen in die Blutbahn verwirklicht werden.

Die biologischen und therapeutischen Effekte der Radonapplikation beruhen auf der direkten Strahlenwirkung auf den Organismus. Die relative Rolle der letzteren hängt von der Anwendungsform ab und wird durch eine bestimmte Radon- bzw. ZPR-Verteilung im Körper sowie durch die entsprechend absorbierten Strahlendosen charakterisiert.

Experimentelle Untersuchungen mit verschiedenartigen Radonanwendungen wiesen eine Funktionsstimulierung solcher Systeme der Allgemeinreaktion wie des Hypophyse-Adrenokortikal- und des Sympathoadrenalsystems nach, was als Erhöhung des gesamten kompensatorisch-adaptiven Potentials des Organismus betrachtet werden kann. Deswegen wurde das Sympathoadrenalsystem sehr ausführlich untersucht. Dabei stellte man fest, daß seine Reaktion hauptsächlich durch unterschiedliche Strahlendosen in Körperorganen und -geweben bestimmt wird. Demzufolge entstehen unterschiedliche biologische Effekte bei durchschnittlich gleichen absorbierten

Strahlendosen für den Gesamtorganismus. Die Stimulierung des Sympathoadrenalsystems wurde bei den Radonbädern bei einem breiten Dosisbereich zwischen 0,6 und 17 rem verfolgt (durchschnittliche Bestrahlung des Hautgewebes, A.). Die Trinkkur mit Radonwasser einer mittleren Dosis von 3,2 rem (ca. 50 rem für Magengewebe, A.) stimuliert und unterdrückt bei einer mittleren Dosis von 16,2 rem (ca. 270 rem, A.) die Sympathoadrenalfunktion. Beim Baden werden maximal die Haut und beim Trinken der Magen sowie einzelne innere Organe bestrahlt. So werden die Nebennieren während der Trinkkur 20 mal so stark bestrahlt wie bei Radonbädern, obwohl die absorbierten Dosen im Gesamtkörper im Durchschnitt gleich sind.

Die stimulierende Wirkung von Radonbädern auf das Sympathoadrenalsystem ist offensichtlich auf Ferneffekte durch Erregung eines großflächigen Rezeptorenfeldes der Haut zurückzuführen. Diese erhält unter genannten Umständen die höchste Strahlendosis. Bei der oralen Gabe von Radonwasser gewinnt neben der reflektorischen auch die direkte Strahlenwirkung auf Nebennieren an Bedeutung. Die Radonbäder, bei denen überwiegend eine mittelbare Beeinflussung des körperlichen Allgemeinreaktionsvermögens stattfindet, wirken darauf in physiologischer, milder Weise ein und, nicht weniger wichtig, mit wesentlich niedrigeren Strahlendosen als bei Trink- und Inhalationskuren. Die stimulierende Wirkung von Radonbädern auf das Sympathoadrenalsystem reicht über einen weiten Bereich der angewandten Dosen. Es ist daher nicht immer zweckmäßig, bei der Verordnung von Radonbädern die maximale absorbierte Strahlendosis zu verwenden.

(Anmerkung von A.: Diese Frage ist noch nicht so klar und eindeutig geklärt. Aus heutiger Sicht ist ein solcher Vergleich von verschiedenen Arten der Applikationen nicht ganz korrekt. Bei den Radonbädern werden die oberen Schichten der strahlenresistenten Haut mit sehr großen Alpha-Dosen - bis zu einigen krad - bestrahlt. Diese Energie ionisiert jedoch fast nur totes Material und es erfolgt nur teilweise

eine Diffusion der entstehenden aktiven Verbindungen mit klarer chemischer sekundärer Wirkung. Hier muß man auch das sehr große Feld der bestrahlten Haut berücksichtigen. Bei den Inhalations- und Trinkkuren werden nicht nur sehr viel kleinere Flächen der Kontaktgewebe bestrahlt, es ist auch die Qualität, Strahlenempfindlichkeit und der Zustand der Gewebe nicht vergleichbar. Hier muß man auch die Funktion aller genannten Organe berücksichtigen.)

Die Radontrinkkuren bzw. -inhalationen sind nur in den Fällen durchzuführen, in denen sich Radonbäder als wirkungslos erwiesen haben oder kontraindiziert sind. (Anmerkung von A.: Das war damals die persönliche Meinung von I.I. Gusarow, von welcher er später abgerückt ist. Seit der damaligen Zeit wurde diese Schlußfolgerung in der UdSSR geändert.)

Klinische Befunde sprechen meistens dafür, daß die Radontherapie kompensatorisch-regenerierende Körperfunktionen zu stimulieren vermag.

Die Radontherapie trägt grundsätzlich zur Normalisierung der gesamten Körperaktivitäten als einer Ganzheit oder der einzelnen Teilsysteme bzw. Körperorgane bei. Der Körper des Patienten wird durch die Radonbäder vielseitig beeinflusst. Dabei muß man zwischen spezifischen Reaktionen, die durch Radon- und Zerfallsprodukt-Strahlung verursacht sind und allgemeinen Reaktionen, die für verschiedene physikalisch- und balneotherapeutische Anwendungen typisch sind, unterscheiden. Es ist durchaus erklärbar, daß ein beliebiges Bad (NaCl-, Sulfid- oder Radonbad) eine komplexe Wirkung auf den Patientenorganismus ausübt, und zwar eine thermische, hydrostatische, chemische und in bezug auf Radonbäder auch radiologische Wirkung, die durch die Bestrahlung mit Radon und seinen Zerfallsprodukten bedingt wird.

Die Radonbäder verengen zuerst die Hautkapillaren und erweitern sie dann wieder; normalisieren die Herztätigkeit;

gleichen den arteriellen Blutdruck aus; regenerieren das rote und insbesondere das weiße Blutbild. Das Trinken von Radonwasser fördert sowohl motorische als auch sekretorische Magen-, Leber- und Speicheldrüsenfunktionen. Die Radonbäder ordnen die Hyperfunktion der Schilddrüse und Eierstöcke. Die radontherapeutische Trink-, Bade- und Inhalationsanwendungen aktivieren die Nebennierenmark- bzw. Nebennierenrindenfunktionen. Radonanwendungen bewirken einen normalisierenden Effekt für den Grundumsatz (im Sinne seiner Abnahme), für die einzelnen Parameter von Kohlehydrat- und Mineralaustausch, für den Cholesterinstoffwechsel usw.. Radonanwendungen stimulieren die immunobiologische Gesamtreaktion. Bei vielen Erkrankungen wird eine analgesierende, antiphlogistische und desensibilisierende Wirkung erzielt.

Das zentrale Nervensystem wird sedativ beeinflusst, da die Radontherapie verschiedenartige Hemmungsprozesse zu verstärken vermag.

Eine normalisierende, homöostatische Wirkung von Radonanwendungen auf vielseitige Körperfunktionen kann über die Beeinflussung jener Organe und Organsysteme erfolgen, welche die Stabilität des inneren Körpermilieus bzw. sein Gleichgewicht mit der Außenwelt sichern.

Die Radontherapie beeinflusst den ganzen Körper sowie seine Teilfunktionen ziemlich unterschiedlich im Vergleich zu anderen balneotherapeutischen Anwendungen wie Kohlensäure- oder Sulfidbädern. So lösen Radonbäder eine Verengung der Hautkapillare aus, während die Kohlensäure- und Sulfidbäder diese erweitern. Die Radonbäder normalisieren die Schilddrüsen- und Eierstockhyperfunktionen, während Kohlensäure bzw. Schwefelwasserstoffbäder diese Funktionen stimulieren. Radonbäder wirken auf das Nervensystem sedativ und hemmend ein, während Kohlensäure und Schwefelwasserstoff-Bäder dieses erregen. Darin spiegeln sich die Besonderheiten verschiedenartiger balneotherapeutischer Anwendungen wieder, die durch ihre selektiven Eigenschaften, Ausrichtungen und

Wirkungsintensität auf diese oder jene Körperfunktionen bedingt sind.

Daneben zeigt der Wirkungsmechanismus dieser Balneotherapieformen aber auch gemeinsame Züge. Als Beispiel kann die puls- und blutdrucknormalisierende Tendenz bei Radon-, Sulfid- und Kohlensäure-Bädern (wie auch bei Süßwasserbädern) sowie die desensibilisierende, antiphlogistische und analgesierende Wirkung von Radon- und Sulfidbädern angeführt werden. Dies ist dadurch zu erklären, daß alle genannten Balneotherapieformen mehr oder weniger die kompensatorisch-adaptiven Körperfunktionen erregen, aber ihre Wirkung auf einzelne Teilmechanismen der neuroendokrinen Steuerung unterschiedlich sein kann.

Die Anwendungen der Radontherapie mit normalen Dosen zeichnet sich durch einen milden, sedativen Charakter sowie dadurch aus, daß im Rahmen der allgemeinen Stimulation von kompensatorischen und adaptiven Körperfunktionen auch eine Hemmung im Sinne einer Normalisierung der Funktionstüchtigkeit einzelner Organe und Organsysteme erfolgt.

