

Lebende Zellen verstehen elektromagnetische Signale

300 staatlich finanzierte russische Forschungsteams untersuchen die Wirkung schwacher Felder und Strahlungen in der Biologie und Medizin.

Mit einem Vorwort von Dr. rer. nat. Hartmut Müller, Erfurt.

St. Petersburg wurde vom 4. bis 7. Juli 2000 Austragungsort eines erstrangigen wissenschaftlichen Events. Der II. Internationale Kongress „Schwache und superschwache Felder und Strahlungen in der Biologie und Medizin“ führte über 330 Forschungsteams zusammen, die ihre wissenschaftlichen Arbeiten zu insgesamt fünf Themengruppen vorstellten:

„Physikalisch-chemische Wirkungsmechanismen schwacher Felder und Strahlungen auf Biosysteme“, „Die Rolle des Wassers bei der Realisierung der Reaktion von Biosystemen auf physikalische und chemische Faktoren geringer Intensität“, „Medizinische Aspekte schwacher Felder und Strahlungen, „Schwache Felder und Strahlungen und die Stabilität der Lebensprozesse auf der Erde“, „Humanitäre Aspekte der Biosphäre“. Organisiert wurde dieses wissenschaftliche Forum von der Staatlichen Universität St. Petersburg und Einrichtungen der Russischen Akademie der Wissenschaften: dem Wissenschaftlichen Rat für Biologische Physik, Institut für Biochemische Physik, Institut für Biophysik der Zelle, Institut für Theoretische und Experimentelle Physik, Institut für Allgemeine und Anorganische Chemie, Institut des Gehirns, INIENKO sowie vom Institut für Schnelle Medizinische Hilfe und dem Röntgenradiologischen Institut des Gesundheitsministeriums der Russischen Föderation.

H heute möchte Ihnen raum&zeit zwei brennende und besonders aktuelle Arbeiten vorstellen, die im Rahmen einschlägiger Forschungsprogramme an der Russischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt wurden. Die Autoren stellen ihre Arbeiten exklusiv raum&zeit zur Verfügung, die hier in der Originalfassung wiedergegeben werden.

Thema I: Zellkulturen als Indikatoren schwacher Strahlung

Schwache elektromagnetische Felder erfüllen für lebende Zellen nicht nur verschiedene Signalfunktionen, sondern können unter bestimmten Bedingungen auch zu irreversiblen Veränderungen der Aktivität des genetischen Materials führen. Einem Forschungsteam des Institutes für Cytologie der Russischen Akademie der Wissenschaften (St. Petersburg) unter Leitung von Prof. Dr. rer. nat. habil Jurij Vakhtin gelang jetzt erstmals der direkte Nachweis.

Die Unvollkommenheit des Schutzsystems des Genoms ermöglicht es, Zellkulturen zu züchten, die selektiv auf bestimmte schwache elektromagnetische Signale reagieren und sie als spezifische Kommandos wahrnehmen, die verschiedene genetische Mechanismen, u.a. die des Zelltodes auslösen können.

Diese spezialisierten Zellkulturen können nun als hochempfindliche Detektoren verwendet werden und ermöglichen die exakte Messung biologisch schädlicher Felder und Strahlungen.

Die Forschungsergebnisse der St. Petersburger Biologen erklären das Phänomen der Elektrosensibilität auf zellbiologischer Ebene und ermöglichen es,

die biologische Relevanz elektromagnetischer Strahlung direkt nachzuweisen. Die orthodoxe Diskussion über medizinisch unbedenkliche physikalische Grenzwerte elektromagnetischer Strahlung ist somit nur noch von historischem Interesse.

Diese neuen Erkenntnisse aus dem Bereich der Zellbiologie bestätigen die bereits mehrfach nachgewiesene morphogenetische Wirkung elektromagnetischer Felder. Zellbiologische Prozesse werden nicht nur von genetischen Strukturen determiniert, sondern in bedeutendem Maße von schwachen elektromagnetischen Feldern gesteuert. Elektrosmog ist also keine Frage der physikalischen Messlatte. Externe elektromagnetische Felder greifen in zellbiologische Prozesse ein, egal wie schwach sie sind. Ausschlaggebend für schädliche Nebenwirkungen ist nicht die Intensität der elektromagnetischen