Kapitel 3: Therapeutische Anwendung des Radons

Radonbäder üben einen vielseitigen Einfluß auf den Organismus aus. Dieser äußert sich in der Besserung der regulatorischen Erregungs-Hemmungsprozesse im zentralen Nervensystem sowie in analgesierenden, hypotensiven, dehydratisierenden und schwach antiphlogistischen Wirkung. Während der Radonbäderkur beschleunigt sich die Resorption von Harnsäure aus ihren Ablagerungsstellen bei Gichtpatienten bzw. ihre Ausscheidung mit Harn; nimmt der Blut- und Harnzuckerspiegel bei anfänglich erhöhten Werten ab; verlangsamt sich die Herzfrequenz beim Vorhandensein einer Tachykardie im Ausgangszustand, verbessert und verlängert sich der Schlaf; verändert sich die Allgemeinschwäche usw.. Während der Radonbäderkur empfiehlt es sich, eine ganze Reihe von Hinweisen zu berücksichtigen, die für den gewünschten therapeutischen Effekt wichtig sind:

- Während der Radonbäderkur wird es untersagt, Alkohol einzunehmen, da dadurch die erzielten Besserungen nivelliert werden.
- Nach dem Radonbad ist es erforderlich, eine Stunde lang liegend zu ruhen.
- Infekte oder Menstruation können eine geringe Exzerebration verursachen, deshalb ist es zweckmäßig, während dieser Zeit einzelne Bäder ausfallen zu lassen. Sobald die Blutung sich normalisiert hat, darf die Behandlung wieder aufgenommen werden.
- Schwere physische bzw. seelische Anstrengungen während der Behandlungsperiode können den Behandlungseffekt manchmal erniedrigen und nivellieren.

3.1 Gegenanzeigen zur Radonbäderkur

- Schwangerschaft während ihres ganzen Verlaufes;
- maligne und benigne Tumoren, sowie alle verdächtigen Zustände, die Uterusfibrome ausgeschlossen, welche die Uterusgröße im ersten Trimester nicht überschreiten;
- akute Krankheitszustände;
- eitrige Prozesse;
- aktive Tuberkulose;
- Epilepsie verschiedener Genese.

3.2 Anzeigen für Radonbäder und ihre Anwendungsmethodik bei Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems

3.2.1 Anwendung bei Mitral- und Aortalklappenfehlern, nicht früher als 6 - 8 Monate nach dem Abklingen der akuten bzw. subakuten Endokarditis, bei normaler Körpertemperatur, beim Ausbleiben einer deutlich beschleunigten Blutsenkungsgeschwindigkeit, Leukozytose und zwar einer ausgeprägten Linksablenkung der leukozytären Blutformel, sowie nach der Normalisierung der Serumeiweißfraktionen.

Bei Mitralklappenstörungen mit überwiegender Insuffizienz bzw. Stenose, sowie bei Aortalklappenstörungen wird die Radonbäderkur nur für diejenigen Patienten indiziert, deren Durchblutungsstörungen nicht über die Stufe I reichen. Einzelne Erregungs- und Leitungsstörungen im Herzmuskel können nicht als Grundanzeige betrachtet werden.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 - 120 nCi/l, Wassertemperatur 35 - 36°C, Badedauer 5 - 15 Minuten, 4 - 5 mal wöchentlich, insgesamt 12 - 15 Bäder.

In den Fällen, wo man den latent verlaufenden rheumatischen Prozeß nicht mit aller Sicherheit auszuschließen vermag (da es einzelne Mikrosymptome gibt), wird empfohlen, die Bäder-

kur schrittweise durchzuführen. Zuerst medikamentöse Therapie im Laufe von 2 - 3 Wochen (Antibiotika, Salicylate, Hormone) mit nachfolgender Radonbäderkur im Rahmen der antirheumatischen Therapie.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 bis 80 nCi/l, Wassertemperatur 36°C, Badedauer 6 - 12 Minuten, alle zwei Tage, insgesamt 8 - 10 Bäder.

3.2.2 Kardiosklerose infolge einer Myokarditis oder Arteriosklerose bei Zirkulationsinsuffizienz nicht über Stufe I-II, ohne Herzinfarkt in der Anamnese, sowie ohne ausgedrückte Zeichen der Gefäßsklerose im Gehirn und in den Nieren.

Die chronische Koronarinsuffizienz läßt die Verordnung von Radonbädern in folgenden Fällen zu:

- bei angiospastischer Stenokardieform (nach M.S. Wowski) ohne ausgeprägte Anfälle mit einem normalen Ruhe-EKG;
- bei koronarsklerotischer Form von Angina pectoris mit selten auftretenden Anfällen und einem normalen Ruhe-EKG.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 - 120 nCi/l, Wassertemperatur 35 - 36°C, Badedauer 5 - 15 Minuten, 3 - 4 mal wöchentlich, insgesamt 12 - 15 Bäder.

Bei chronischer Koronarinsuffizienz mit aktiven Stenokardieanfällen und einem pathologischen Ruhe-EKG werden 2-Zellenbäder für untere Extremitäten verordnet.

Die Erregungs- bzw. Leitungsstörungen im Herzmuskel können nicht als eine Gegenanzeige zur beschriebenen Behandlungsmethode betrachtet werden.

3.2.3 Hypertonie im Stadium I, I-II (nach G.F. Lang) ohne Gefäßkrisen bzw. ohne deutliche Sklerosezeichen in Hirn-, Herz- und Nierengefäßen, bei zirkulatorischer Insuffizienz nicht über Stufe I-II.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 - 120 nCi/l, Wassertemperatur 35 - 36°C, Badedauer 8 - 15 Minuten, 3 - 5 mal wöchentlich, insgesamt 12 - 15 Bäder.

3.2.4 Hypertonie

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentration von 40 nCi/l, Wassertemperatur 35°C, Badedauer 10 Minuten, 3 - 5 mal wöchentlich, insgesamt 12 - 14 Bäder.

3.2.5 Zirkulatorische Dystonie nach überstandener Infektion und Intoxikation.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 nCi/l. Wassertemperatur 36°C, Badedauer 10 Minuten, 3 - 5 wöchentlich, insgesamt 12 - 14 Bäder.

3.2.6 Endarteriitis bzw. Resterscheinungen nach Phlebitis oder Thrombophlebitis (Schmerzen, Ödeme) nach Abklingen von akuten und subakuten Stadien, nicht früher als 5 - 6 Monate nach dem Krankheitsbeginn.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentration von 40 nCi/l, Wassertemperatur 36°C, Badedauer 5 - 10 Minuten, 3 mal wöchentlich, insgesamt 12 - 15 Bäder.

Radonbäder
Radonkonzentration

3.3 Erkrankungen des Bewegungs- und Stützapparates

3.3.1 Arthritis und Polyarthritiden

Die rheumatischen Formen (Sokolsky-Buyo-Syndrom), die infektiöse spezifische bzw. unspezifische Ätiologie (rheumatoide Erkrankungen), die dystrophischen Formen (metabolischen) im chronischen bzw. subakuten Stadium; beim rheumatischen Herzbefall, nicht früher als 8 - 10 Monate nach dem Abklingen der akuten bzw. subakuten und nach der Entzündungsdämpfung in Endokard unter der Voraussetzung, daß die Bewegungsfunktionen nicht zu sehr betroffen sind (das Schmerzsyndrom mag allerdings auch noch relativ ausgedrückt sein); wenn die Herzklappen am Krankheitsprozeß beteiligt sind, darf man die Radontherapie nicht früher als 10 - 12 Monate nach dem akuten Krankheitsbeginn antreten, und das auch nur in dem Fall, in dem der Patient nicht zu Verschlechterungen neigt.

Die chronische Polyarthrititis brucellöser Ätiologie unterliegt der Radonbäderkur erst dann, wenn die Körpertemperatur im Laufe von 3 Monaten auf dem normalen Niveau liegt.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentration 20 - 40 nCi/l, jeden zweiten Tag, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer 5 - 10 Minuten, insgesamt 10 - 12 Bäder.

3.3.2 Arthritiden traumatologischer Genese, darunter die durch Schußverletzung verursachte Arthritis mit Bewegungseinschränkung (Gelenksteife) infolge einer langen Immobilisation in Gips- oder anderen fixierenden Verbänden. Gelenksteife, die durch durchgehende Gelenkverletzung oder naheliegende ostemyelitische Herde bedingt ist, fibröse Gelenkankylosen beim Vorhandensein von Bewegungsschmerzen und unter der Voraussetzung einer freien selbständigen Fortbewegung des Patienten.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentration 40 - 80 nCi/l, jeden zweiten Tag, Badedauer 5 - 15 Minuten, Wassertemperatur 36 - 37°C, insgesamt 12 - 15 Bäder.

3.3.3 Wirbelsäulenerkrankungen: ankylosierende Spondylarthrititis (Bechterew-Strümpfle-Marie-Syndrom), deformierende Spondylosen ohne deutliche Bewegungseinschränkung der Wirbelsäule, Spondylitiden infektiöser, aber nicht tuberkulöser traumatologischer bzw. schußtraumatischer Herkunft bei Fehlen von Fisteln, sowie bei mäßiger Bewegungseinschränkung.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen 40 nCi/l, alle 2 Tage, Badedauer 5 - 15 Minuten, Wassertemperatur 36 - 37°C, insgesamt 10 - 12 Bäder.

3.3.4 Knochenbrüche mit verzögerter Konsolidierung oder schmerzhaftem Knochenkallus.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 - 80 nCi/l, alle 2 Tage, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer 8 - 15 Minuten, insgesamt 12 - 15 Bäder.

3.3.5 Ostitis und Periostitis infektiöser und traumatischer Genese sowie Periostitis infolge Schußverletzungen.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen 40 - 80 nCi/l, jeden zweiten Tag, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer 8 - 15 Minuten, insgesamt 12 - 15 Bäder.

3.3.6 Osteomyelitiden: chronisch hämatogene (aber nicht tuberkulöse!), vorwiegend fistelöse Krankheiten, die keines chirurgischen Eingriffes bedürfen, gedämpfte Krankheitsfor-

men ohne eitriges Sekret und Aufflammen von Roseentzündungen bei normaler Körpertemperatur.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen 40 - 80 nCi/l, jeden zweiten Tag, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer 5 - 15 Minuten, insgesamt 10 - 12 Bäder.

3.3.7 Myositis, Bursitis, Endovaginitis (infektiöser, toxischer, traumatologischer bzw. schußtraumatischer Herkunft).

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen 40 - 80 nCi/l, jeden zweiten Tag, Wassertemperatur 36 - 38°C, Badedauer 8 - 12 Minuten, insgesamt 12 - 15 Bäder.

3.4 Erkrankungen des Nervensystems

3.4.1 Neurosen (Neurasthenie, neurotische Reaktionen), hypersthenurische Neurasthenieform.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen 40 - 80 nCi/l, Wassertemperatur 35 - 37°C, Badedauer 8 - 15 Minuten, 3 - 5 Bäder wöchentlich, insgesamt 14 - 16 Bäder.

3.4.2 Übergangsform der Neurasthenie

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentration 40 nCi/l, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer 8 - 15 Minuten, jeden zweiten Tag, insgesamt 12 - 14 Bäder.

3.4.3 Hypersthenurische Neurasthenieform

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentration von 40 nCi/l, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer 8 - 12 Minuten, jeden zweiten Tag, insgesamt 8 - 10 Bäder.

3.4.4 Erkrankungen des peripheren Nervensystems. Neuritis, Radikulitis, Polyradikulitis, Polyneuritis, Plexitis, Neuralgien, Neurofibromyositis, symptomatische Truncitis, Ganglionitis.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen 40 - 80 nCi/l, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer 10 - 15 Minuten, 3 - 4 mal wöchentlich, insgesamt 12 - 16 Bäder.

3.4.5 Bei therapieresistenten, öfter rezidivierenden Radikulitiden mit ausgeprägtem Schmerzsyndrom und ohne Störungen seitens der emotionell-psychischen Sphäre Anwendung von Radonbädern mit Radonkonzentrationen bis zu 200 nCi/l, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer 10 - 20 Minuten, jeden zweiten Tag, insgesamt 14 - 16 Bäder.

3.4.6 Erkrankungen des zentralen Nervensystems. Resterscheinungen und asthenische Zustände nach Enzephalitis, Diencephalitis, Kopftraumen ohne grobe organische Symptome, sowie ohne Meningitis, Meningoenzephalitis, zerebrale Arachnoiditis, Poliomyelitis.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentration 40 nCi/l, Wassertemperatur 35 - 37°C, Badedauer 10 - 12 Minuten, jeden zweiten Tag, insgesamt 10 - 12 Bäder.

3.4.7 Syringomyelie (Hinterhornform)

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen 120 bzw. 200 - 400 nCi/l, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer: die ersten zwei Bäder je 5 Minuten, die nachfolgenden drei Bäder je 10 Minuten, die übrigen Bäder je 15 Minuten, insgesamt 12 - 15 Bäder.

3.4.8 Anfangerscheinungen der zerebralen Arteriosklerose

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 - 80 nCi/l, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer von 5 Minuten ansteigend bis 10 - 12 Minuten, jeden zweiten Tag, insgesamt 10 - 12 Bäder.

3.4.9 Resterscheinungen nach Wunden und anderen Verletzungen von peripheren Abschnitten des Nervensystems, begleitet von trophischen und Gefäßstörungen.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 - 80 nCi/l, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer 10 - 12 Minuten, jeden zweiten Tag, insgesamt 12 - 15 Bäder.

3.5 Erkrankungen der weiblichen Genitalsphäre

3.5.1 Salpingoophoritis (Adnexitis und Periodadnexitis verschiedener Ätiologie - aber nicht tuberkulöser!), chronische Zustände, sowie Zustände nach dem Abklingen des akuten Prozesses, bei normaler Körpertemperatur, Ausbleiben von heftigen BSG-Abweichungen, sowie denen des Leukozytenbildes im Laufe von wenigstens 4 Wochen.

3.5.2 Chronische Metroendometritis, Uterusderivationen mit begrenzter Labilität, chronische Cervixitis.

3.5.3 Chronische Periparametritis, chronische Pelveoperitonitis, postoperative Infiltrationen bei normaler Körpertemperatur und Ausbleiben von heftigen BSG-Sprüngen sowie Abweichungen der leukozytären Formel.

3.5.4 Sterilität aufgrund der entzündlichen Uterus- und Tubenerkrankungen.

3.5.5 Entzündliche Erkrankungen in Kombination mit Hyperthyreose und Fibromyomen, deren Größe nicht die Uterusgröße im ersten Trimester der Schwangerschaft übertrifft.

3.5.6 Blutungen, die durch Fibromyome verursacht sind.

3.5.7 Klimakterische Blutungen

3.5.8 Behandlungsmethodik für vorstehend genannte Erkrankungen: Radonbäder mit Radonkonzentrationen 40 - 80 nCi/l, Wassertemperatur 35 - 37°C, Badedauer 10 - 15 Minuten, jeden zweiten Tag (oder 2 bis 3 Tage nacheinander mit einem 1-tägigen Intervall), insgesamt 15 - 18 Applikationen.

Es ist zu empfehlen, vor dem Bad Vaginalspülungen mit derselben Radonkonzentration und Wassertemperatur von 35 - 40°C während 15 - 20 Minuten durchzuführen.

Ebenso werden vor dem Bad Mikroklistiere angewendet mit Wassertemperaturen von 37 - 40°C, 2 - 3 Tage nacheinander mit einem 1-tägigen Intervall, insgesamt 18 - 20 Behandlungen.

3.6 Stoffwechsel- und Endokrindrüsenerkrankungen

Diabetes mellitus (leichten und mittleren Schweregrades), Hyperthyreose leichter und mittlerer Ausprägtheit, Adipositas, Gicht.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 - 80 nCi/l, jeden zweiten Tag, Badedauer anfangs 5 Minuten, mit allmählicher Verlängerung bis 10 - 15 Minuten bei Wassertemperaturen von 35 - 36°C, insgesamt 10 - 15 Bäder.

3.7 Erkrankungen der männlichen Geschlechtssphäre

Restfolgen nach überstandenen Entzündungen in der männlichen Geschlechtssphäre. Orchitis, Epididymitis, Prostatitis.

Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 - 120 nCi/l, Wassertemperaturen von 36 - 37°C, Badedauer 5 - 15 Minuten, bei allmählicher Verlängerung, insgesamt 12 - 15 Bäder.

3.8 Erkrankungen der Verdauungsorgane

3.8.1 Funktionelle Magenerkrankungen mit mäßig ausgedrückten Störungen der sekretorischen und evakuatorisch-motorischen Funktionen.

3.8.2 Diffuse und lokalisierte chronische Gastritis mit normaler bzw. erhöhter Sekretion und ohne deutliche Störungen evakuatorisch-motorischer Funktionen.

3.8.3 Chronische Kolitis, Enterokolitis und Sigmoditis verschiedener, aber nicht tuberkulöser und dysentherischer (!) Ätiologie ohne stenoisierende bzw. ulzeröse Erscheinungen.

3.8.4 Chronische Leber- und Gallenwegserkrankungen, darunter auch nach der Botkin-Krankheit, nicht früher als 3 - 4 Monate nach dem Abklingen des akuten Krankheitsstadiums. Chronische Hepatitis. Holecistitis in der Remissionsphase.

3.8.5 Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 - 120 nCi/l, jeden zweiten Tag oder 3 - 4 Bäder wöchentlich, Badedauer 5 - 15 Minuten, Wassertemperatur 36 - 37°C, insgesamt 12 - 15 Bäder.

3.9 Hautkrankheiten

3.9.1 Schuppenflechte in stationärer Form ohne Erythrodermieerscheinungen bzw. ohne jahreszeitliche Exazerbationen des Krankheitsprozesses im Frühling und Sommer. Die Behandlung erfolgt während der warmen Jahreszeit.