„Die orthodoxe Diskussion über medizinisch unbedenkliche physikalische Grenzwerte elektromagnetischer Strahlung ist somit nur noch von historischem Interesse.“

Strahlung, sondern ihr zellbiologischer Informationsgehalt. Die lebende Zelle interpretiert jedes EM-Feld als Steuersignal. Ist es zellbiologisch sinnlos, wird es vom Schutzsystem des Genoms ignoriert. Die Wahrscheinlichkeit dieser Situation ist jedoch nicht



hoch genug. Das beweisen die Zuchtversuche von elektromagnetisch selektiv sensiblen Zellkulturen, die im Labor des Institutes für Cytologie der Russischen Akademie der Wissenschaften erfolgreich durchgeführt wurden.

Thema II: Keimtötendes Wasser im Blut

raum&zeit widmete dem Thema „Aktiviertes Wasser“ bereits mehrere Publikationen (siehe Nr.99 „Aktiviertes Wasser: Totale Desinfektion ohne Nebenwirkungen“ und Nr.106 „Warum das „Aktivierte Wasser“ eine so

große Wirkung hat“). Russische Biophysiker entwickelten 1993 ein Verfahren zur Heilung eitriger Wunden und Verbrennungen, das auf der Wirkung des aktivierten Wassers beruht. Im Unterschied zu Antibiotika führt aktiviertes Wasser (Anolyth) nicht zur Herausbildung resistenter Bakterienstämme. Das Gesundheitsministerium der Russischen Föderation empfiehlt Anolyth als wirksames und gesundheitlich absolut unbedenkliches Mittel gegen den „Hospitalismus“. Anolyth reinigt infiziertes Trinkwasser und wirkt selektiv gegen Krankheitserreger.

Aktiviertes Wasser wird im Membran-Elektrolyse-Verfahren hergestellt. Dabei fließt durch eine KCl- bzw. NaCl-Lösung schwacher Gleichstrom. Ähnliche elektrochemische Bedingungen herrschen auch im blutdurchströmten tierischen (oder menschlichen) Gewebe. Allgegenwärtige Bioströme aktivieren das körpereigene Wasser und erzeugen ein durch Zellmembranen getrenntes anolythisches bzw. katholythisches Medium. Auf diese Weise lässt sich die verblüffend gute Verträglichkeit des Anolyths recht einfach erklären, denn es wird in unserem Gewebe permanent herge-

stellt. Bei akuten Infektionen unterstützt die externe Zufuhr zusätzlichen Anolyths die körpereigenen Abwehrkräfte. Die Wirksamkeit und hohe Effektivität des aktivierten Wassers wurde bereits mehrfach von internationalen Labors bestätigt. Dennoch blieb bislang der exakte biophysikalische Wirkungsmechanismus sowohl des Anolyths als auch des Katholyths ein Rätsel. Dieses „Geheimnis des aktivierten Wassers“ zu lüften, war eine der Herausforderungen, denen sich das russische Forschungsteam unter Leitung von Dr. rer. nat. habil Anatolij Miroshnikov stellte.

Thema I: Die Herstellung biologischer Modelle zur Erforschung schwacher und superschwacher Felder und Strahlungen

Von Prof. Dr. rer. nat. habil
Jurij Vakhtin, Institut für
Cytologie, Russische Akademie der Wissenschaften,
St. Petersburg. Autorisierte Übersetzung von
Dr. Hartnut Müller, Erfurt.



von der schädlichen Einwirkung zufälliger Schwankungen dieser Faktoren schützen.

Solche Modelle können jedoch durch künstliche Selektion sensibler und stabiler Varianten hergestellt werden, wobei die Selektion am effektivsten wird, wenn als Basismaterial ausreichend heterogene (im Phänotyp) Populationen verwendet werden, die sich durch hohe Raten der Entstehung spontaner Mutationen und epigenetischer Veränderungen auszeichnen. Zu solchen Populationen gehören die Populationen der (malignen) Tumorzellen.