3.9.2 Arthropathische Formen der Schuppenflechte im Anfangsstadium ohne Notwendigkeit der Bettruhe.

3.9.3 Lokalisierte oder diffuse Neurodermitis.

3.9.4 Seborrhoisches Ekzem, Seborrhoe.

3.9.5 Chronisches Ekzem, alle Formen.

3.9.6 Dermatitisen, die durch chemische Hautreizungen verursacht werden und ohne Erscheinungen der malignen Entartungen verlaufen sowie therapiefest bei der Behandlung in den Verhältnissen der gegebenen Regionen sind.

3.9.7 Flachknötchenflechte, akut verlaufende Formen mit Erythrodermiesymptomen ausgenommen.

3.9.8 Sklerodermie, im Anfangsstadium.

3.9.9 Behandlungsmethodik: Radonbäder mit Radonkonzentrationen von 40 - 120 nCi/l (!), 4 Bäder wöchentlich, Wassertemperatur 36 - 37°C, Badedauer 5 - 15 Minuten, insgesamt 12 - 15 Bäder.

Anhang III/2

Auszüge aus den staatlichen Sicherheitsnormen der UdSSR
für Arbeiten in den Abteilungen für Physio- und
Balneotherapie (OST 42-21-16 86) (übersetzt von Frau E.P.
Sinjuschina, Nov. 1990)

...

4. Anforderungen an die räumlichen und apparativen Bedingungen in Inhalatorien

4.1 Der zur Gruppenbehandlung bestimmte Raum soll isoliert sein. Die Raumwände werden bis in eine Höhe von 2 m mit Kachelplatten bekleidet, der Fußboden mit Linoleum bedeckt, die Decke mit Mörtel verputzt.

4.2 Die genutzte Raumfläche, Lufttemperatur und Luftfeuchte sowie die Lüftungsanlagen sollen den Vorschriften SNIP 11-69-78 entsprechen. Sie schreiben 4 m² für jeden Behandlungsplatz und nicht weniger als 12 m² der gesamten Fläche für ein Einplatz-Inhalatorium vor, etwa 20°C Raumtemperatur und eine starke Zu- und Entlüftungsanlage mit 8 - 10-fachem Luftumtausch/h.

4.3 Der Kompressor wird in einem Keller oder im Erdgeschoß installiert.

4.4 In einem Einplatzinhalatorium ist die elektrische Sicherungsanlage zur Desinfektion von Inhalationssätzen und -masken in einem Abzugsschrank unterzubringen.

5. Anforderungen an die räumliche und apparative Einrichtung sowie Gestaltung von Arbeitsplätzen in Badeabteilungen und Badeanstalten.

5.1 Zur Bäderbehandlung ist ein isolierter Raum entsprechend der Vorschrift SNIP 11-69-78 einzurichten.

5.2 Die Raumhöhe soll in Badeanstalten nicht unter 3 m betragen. Die Wände der Baderäume werden mit Kachelplatten, der Fußboden mit Fliesen bekleidet, die Decken mit Mörtel verputzt. Der Fußboden hat eine sanfte Neigung, nicht weniger als 1 cm/m Fläche, in die Richtung des Wasserauslaufes. Die Abläufe werden in den Raumecken eingerichtet.

5.3 Für die elektrische Leitung und Anlaßvorrichtungen in Baderäumen wird eine spezielle Armatur verwendet, die eine gute Abdichtung sichert.

5.4 Die Baderäume sollen mit einer separaten Zu- und Entlüftungsanlage ausgerüstet sein, die einen 3 - 5-fachen Luftaustausch/h sichert. Die Anlage soll vom Raum des medizinischen Personals ein- und ausgeschaltet werden können und mit einer Vorrichtung zur Lufttemperierung versehen sein. Die Lufttemperatur soll konstant bei 23 - 25°C gehalten werden und die relative Luftfeuchte 60 - 65% nicht überschreiten.

5.5 In Badeanstalten werden die Badewannen entweder in einem großen gemeinsamen Raum (Aus- und Ankleiden in individuellen Zellen) oder in Einzelkabinen mit einer Fläche von etwa 6 m² installiert. Im letzteren Fall grenzen daran zwei kleine Umkleidekabinen mit jeweils etwa 2 m² Grundfläche.

5.6 Wenn die Badewannen in Einzelkabinen stationiert sind, werden sie vom gemeinsamen Flur aus nur über eine der Umkleidekabinen zugänglich gemacht. Zur Überwachung der Badenden durch das medizinische Personal wird hinten ein etwa 1 m breiter Durchgang entlang geführt. Die Wände der Bade- und Umkleidekabinen sind etwa 2 m hoch und werden aus dickem undurchsichtigen armierten Glas, Kunststoff oder mit Plättchen bekleidetem Beton angefertigt und etwa 15 cm über dem Fußboden montiert.

5.7 In therapeutisch-prophylaktischen Einrichtungen, die für Kinder oder Psychiatriepatienten spezialisiert sind, wird die Wanneninstallation nur in einem gemeinsamen Raum zugelassen. Auf jede Badewanne entfallen 6 m^2 Raumfläche, die Durchgangsflächen nicht mit einbegriffen und auf zwei Umkleidekabinen jeweils 2 m^2 Grundfläche.

5.8 Die Badewannen werden so aufgestellt, daß das Tageslicht dem badenden Patienten ins Gesicht fällt. Die Badewannen werden aus Keramik, nichtrostendem Stahl oder Kunststoff gefertigt.

5.9 Die Badeanstalten sollen einen besonderen Raum für das bedienende Personal haben, dessen Grundfläche $1,5 \text{ m}^2$ für jeweils eine Badewanne, jedoch nicht weniger als 8 m^2 beträgt. Für das Personal, welches die Radon- oder Schwefelanwendungen verabreicht, wird außerdem eine 2 m^2 große Duschkabine vorgesehen.

5.10 Für die Unterwasser-Bewegungstherapie wird ein separater, 42 m^2 großer Raum abgesondert. Die Wasserfläche beträgt etwa 20 m^2 , die Wassertiefe $0,7 \text{ m}$.

5.11 Die Ausstattung des Duschraums entspricht der Vorschrift SNIP 11-69-78. Hier werden ein Steuerpult und die von da aus versorgten Duschanlagen (Zirkular- und Regendusche, ansteigende Dusche, Strahldusche u.a.) sowie ein Sitzbad angebracht.

5.12 Das Steuerpult wird so montiert, daß der Patient während der Strahldusche $3,5 - 4 \text{ m}$ davon entfernt steht und das Tageslicht ihm ins Gesicht fällt. An der Wand wird in $1,0 - 1,5 \text{ m}$ Höhe über dem Fußboden ein Metallgeländer befestigt, an dem sich der Patient beim Duschen festhalten kann.

5.13 Jede Duschanlage und jedes Sitzbad wird mit Zwischenwänden aus dickem, undurchsichtigen Glas oder mit weißen

Plättchen bekleidetem Beton bis in eine Höhe von 2 m abgegrenzt. Die Trennwände werden 10 - 15 cm über dem Fußboden montiert. Jede Duschkabine soll eine Grundfläche von mindestens 1,0 - 1,5 m² haben.

Das Steuerpult und die Duschanlagen werden so angeordnet, daß das behandelnde medizinische Personal imstande ist, alle Duschenden im Auge zu behalten.

5.14 Die Regendusche wird 1,8 m hoch über dem Fußboden angebracht. Dabei ist die Düsenfläche um 15 - 20° gegen den Fußboden geneigt.

5.15 Das Steuerpult wird von der Wasserzentrale getrennt mit warmem und kaltem Wasser versorgt, der Wasserdruck ist konstant auf etwa 2,0 - 2,5 atm zu halten.

5.16 Neben dem Duschraum werden Umkleidekabinen für die Patienten nach der Vorschrift SNIP 11-69-78 mit einer Grundfläche von je 2 m² pro Patienten vorgesehen.

5.17 Die Unterwasserstrahlmassage wird in einem Raum entsprechend der Vorschrift SNIP 11-69-78 eingerichtet. Die Wanne, deren Inhalt 400 - 600 l beträgt, wird so installiert, daß sie von drei Seiten zugänglich ist. Die Strahlmassageanlage wird am Wannenfußende unter Berücksichtigung aller Sicherheitsvorschriften für elektrische Arbeiten montiert.

5.18 Der elektromagnetische Anlasser des Strahlmassagegerätes soll hermetisch abgeschlossen und geerdet sein. Die Erdung beinhaltet auch den Gerätekörper.

5.19 Die Wickelbehandlungen werden auch in einem besonderen Raum nach Vorschrift SNIP 11-69-78 durchgeführt. Dort wird eine medizinische Liege aufgestellt und ein Ausgußbecken mit Warm- und Kaltwasserversorgung montiert.

5.20 Die Unterwasserdarmbäder führt man in der Badewanne durch, die etwa 400 - 600 l Wasser faßt und sich in einem besonderen Raum befindet (SNIP 11-69-78). Der Raum soll mit Duschanlage, Toilette und Liege ausgerüstet sein.

5.21 Die Abmessungsparameter der Therapieschwimmbecken hängen von der Leistungsstärke und Durchsatzkapazität der Therapieeinrichtung ab. Optimale Abmessungen eines Therapie-Bewegungsbades wären 60 m^2 , berechnet für eine 12 Personen starke Therapiegruppe. Auf jeden Patienten entfallen dabei 5 m^2 Wasseroberfläche. Die Wassertiefe im Bewegungsbad für Erwachsene beträgt 1,5 - 1,8 m, in dem für Kinder 0,5 - 1 m. Dabei ist der Boden gleichmäßig oder stufenweise geneigt. Die Schwimmbeckenräume sind obligatorisch mit einer Zu- und Entlüftung auszurüsten, die den Luftaustausch 3 - 4 mal pro Stunde ermöglicht.

5.22 Die Beckenseitenwände bzw. der Beckenboden sind mit hellen Kacheln zu bekleiden. Der Beckenboden ist in die Richtung des Wasserablaufs geneigt. Der Abstieg ins Becken erfolgt über eine mit Geländer ausgerüstete Treppe. Der Fußboden in der Beckennähe hat eine Neigung in die Richtung zum Müllsammelr. Das Wasser läuft ins Becken durch Löcher am Beckenrand und wird bei Überschuß durch eine Rinne in die Kanalisation abgeleitet. Die Wasserqualität im Becken entspricht den Anforderungen von Vorschrift GOST 2874-73.

5.23 Die Wassertemperatur im Therapiebecken hängt von der Krankheitsform des zu behandelnden Patienten ab und variiert zwischen 25 - 37°C. Die relative Luftfeuchte schwankt zwischen 50 - 60%.

5.24 Der Wasseraustausch im Therapiebecken soll entweder durch ständigen Wasserzufluß (bei Wasserhöhe < 50 cm) oder mit Hilfe eines Zirkulationssystems erfolgen, wenn sich das gesamte Wasservolumen im geschlossenen Kreis bewegt. Es strömt aus dem Becken zur Reinigungsanlage, wo es mittels chemisch-physikalischer Methoden (Chlorierung, UV-Bestrahlung)

lung u.a.) desinfiziert wird und dann wieder ins Becken zurückläuft. Dabei wird täglich 10 - 15 % frisches Wasser zugefügt.

5.25 Das Ablassen des Wassers aus dem Therapiebecken, dessen mechanische Reinigung, Desinfektion und die Wiederauffüllung des Beckens mit frischem Wasser, erfolgt mindestens einmal pro Woche.

5.26 In den Räumen für die Therapiebecken werden Duschkabinen eingerichtet. Für je einen Besucher wird eine Fläche von $3,5 \text{ m}^2$ Duschraum vorgesehen. Die 3 - 4 Duschkabinen sind für 10 - 12 Patienten gedacht. Die Duschkabinen liegen unmittelbar am Becken. Ihre Wände und ihr Fußboden werden mit Kachelplatten bekleidet. Darin sind auch kleine Regale für Seife und Handtuch sowie Tuchhaken angebracht. Vor dem Beckeneinstieg gibt es eine Bodensenke, die mit desinfizierender Lösung gefüllt ist und zur Fußdesinfektion dient.

5.27 Das Therapiebecken soll mit speziellen Vorrichtungen zur Durchführung einer Rehabilitationsbehandlung ausgestattet werden. Dazu gehören Bordgeländer, Schaukelrecke, Wasserhantel, Schaumstoffbretter und -flößchen, Aufhängestühle und -bettchen, Schwimmkörper, Plastikbretter u.a.m.

5.28 Für den Umkleideraum werden $1,2 \text{ m}^2$ Nutzfläche pro Besucher vorgesehen. Er wird mit Kleiderschränken (40 cm breit, 56 cm tief, 180 - 200 cm hoch) möbliert.

5.29 Die Ruheraumfläche wird mit 2 m^2 pro Besucher berechnet. Im Ruheraum gibt es Liegen und Lehnstühle in der Anzahl, die der jeweiligen Besucherzahl entspricht.

5.30 Die Räume mit den Therapiebecken verfügen über 1 - 2 Toiletten mit künstlicher Belüftung, einen Kleiderhaken, einen Spiegel und ein Waschbecken. Die Kabinenhöhe beträgt 200 cm. Der Fußboden und die Wände bis in Höhe von 1 m werden mit Kachelplatten verkleidet.

5.31 Das Therapiebecken hat auch Hilfsräume, die zur Aufbewahrung von Wasch- und Desinfektionsmitteln bestimmt sind, sowie einen Raum fürs Personal.

5.32 Das Therapiebecken soll auch eine Apotheke für erste medizinische Hilfe haben. Die Regeln, welche die Innenordnung im Betrieb bestimmen, werden an gut sichtbarer Stelle aufgehängt.

...

7. Anforderungen an die räumlichen Bedingungen der Radonabteilungen, an die Gestaltung der Arbeitsplätze und an die Arbeitsprozesse in Radonlaboratorien und -abteilungen

...

7.4 Das Radonlabor und die Räume, die zur Verabfolgung von Radonbädern bestimmt sind, sollen über ein selbständiges System der Be- und Entlüftung mit einer Luftaustauschkapazität von 6-fachem Luftzufluß und 8-fachem Luftabzug verfügen. Der Luftabzug aus den Labor- und Radonbäderräumen erfolgt über ein Absaugrohr, das mit einer Deflektorerrregung versehen ist und nicht weniger als 1 m hoch über das Dach hervorragt. Eine Reinigung der abgegebenen Luft von radioaktiven Gasen und Aerosolen ist nicht erforderlich.

Die Ansaugstelle für die Zuluft liegt mehr als 20 m horizontal von dem Ende des Abluftrohres entfernt. Wenn die Belüftung eines gewöhnlichen Radonlabors von der gesamten Zuluftventilation des Heilbadebetriebes nicht getrennt angelegt ist, werden die Zuluftkanäle am Eintritt ins Radonlabor durch Rückschlagventile gesichert.

Die Radonkonzentration der Luft von Arbeitsräumen darf nicht über 1,5 nCi/l und die von Nebenräumen nicht über 0,050 nCi/l liegen. In Arbeitsräumen darf die latente Zahl von Alpha-Zerfällen für die Zerfallsprodukte des Radons 5055 pro Liter Luft (entsprechend 38000 MeV/l) und in Ne-

benräumen von 170 Alpha-Zerfällen pro Liter (1300 MeV/l) nicht übersteigen.

...

7.6 Während der Verabfolgung von Radonapplikationen (Bäder, Spülungen u.a.) sollen die gesamten Raumbedingungen den Anforderungen der Vorschrift SNIP 11-69-78 entsprechen.

...

7.8 Um dem Eindringen von Radon in die benachbarten Räume vorzubeugen, sollen Untersuchungslabor und Baderäume durch einen Dienstgang miteinander verbunden sein und sich in einem gesonderten Teil des Gebäudes befinden, der möglichst ganz abgetrennt und so weit wie möglich von den übrigen Räumen entfernt ist. Ausnahmsweise wird zugelassen, daß die Radonbäder im gemeinsamen Raum der Bäderabteilung verabfolgt werden. Dies soll dann aber nur in vorausbestimmten Zeitabschnitten geschehen und nicht mehr als 30 Bäderanwendungen mit Radonkonzentrationen von 40 - 80 nCi/l beinhalten. Die übrigen Räume (Arztzimmer, Empfangsraum u.a.) dürfen mit anderen Behandlungsräumen der Bäderanstalt gemeinsam begenutzt werden.

...

17. Methoden und Mittel der Kontrolle bei der Verabfolgung von Behandlungen in radontherapeutischen Anstalten

...

17.2 Die Kontrolle der Konzentration von Radon und seinen Zerfallsprodukten in der Raumluft sowie diejenigen der Gamma-Strahlungsdosen in diesen Räumen sollen von den Mitarbeitern der radiologischen Abteilungen bzw. der sanitäts-epidemiologischen Stationen entsprechend der geltenden Vorschrift für die dosimetrische Kontrolle radontherapeutischer Räume durchgeführt werden. Die Luftproben sind in folgenden Räumen zu entnehmen:

- in Radonlaboratorien während der Herstellung der konzentrierten Radonlösung und deren Flaschenabfüllung,
- in Baderäumen in der Mitte bzw. am Ende des Arbeitstages,

- in Nebenräumen während der Durchführung der Radontherapie.

Beim Auffinden von über den zulässigen Grenzwerten liegenden Konzentrationen von Radon- und seinen Zerfallsprodukten werden zusätzliche Messungen zur Aufklärung der Ursachen für diese erhöhte Konzentration vorgenommen. Alle Luftproben werden bei eingeschalteter Ventilation entnommen.