Material und Methoden

Wir betrachten das Problem der Selektion am Beispiel von Zellkulturen der injizierten Rhabdomyosarcoma RA-23 der Ratte, die im Labor für Genetik der Zellpopulationen verwendet werden (Kaminskaja 1989, 1990). Dieser Zellstamm erlaubt es, eine Klonanalyse in vivo durchzuführen, auf die Population insgesamt und auf die Nachkommen einzelner Zellen sowohl in vitro als auch in vivo einzuwirken. Intravenös eingeführte Zellen formieren experimentelle Metastasen nur in der Lunge der geimpften Tiere, jede Metastase ist ein Nachkomme einer Zelle

(Klons) und enthält nach 18-20 Tagen hunderttausende lebensfähige Tumorzellen. Die große Zellmenge erlaubt es, einen Teil zur Reklonierung zu verwenden (von 100 Zellen sind 3-6 klonogen bei intravenöser Zufuhr), die Mehrzahl jedoch für verschiedenartige Einwirkungen und Tests in vitro, die 1-2 Tage dauern können. Die während dieser Zeit bei -4°C aufbewahrten unbehandelten Klonzellen verlieren nicht ihre klonogenen Eigenschaften.

Die aufgeführten Besonderheiten erlauben es, dutzende und hunderte von Klonen nach einem einzigen Merkmal zu testen und die Intensität der durchzuführenden Selektion zu variieren. Detaillierte Angaben enthalten die Ergebnisse einer künstlichen Selektion, die in der Population RA-23 nach den Merkmalen „Radiosensibilität“, „Thermoresistenz“ (Fedorova 1990) sowie nach den Merkmalen „Häufigkeit der kariotypischen Veränderungen“ (Kravzov 1992, Proshin 1986) durchgeführt wurde. Diese Arbeiten enthalten auch Angaben über die Methoden zur Aufdeckung der phänotypischen bzw. erblichen Heterogenität einer Zellpopulation in Bezug auf ein zu selektierendes Merkmal sowie Angaben zur Bestimmung des Koeffizienten der realisierten Erblichkeit des Merkmals, nach welchem die Selektion durchgeführt wird (Vakhtin 1980), und Angaben zur Prognose der Effektivität der Selektion.

Da man praktisch weder etwas weiß über die Natur der variablen Sensibilität von Organismen und somatischer Zellen gegenüber elektromagnetischen Feldern mit verschiedenen Parametern, noch etwas über die erbliche Determination der Sensibilität und Resistenz gegenüber der Einwirkung dieser Faktoren, sind wir gezwungen, von einem ziemlich groben Schema auszugehen:

I. Das verwendete elektromagnetische Feld A (mit vorgegebener Konfiguration der Parameter) wirkt auf mehrere Ziele in der Zelle, was zu primären Veränderungen auf molekularer und ultrastruktureller (biophysikalischer) Ebene führt.

II. Die Veränderungen im Stadium I. induzieren eine Kaskade biochemischer und struktureller Reaktionen, die auf Reparatur und Wiederherstellung der Zell- und Populationshomöostase gerichtet sind. Solange der Reparaturprozess nicht abgeschlossen ist, vollziehen sich die nachgewiesenen Veränderungen der Struktur und Funktion der Zellen. In diesem Stadium sind besonders solche Veränderungen interessant, die mit den Systemen zur Regulierung der genetischen Aktivität und des Schutzes des Genoms gegen Störungen seiner Struktur und normaler Funktion interferieren.

III. Die Mutations- und epigenetischen Veränderungen des Genoms entstehen infolge der Unvollkommenheit des Schutzsystems gegen „Lärm“.

Offensichtlich muss man die Sensibilität der Klone gegenüber der Einwirkung des Faktors A im Stadium II testen. Ein Maximum an Information werden Varianten geben, die die maximale Anzahl an Zielen für den Faktor A bieten und ein durch den Faktor A maximal gestörtes Reparatursystem besitzen. Andererseits, Varianten mit geringerer Zielmenge und mehr Stabilität im System zur Wiederherstellung der Homöostase werden maximale Resistenz zeigen.

■ Ergebnisse

Erkenntnisse, die aus der Selektion von Zellstämmen nach quantitativen (polygenetisch bedingten) Merkmalen gewonnen wurden, erlauben die Vermutung, dass die Herstellung eines Stammes der Rhabdomyosarcoma RA-23 mit ausgeprägter Sensibilität gegenüber dem Faktor A etwa 8-12 Selektionszyklen erfordert (etwa 1 Jahr Arbeit). Durch Selektion kann man diesen Stamm spezifizieren, das heißt unempfindlich machen gegen die Einwirkung parameternaher Faktoren A1, A2 u.s.w.