17.3 Die Kontrolle der Oberflächenkontamination mit langlebigen alphastrahlenden Isotopen (Radium, Polonium) wird mittels Wischtest durchgeführt. Wischproben werden von Handoberflächen, Kleidung des Personals, technischer Ausrüstung und Arbeitsoberflächen nach den geltenden Sanitätsregeln für die Arbeit mit radioaktiven Stoffen (OSP-72/87) entnommen. Die Aktivität der Wischproben ist 6 Stunden nach ihrer Entnahme zu messen, wenn alle Radonfolgeprodukte vollständig zerfallen sind, sowie 4 Tage danach, wenn man die alten Präparate mit RaTh verwendet.

Anmerkung: Die Handdekontamination des Personals von alpha- und betastrahlenden Zerfallsprodukten des Radons hat wegen der sehr kurzen Halbwertszeit und geringen Anzahl der angesammelten Radionuklide keine praktische Bedeutung. Sie zerfallen nach 2 - 3 Stunden vollständig. Außerdem vermögen sie nicht über die Haut ins Körperinnere einzudringen und ihre Alphastrahlen gelangen daher kaum durch die Hornhautschicht.

18. Anforderungen an das Personal von Radonlaboratorien und Radontherapieanstalten.

18.1 Beim Arbeitsantritt werden alle Personen der ärztlichen Pflichtuntersuchung unterzogen, im weiteren werden sie auch jährlich untersucht.

18.2 Zur Arbeit werden nur Personen ohne Kontraindikationen zugelassen. Frauen dürfen während der gesamten Schwangerschafts- und Stillperiode nicht in Radonlaboratorien und -therapieanstalten arbeiten.

18.3 Das Personal wird zur Arbeit erst nach einer Ausbildung über die Regeln des Arbeits- und Strahlenschutzes zugelassen. Im weiteren werden Anleitungen bzw. Prüfungen der Kenntnis der Regeln des Strahlenschutzes sowie der persönlichen Hygienenedisziplin periodisch durchgeführt; mindestens einmal pro Jahr mit gleichzeitigem Vermerk in einem Registrierbuch.

18.4 Beim Wechsel der Art der Tätigkeit oder bei Erhöhung der Arbeitsstufe soll das Personal einen besonderen Ausbildungskurs mitmachen, sowie eine Prüfung über die Arbeitsschutz- und Hygieneregeln bestehen.

18.5 Personen, die nur vorübergehend zur Arbeit in Laboratorien herangezogen werden, sollen vor dem Arbeitsbeginn instruiert werden. Über alle Abweichungen vom normalen Arbeitsablauf soll das Personal die verantwortlichen Aufsichtspersonen rechtzeitig benachrichtigen.

18.6 Bei der Arbeit mit radioaktiven Stoffen ist es verboten, beliebige Operationen, die in amtlichen Anweisungen, Sicherheits- und Strahlenschutzvorschriften nicht vorgesehen sind, auszuführen. Ausgenommen davon sind Tätigkeiten, die zur Vorbeugung von Störfallsituationen dienen.

19. Schutzmaßnahmen für das in Radonlaboratorien und Radontherapieanstalten arbeitende Personal.

19.1 Die Schutzmaßnahmen für das Personal von Radonlaboratorien und -therapieanstalten sollen die Einhaltung der zulässigen Grenzwerte für die externe sowie diejenige Bestrahlung sichern, die durch Inkorporation von radioaktiven

Stoffen erfolgt. Dabei darf die Gesamtdosis die maximal zulässigen Grenzwerte nicht überschreiten.

19.2 Die Sicherheitsmaßnahmen bei der Gewinnung und Anwendung einer konzentrierten Radonwasserlösung sollen das Personal vor der externen Gammabestrahlung schützen. Außerdem soll damit einer Luft- und Oberflächenkontamination des Personals und von Umweltprojekten in Arbeits- und Nebenräumen mit alpha- und betastrahlenden Isotopen vorgebeugt werden.

19.3 Um einer Oberflächenkontamination in Arbeitsräumen mit langlebigen Zerfallsprodukten des Radons vorzubeugen, ist es notwendig, diese Räume täglich einmal feucht zu reinigen. Eine Gesamtreinigung ist mindestens einmal monatlich nach der Sanitätsregel OSP 72/87 durchzuführen.

19.4 Um Oberflächenkontaminationen der Haut und einem Eindringen radioaktiver Stoffe in den Körper vorzubeugen, sind alle Arbeiten in Radonlaboratorien und -anstalten in Arbeitskleidung und unter Anwendung individueller Schutzmittel nach den Regeln OSP 72/87 durchzuführen.

19.5 Das Kleider- und Wäschewaschen sowie die Bearbeitung von zusätzlichen Schutzmitteln werden ebenfalls nach den Regeln OSP 72/87 durchgeführt.

...

19.7 Zur Kontrolle von Maßnahmen und Mitteln zur Vorbeugung einer Luft- und Oberflächenkontamination in Arbeitsräumen, von Apparaturen, Bekleidung, Haut sowie Eindringen von radioaktiven Stoffen ins Körperinnere des Personals in Radonlaboratorien und -heilanstalten, ist es zweckmäßig, eine ständige dosimetrische bzw. radiometrische Überwachung nach den Vorschriften NRB 76/87 und OSP 72/87 durchzuführen.

19.8 Personen, die das Radonlabor betreiben oder Reparaturen dort durchführen, sollen immer Personendosimeter KID-2 oder Filmdosimeter bei sich tragen. Die Ergebnisse der do-

simetrischen Kontrolle sind regelmäßig ins Registrierbuch einzutragen.

Am 1. März 1954

Die nachstehenden Angaben sind aus dem Registrierbuch entnommen und sind in der angegebenen Reihenfolge in das Buch eingetragen.

Die nachstehenden Angaben sind aus dem Registrierbuch entnommen und sind in der angegebenen Reihenfolge in das Buch eingetragen.

Die nachstehenden Angaben sind aus dem Registrierbuch entnommen und sind in der angegebenen Reihenfolge in das Buch eingetragen.

Die nachstehenden Angaben sind aus dem Registrierbuch entnommen und sind in der angegebenen Reihenfolge in das Buch eingetragen.

Die nachstehenden Angaben sind aus dem Registrierbuch entnommen und sind in der angegebenen Reihenfolge in das Buch eingetragen.

Die nachstehenden Angaben sind aus dem Registrierbuch entnommen und sind in der angegebenen Reihenfolge in das Buch eingetragen.

Am 1. März 1954
Am 1. März 1954
Am 1. März 1954
Am 1. März 1954
Am 1. März 1954

Am 1. März 1954
Am 1. März 1954
Am 1. März 1954
Am 1. März 1954
Am 1. März 1954

Anhang III/3

Auszüge aus den Sanitätsvorschriften für die Organisation, Ausrüstung und den Betrieb von Radonlaboratorien sowie Abteilungen für Radontherapie.

Ministerium für das Gesundheitswesen der UdSSR, Moskau,
1988. Bestätigt vom Stellvertreter des Ministers für Ge-
sundheitswesen der UdSSR, Hauptsanitätsarzt der UdSSR, N.A.
Kondrusew, am 27.9.1989. Ausgearbeitet vom Nationalen For-
schungszentrum für Medizinische Rehabilitation und Physika-
lische Therapie Moskau, Forschungsinstitut für Strahlen-
schutz, Leningrad

Allunionsregel und -norm für Gesundheit und Strahlenschutz
in Radonlaboratorien und -heilanstalten, für das ganze Ter-
ritorium der UdSSR, eingeführt vom 1.1.89 bis 31.12.2000.

1. Einleitung

...

1.2 Diese Sanitätsvorschrift gilt für die Betriebe, Anstal-
ten, Laboratorien u.a. in den Organisationen aller Ministe-
rien und Ämter in der UdSSR, welche strahlende Radonpräpa-
rate anfordern, verwenden, aufbewahren und transportieren.

...

...

1.4 Die vorhandenen Radonlaboratorien und -heilstätten müs-
sen in Übereinstimmung mit diesen Vorschriften gebracht
werden.

2. Allgemeines

2.1 In der Praxis verwendet man natürliche sowie künstlich
erzeugte Radonwässer und andere radonhaltigen Heilmedien
wie Luft, Gewebe und andere Konzentrate.

...

2.3 Die technologische Ausrüstung der Radonlaboratorien und -heilanstalten muß offiziell vom Ministerium für Gesundheitswesen der UdSSR genehmigt sein.

...

2.5 Bei der Heilanzwendung der Radonwässer besteht grundsätzlich die Gefahr einer Kontamination der Betriebsräume durch Radon und seiner kurzlebigen Zerfallsprodukte (ZPR). In den genannten Räumen können auch die erhöhte Temperatur und Feuchtigkeit der Luft in der Arbeitszone schädliche Faktoren sein. Ihre Parameter dürfen die Grenzwerte nach den staatlichen Normen "GOST 12.1.005-76" nicht überschreiten.

2.6 Die zulässigen Grenzwerte für die (a) äußere Gammabestrahlung, die Konzentration des (b) Radons sowie (c) dessen Zerfallsprodukten in der Luft von Betriebs- und Nebenräumen ... sind in den Tabellen 2 - 5 angegeben.

2.7 Für die Behandlungsräume der Radonanwendungen ist eine Strahlenschutzarbeitsklasse 3 festgelegt. Man braucht diese nicht zu berücksichtigen, wenn die verwendeten natürlichen Radonwässer in Bädern und Badebecken Radonkonzentrationen von unter 8 nCi/l (300 Bq/l) haben.

...

4. Organisation der radontherapeutischen Abteilungen in Heilanstalten

4.1 Die Abteilung für Radontherapie ist Bestandteil der Heilanstalt und kann folgende Räume einschließen:

- Kabinen für Radonwasserbäder
- Kabinen für gynäkologische Irrigationen
- Kabinen für Radontrinkkuren
- Raum für Radonluftbäder

- Kabinen für Kopf- und Zahnfleischspülungen mit Radonwasser
- Kabinen für Zellbäder
- Kabinen für Radoninhalationen (Inhalatorium)
- Kabinen für Kontrastbäder
- Kabinen für Darmspülungen
- Raum für Schwimmbecken

4.2 Anforderungen zur Ausrüstung der Räume für Radonbäder

Den Raum für Radonbäder sondert man in einem Block ab, der von der allgemeinen Badeabteilung isoliert sein muß. Dieser Block besteht aus den Badezellen, Räumen für die Aufbewahrung der Radonkonzentrate, Räumen für Badepersonal, Flur für Dienstpersonal, Flur für die Patienten, Arbeitsraum für Schwestern und Erholungsraum für Patienten.

- Für die Durchführung der Radonwasserbäder dienen die Badezellen mit einer Fläche von mindestens 8 m^2 , dazu zwei kleine Umkleidekabinen zu je 2 m^2 Fläche pro Badewanne.
- In neu zu bauenden Abteilungen müssen alle Bäder mit Ortsabsaugeinrichtungen ausgerüstet werden. Für Radonkonzentrationen in der Badewanne über 4.500 Bq/l ist die Ausrüstung der Wannen mit den Ortsabsaugern unbedingt notwendig. Dabei ist allgemein eine 5-malige Luftabsaugung pro Stunde (3 mal Zuluft, 5 mal Abluft) vorgeschrieben. Beim Fehlen der Ortsabsauger ist eine 8-malige Luftumwälzung/h notwendig (+6, -8 Volumen/h).

...

- In Einrichtungen für die Anwendungen von Radonwasserbädern können die Dienst-, Hilfs- sowie auch Warteräume gemeinsam mit anderen Räumen der Badeeinrichtung verwendet werden. Ausgenommen sind die Umkleideräume für das Personal.
- Radonbäder mit Radonkonzentrationen im Badewasser von unter 120 nCi/l (4.500 Bq/l) kann man in den allgemeinen Baderäumen durchführen, wenn die Zahl der Badeapplikatio-

nen nicht über 30 pro Schicht liegt. Dies ist jedoch nur in solchen Stunden zulässig, wenn andere Applikationen nicht durchgeführt werden.

4.3 Anforderungen an die Räume für gynäkologische Spülungen

Für diese Zwecke sind Kabinen mit einer Grundfläche von mindestens 8 m^2 und kleine Umkleidekabinen von 2 m^2 erforderlich. Die Kabinen müssen eine Ab- und Zuluftventilation mit 8-maligem Luftwechsel pro Stunde haben.

4.4 Anforderungen an Räume für Radontrinkkuren

Die Räume für Radontrinkkuren sollen nicht kleiner sein als 8 m^2 pro Patient und zusätzlich noch 4 m^2 für den Abzugsschrank mit den Radonwasserportionen vorsehen. Das Trinken der Radonlösungen soll mit Hilfe eines Siphons durchgeführt werden. Der Raum muß unbedingt 8-fache Ab- und Zuluftventilation haben.

4.5 Anforderungen an Räume für Radonluftbäder (RLB)

Für eine RLB-Box muß ein Raum mit einer Fläche von mindestens 8 m^2 sowie zusätzlich 4 m^2 für 2 Umkleidekabinen vorhanden sein. Wenn die Radonluftbäder mit Radonkonzentraten betrieben werden, benutzt man für deren Aufbewahrung einen Abluft-Schutzschrank und benötigt dafür nochmals 4 m^2 Raumfläche.

Die Box, in der Radonluftbäder durchgeführt werden, muß an die Abzugsventilation angeschlossen sein. Diese muß 6 - 8-maligen Luftwechsel in der Box mit Zeitintervallen von 2 - 3 Minuten gewährleisten. Das ermöglicht die Spülung der RLB-Box mit Frischluft nach Applikationsende und rasche Entfernung des Radongemisches vor Öffnung der Box. Die Luft

für diese Spülung muß bis auf 25°C erwärmt sein. Der Applikationsraum muß 8-malige Luftumwälzung pro Stunde haben. Die RLB-Box muß praktisch hermetisch abgeschlossen sein. Die Atemmaske muß mit einem Tragriemen so dicht am Kopf des Kranken befestigt sein, daß das Eindringen des Radons und seiner Zerfallsprodukte in die Atemwege des Patienten während der Applikation ausgeschlossen ist.

Bei der Ausrüstung der RLB-Boxen mit dem Loch für den Kopf des Patienten ist sorgfältig auf die Gummimanschette des Kragens zu achten. Sie muß dicht an dem Hals des Kranken anliegen.

Um die RLB-Box mit Radon aus natürlichen Radonwässern mit Hilfe eines Radonluftgemisches betreiben zu können, benötigt man eine spezielle Anlage. Die Programmierung und Leitung der Arbeit solcher Anlagen erfolgt vom Steuerpult aus. Derartige Boxen werden von der Firma FBZ "Balneotechnika" in Moskau gefertigt. Der Raum zur Herstellung des Radonluftgemisches erfordert 10 m² Grundfläche und muß zusammen mit dem Applikationsraum ausreichend belüftet sein.

4.6 Anforderung an Räume für Kopf- und Zahnfleischspülungen

Die Raumfläche muß hier 4 m² pro Anwendungsplatz erreichen. Sie darf jedoch nicht kleiner als 12 m² für den ersten Anwendungsplatz sein. Den Irrigationsort rüstet man mit einer hygienischen Spülung für die Entfernung der verwendeten Radonlösungen in die Kanalisation sowie mit einer Ortsabsaugvorrichtung aus. Die durchschnittliche Geschwindigkeit des Luftaustausches im Ortsabzug soll nicht weniger als 1,4 m³/sec betragen. Der Raum muß mit einer Abzugsventilation für 8-maligen Luftwechsel pro Stunde und einer Ortsabsaugvorrichtung ausgerüstet sein.

4.7 Räume für Darmspülungen

Die Anwendungen müssen in gesonderten Räumen mit einer Fläche von 8 m^2 pro Anwendungsplatz durchgeführt werden. Diese Kabinen haben Ab- und Zuluftventilation (+6, -8).

4.8 Räume für Gruppenbäder

Die Anwendungen werden mit natürlichen Radonwässern in speziellen Durchflußbecken mit stufenartigem Boden für 8 - 20 Patienten durchgeführt. Das Wasservolumen pro Patient beträgt bis zu 1000 l. Der Raum hat Ab- und Zulüftung, der Mindestluftwechsel muß 10 - 12-fache Luftumwälzung gewährleisten.

4.9 Räume für Radoninhalationen

Der Raum enthält Kabinen für eine individuelle Radoninhalation. Diese Kabinen haben örtliche Ablüftung.

Die Inhalationen müssen mit Atemmasken durchgeführt werden. Das durch Schläuche herangeführte Radonluftgemisch muß ein Volumen von 20 - 30 l/min fördern. Die Ausatemungsluft wird in die Abluftventilation geführt. Die Atemmaske muß am Kopf des Patienten mit regulierbaren Riemen befestigt werden, damit kein Radonluftgemisch aus dem Atemvolumen der Maske in die Luft des Inhalatoriums abgegeben wird.

Die Anlage für die Herstellung des Radon-Luftgemisches muß sich in einem besonderen Raum befinden, dessen Grundfläche nicht kleiner als 15 m^2 ist. Er kann im Keller liegen und muß mit einem Faserfilter (nach Petrjanow) für die Abscheidung von Zerfallsprodukten aus der in die Atemmaske geleiteten Luft versehen sein.

Die Raumfläche für die Durchführung der Radoninhalationen beträgt 4 m^2 pro Platz, aber nicht weniger als 12 m^2 insgesamt.

Den Raum rüstet man mit 6 - 8-facher Belüftung aus. Die Geschwindigkeit in den Querschnitten der Ortsabsauger muß mindestens 1 m/s betragen.

5. Wasserversorgung, Kanalisation und Belüftung der Radonlaboratorien und -abteilungen

5.1 Die Radonlaboratorien und Abteilungen für Radontherapie müssen mit einer Leitung für kaltes und warmes Wasser sowie einer Kanalisation ausgerüstet sein. Nach der Sanitätsregel OSP 72/87 und den Normen für Strahlensicherheit NRB 76/87 werden die Radonkonzentrationen im Abwasser der Kanalisation nicht begrenzt.