Auf analoge Weise kann man auch Stämme selektieren, die eine spezifische Sensibilität gegenüber anderen Faktoren B, C, D, ... N besitzen.

Die Herstellung solcher Stämme unterstützt den Fortschritt in der

Erforschung der biologischen Wirkung elektromagnetischer Felder und macht diesen Forschungsbereich zugänglich für die Anwendung molekularbiologischer Methoden. Sie ermöglicht die Analyse von Dosis-Effekt-Kurven sowie die Prüfung von Agenten, die die Wirkung konkreter Felder und Strahlungen verstärken bzw. abschwächen.

■ Diskussion

Die Selektion von Zellstämmen mit spezifischer Sensibilität gegenüber verschiedenen elektromagnetischen Feldern ermöglicht auch die Entwicklung neuer Methoden zur Regulierung der Aktivität des Genoms. Wie bereits erwähnt, infolge der Unvollkommenheit des Schutzsystems des Genoms gegen die schädliche Wirkung zufälliger Veränderungen sind ihrer Natur nach nichtadaptive Veränderungen der Aktivität des genetischen Materials bei Einwirkung elektromagnetischer Faktoren unvermeidlich (III. Stadium). Durch weitere Selektion empfindlicher gegenüber den Faktoren A, B, C u.s.w. Stämme kann man die Fähigkeit züchten, diese Faktoren (und ihre verschiedenen Kombinationen) als exakt spezifische Kommandos wahrzunehmen, die zum Beispiel die Aktivierung bestimmter Gene oder bestimmter

latenter Viren fordern, das Auslösen von Mechanismen des Interphasen-Zelltodes (Apoptose), des reproduktiven Zelltodes u.s.w.

Mit anderen Worten, man kann der Zelle (wie auch dem Organismus?) beibringen, die „Sprache“ einfacher und kombinierter elektromagnetischer Kommandos zu „verstehen“.

Der Autor ist überzeugt, dass diese Experimente die Hypothese von der Existenz des „Genetischen Feldes“ (I. A. Rapoport 1965) bestätigen werden.

Thema II: Die biologische Aktivität wässriger Lösungen nach einer Schwachstrom-Membran-Elektrolyse

Von Dr. rer. nat. habil
Anatolij Miroshnikov,
Institut für Biophysik
der Zelle, Russische Akademie der Wissenschaften,
Pushino bei Moskau.
Autorisierte Übersetzung
von Dr. Hartmut Müller,
Erfurt.



sungen zur Anwendung bzw. Leitungswasser mit geringem Salzgehalt.

Ziel unserer Arbeit war es, die Veränderung der physikalisch-chemischen Parameter des Katholyths und des Anolyths einer mehrkomponentigen Nährlösung in der Membran-Elektrolysezelle nach Einwirkung eines schwachen Gleichstromes zu erforschen. Außerdem sollten Veränderungen im Wachstumsverhalten der Zellen *Escherichia coli* im Katholyth und im Anolyth bei verschiedenen Bearbeitungsmethoden der Nährlösung festgestellt werden.

■ Material und Methoden

Die Bearbeitung der Lösungen durch schwachen Gleichstrom wurde in einer 3-Kammer-Membran-Elektrolysezelle durchgeführt. Die Kammern der