5.2 Die Radonlaboratorien und Abteilungen für Radontherapie müssen mit selbständigen Systemen der Ab- und Zuluftventilation ausgerüstet werden.

...

5.6 Die Ableitung der Luft aus den Räumen der Radonlaboratorien und Radonheilanstalten wird über einen Schornstein geführt, welcher höher als das höchste Dach des nächsten administrativen Gebäudes im Umkreis von 30 m ist und vom nächsten Wohnhaus mindestens 50 m entfernt ist.

5.7 Es ist genehmigt, die Luft aus der Ventilation von Radonlaboratorien und -heilstätten ohne besondere Reinigung abzuleiten, wenn in dieser Luft das Radon in Konzentrationen von nicht höher als $1,5 \text{ nCi/l}$ enthalten und die Summe der abgeleiteten Radonjahresaktivitäten nicht größer als $1,5 \text{ Ci}$ ist.

...

5.9 Der Ort der Zuluftentnahme muß mindestens 20 m horizontal vom Ort der Ableitung der Abluft entfernt sein. Die Ab-

luft der Radonanstalt ist von der allgemeinen Ab- und Zu-
luftventilation der Heilanstalt zu trennen.

5.10 Um das Radon nicht aus den Badekabinen in die Neben-
räume zu verbreiten, müssen sich das Radonlaboratorium so-
wie die Applikationsräume in einem besonderen Gebäudeteil
befinden, welcher vom Grundgebäude maximal entfernt, iso-
liert und mit einem Dienstgang verbunden sein muß. Die
übrigen Räume für Ärzte, Warteraum u.a. können mit anderen
Teilen der Badeanstalt gemeinsam benutzt werden.

5.11 Die Überwachung der Belüftung muß regelmäßig einmal
pro Monat sowie auch bei allen Änderungen der Belüftungsart
durchgeführt werden.

6. Forderungen zum Strahlenschutz bei den Anwendungen

...

6.15 Bei den kombinierten Kohlesäure-, Stickstoff-, Sauer-
stoff-Radonbädern gelangt mit den aus dem Badewasser ent-
weichenden Gasen ein wesentlicher Teil des im Bademediums
enthaltenden Radons in die Atmosphäre der Badekabine. Sol-
che Bäder dürfen, falls überhaupt notwendig, nur in Bade-
wannen durchgeführt werden, die mit Ortsabsaugern ausgerü-
stet sind.

6.16 Die Anwendung einer Radonwasserstrahlmassage ist ver-
boten.

6.17 Nach der Anwendung muß der Patient die Verschlussein-
richtung selbständig ausschalten, indem er den Verschuß-
stopfen herauszieht. Die Sanitätsbearbeitung der Wanne
führt man wie üblich durch.

6.18 Nach der Anwendung muß der Patient 30 bis 60 Minuten
im Erholungsraum ruhen.

7. Schutzmaßnahmen bei Arbeiten in Radonlaboratorien und Heilstätten

7.1 Die Arbeiten im Labor und in der Radonheilanstalt sind nur bei laufender Ventilation sowie Einhaltung der vorgeschriebenen Luftumwälzung und der vorgeschriebenen Geschwindigkeit der Luftumwälzung in den Öffnungen der Ventilationsschränke erlaubt.

7.2 Das Personal darf die Arbeitsplätze erst 20 Minuten nach dem Einschalten der Zu- und Abluftventilation betreten.

7.3 Alle Arbeiten im Labor und in der Radonanstalt müssen mit Spezialkleidung (medizinischer Kittel, Kappe, Pantoffel usw.) durchgeführt werden. Die Kleidung muß in Spezialschränken aufbewahrt sein.

...

7.8 In der Heilanstalt müssen ein ständig arbeitsbereiter Dushraum sowie Schränke für die Aufbewahrung persönlicher Gegenstände und Spezialkleidung vorhanden sein.

...

7.10 In allen Räumen muß täglich einmal feucht aufgewischt werden. Monatlich einmal sind außerdem Türen, Wände und Ausrüstung feucht abzuwaschen.

7.11 Zur Reinigung muß speziell markiertes Inventar getrennt für die "saubere" und für die "Arbeitszone" vorgesehen sein... Für die Aufbewahrung des Inventars muß ein gesonderter Ort abgeteilt werden.

7.12 Den Mitarbeitern ist es verboten, sich in den Arbeitsräumen ohne Spezialkleidung aufzuhalten. Weiterhin sind verboten die Aufbewahrung von Essen, Kosmetik, Hauskleidung und anderen Sachen, die keinen direkten Bezug zu den Arbeitsabläufen haben.

7.13 Alle Mitarbeiter der Radonlaboratorien und -heilanstalten gehören nach den Vorschriften von NRB 76/87 zum Personal der Kategorie "A" und müssen mit entsprechenden Schutzmitteln versorgt sein.

7.14 Frauen müssen von den Arbeiten mit der Strahlungsquelle vom Zeitpunkt der Feststellung einer Schwangerschaft und während der ganzen Periode der Laktation ferngehalten werden.

7.15 Die zulässigen Normen der Oberflächenkontamination dürfen nicht die Grenzwerte überschreiten, die in Tabelle 8.14 der Vorschrift NRB 76/87 (Beilage 4) wiedergegeben sind.

7.16 Alle Mitarbeiter der genannten Anstalten müssen in Übereinstimmung mit der Anweisung des Ministers für Gesundheitswesen der UdSSR eine ärztliche Eintrittsuntersuchung vor Beginn der Arbeit und periodisch wiederholte Untersuchungen einmal pro Jahr erhalten. Arbeitserlaubnis erhalten nur diejenigen Personen, welche keine medizinische Kontraindikationen zur Arbeit mit radioaktiven Quellen haben.

8. Dosimetrische und radiometrische Kontrolle

8.1 Die dosimetrische und radiometrische Kontrolle in Radonlaboratorien und -heilstätten wird durch den amtlichen Dienst für Strahlensicherheit durchgeführt.

8.2 Die Kontrolle wird nur mit Meßgeräten durchgeführt, die staatlich überprüft und geeicht worden sind. Für die Kontrolle der Geräte können nur arbeitsfähige und staatlich metrologisch geprüfte Eichpräparate verwendet werden, welche eine offiziell anerkannte Bescheinigung haben.

8.3 Für die praktische Durchführung der Maßnahmen zur Strahlensicherheit arbeitet die Leitung des Amtes zusammen

mit den örtlichen Organen der staatlichen Sanitätsinspektion die Kontrollziffern aller zu kontrollierenden Werte aus.

8.4 Überschreitungen dieser Kontrollwerte müssen von der Administration untersucht und die Ursachen dafür beseitigt werden.

8.5 Folgende dosimetrische Messungen und radiometrische Kontrollen sind durchzuführen:

- Messung der individuellen Gamma-Dosen für jeden Mitarbeiter des Laboratoriums und der Radonwasseranstalt. In denjenigen Anstalten, in denen die jährliche Dosis kleiner als Faktor 0,3 des zulässigen Wertes ist, braucht die individuelle Gammakontrolle nicht durchgeführt zu werden. Dann bleiben nur die Kontrolle der Gammadosisleistung und Messungen der Luftkontamination in den Arbeitsräumen.
- Kontrolle der Gammadosisleistung an allen Arbeitsplätzen und in den Nebenräumen sowie in anschließenden Bereichen.
- Messung von Radon- und seinen Zerfallsprodukt-Konzentrationen in der Luft von Arbeitsräumen im Bereich der Einatmung durch den Mitarbeiter.
- Kontrolle der Radioaktivität der Atmosphäre in angrenzenden Gebieten.

8.6 Die Bestimmung der Konzentration von Radon und seinen Zerfallsprodukten erfolgt getrennt in den Badekabinen in der Mitte des Arbeitstages, in der Zone der Atmung des Personals nach Beendigung der Arbeit sowie in den Nebenräumen während der Anwendungszeit. Außerhalb der Anstalt muß die Luft im Bereich der Kanalisationsschächte gemessen werden.

...

8.12 Die radiometrische Kontrolle des Radons und seiner Zerfallsprodukte erfolgt in den Arbeitsräumen einmal in drei Monaten. Die Probenahme erfolgt bei laufender Ventilation.

...

8.14 Der Gesamtwert der Kontamination der Luft durch Radon (RN) und seine Zerfallsprodukte (E) in den Bruchteilen der zulässigen Konzentration (ZK) muß kleiner als 1,0 sein:

$$\frac{\frac{C}{Rn}}{\frac{ZK}{Rn}} + \frac{\frac{E}{ZP}}{\frac{ZE}{ZP}} < 1,0$$

8.15 Die Ergebnisse der dosimetrischen Messungen werden sowohl in ein Meßbuch als auch in die individuelle Personalkartei eingetragen.

1870

1871

JUL-2509
August 1991
ISSN 0366-0885