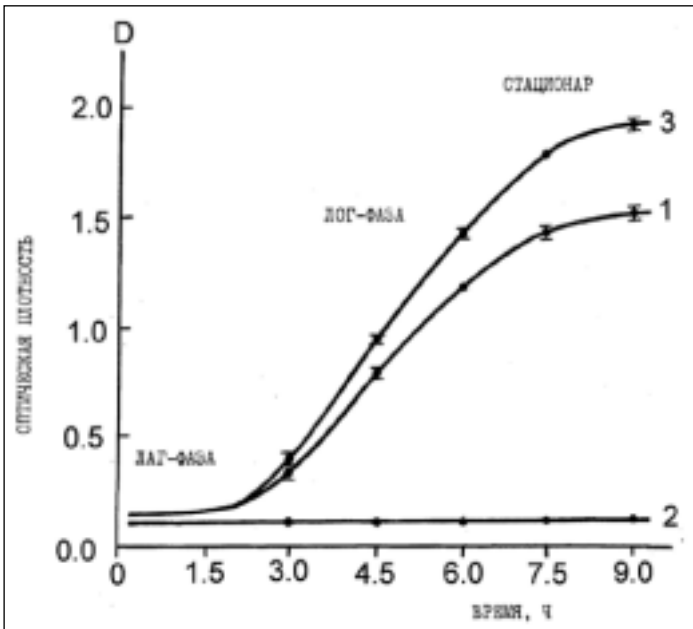
Nach der Einwirkung eines schwachen Gleichstromes auf eine wässrige Lösung in einer Membran-Elektrolysezelle ändern sich die physikalisch-chemischen Parameter (pH-Wert, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit) der Lösung wesentlich, insbesondere in der Nähe der Kathode bzw. Anode. Die separate Gewinnung des Anolyths und des Katholyths sowie die Verwendung dieser Lösungen in der Medizin belegt die biologische Aktivität sowohl des Katholyths, als auch des Anolyths. Auf der Grundlage dieses Prozesses entwickelten Nikolaeva, Kirpicnikov u.a. 1993 ein Verfahren zur Herstellung eines Heilmittels zur Behandlung von eitrigigen Wunden und Verbrennungen. Bei diesem Verfahren kommen einkomponentige NaCl- oder KCl-Lö-

„Externe elektromagnetische Felder greifen in zellbiologische Prozesse ein, egal wie schwach sie sind. Ausschlaggebend für schädliche Nebenwirkungen ist nicht die Intensität der elektromagnetischen Strahlung, sondern ihr zellbiologischer Informationsgehalt.“

Literatur

- Kaminskaja E.V., Vakhtin J.B. Künstliche Selektion zur Erhöhung des Metastasen-Potentials in Zellpopulationen der injizierten Rhabdomyosarcoma RA-23 der Ratte. Bulletin Experimentalnoj Biologii und Mediziny, 1989, Nr.11, S.613-616 (in Russ.)
- Kaminskaja E.V., Jarzeva N.M., Fedorzeva R.F., Vakhtin J.B. Instabilität des Kariotyps bei Nachkommen „echt bösartiger Zellen“ der Rhabdomyosarcoma RA-2 der Ratte. Doklady Akademii Nauk SSSR, 1990, Band 310, Nr.1, S.207-210 (in Russ.)
- Fedorova E.V., Trusova V.D., Vakhtin J.B. Radiosensibilität und Thermoresistenz von Unterstämmen der Rhabdomyosarcoma RA-2 der Ratte. Radiobiologia, 1990, Band 30, S.267-271 (in Russ.)

- Kravzov V.J., Jakovlev A.F., Kaminskaja E.V., Vakhtin J.B. Häufigkeit von Zellen mit Brücken bei der Selektion von Klonen der injizierten Rhabdomyosarcoma RA-2 der Ratte zur Erhöhung und Senkung der Häufigkeit von Zellen mit Mikrokernen. Doklady Akademii Nauk Rossii, 1992, Band 24, Nr.2, S.440-444 (in Russ.)
- Proshin S.N., Kravzov V.J., Jakovlev A.F., Kaminskaja E.V., Vakhtin J.B. Selektion in Zellpopulationen der Rhabdomyosarcoma RA-23 nach dem Merkmal „Häufigkeit der Zellen mit Brücken“. Genetika, 1986, Band 32, Nr.3, S.406-410 (in Russ.)
- Vakhtin J.B. Die genetische Theorie der Zellpopulationen. Leningrad, Nauka, 1980
- Rapoport I.A. Mikrogenetik. Moskau, Nauka, 1965



Die Wachstumskurve einer Zellkultur der Escherichia coli bei $37\pm 0,5^\circ\text{C}$ zeigt die verschiedenen Wachstumsphasen: die Latenz-Phase (lag), die logarithmische (log) und die stationäre Phase. Die Kurven 1 und 3 zeigen die gleichzeitig steigende optische Dichte der vier Proben. Es sind sowohl die Mittelwerte als auch die Standardabweichungen angegeben.

Zugabe der Zellkultur wurden die experimentellen Reagenzgläser und die Kontrollen bei konstant $37\pm 0,5^\circ\text{C}$ vibrationsgelagert. Während des Wachstumsprozesses der Zellen wurden in regelmäßigen Zeitabständen Proben der Suspensionen aus jedem Reagenzglas entnommen, um die optische Dichte fotoelektrisch zu messen. Die Basis-Zellkultur wurde am Vortag in einer M-9-Nährlösung gezüchtet, bei $37\pm 0,5^\circ\text{C}$ und über 9 Stunden. Danach wurde sie in M-9 auf die Menge von 1 Milliarde Zellen pro Milliliter resuspendiert. Diese Basis-Zellkultur wurde sodann in einer Konzentration von 10 Millionen Zellen pro Milliliter sofort nach der Behandlung der experimentellen Lösungen in der Elektrolyseanlage in die experimentellen und Kontroll-Reagenzgläser eingefüllt. Die Menge der Zellen wurde durch Eichung der optischen Dichte der Suspension mittels Zählung der Zellen unter dem Mikroskop bestimmt.

■ Ergebnisse

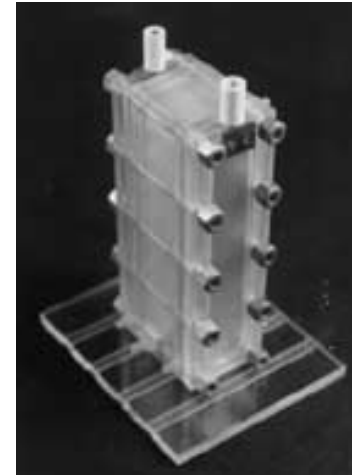
In Übereinstimmung mit den Messergebnissen der optischen Dichte der Suspensionen wurden Zellwachstumskurven gezeichnet, die eine Veränderung der optischen Dichte in Abhängigkeit von der Wachstumsdauer der Zellen dokumentieren. Es stellte sich heraus, dass im Anolyth Zellen nicht wachsen. Im Katholyth hingegen beobachtete man einen stimulierenden Effekt. Nach ei-

ner kurzen Anpassungsperiode wurde das Zellwachstum beschleunigt. Im Mittel war im Katholyth die Wachstumsgeschwindigkeit in der logarithmischen Phase größer als in der Kontroll-Lösung. Der wachstumsstimulierende Effekt wurde in der stationären Phase nach 9-stündigem Zellwachstum bestimmt.

Außerdem wurde die Abhängigkeit des stimulierenden Effektes von der Dauer der Behandlung der Nährlösung untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die Zellmenge im Katholyth im Vergleich zur Kontrolle mit der Dauer der Behandlung wächst – um 3 bis 5 Prozent bei 10-minütiger Behandlung bzw. um 20 bis 30 Prozent bei 50-minütiger Behandlung. Diese Ergebnisse ergaben dreifach wiederholte Experimente, wobei in jedem Experiment die optische Dichte von vier Zellsuspensionsproben gemessen wurde, die gleichzeitig in ein und derselben Variante der Nährlösung wuchsen.

Die physikalisch-chemischen Parameter des Wachstumsmediums hatten in der Kontrolle folgende Werte: $\text{pH}=7,5$; Redoxpotential $\text{ORP}=250\text{ mV}$, spezifische elektrische Leitfähigkeit $\chi=0,968\text{ Sm/m}$. Nach der Behandlung des Wachstumsmediums in der Membran-Elektrolyse zelle änderten diese Parameter ihre Werte, und zwar verschiedenartig im Katholyth und im Anolyth. Im Katholyth wurden die Parameter sofort nach der Behandlung gemessen und nochmals nach etwa 9 Stunden Zellwachstum im behandelten und unbehandelten Medium. Der pH -Wert des Katholyths wächst in Abhängigkeit von der Dauer der Behandlung und erreicht sein Maximum bei etwa 8,2 bis 8,4. Nach 9 Stunden Zellwachstum sank der pH -Wert wieder. In allen Fällen war jedoch der pH -Wert der Kontroll-Lösung etwas geringer (6,5 - 6,9) als im Experiment (7,0 - 7,4). Der Wert des Redoxpotentials des Katholyths sank während der Behandlung in den ersten 10 Minuten auf -650 bis -750 mV und änderte sich im Verlaufe der weiteren Behandlung nicht. Nach

9 Stunden Zellwachstum wuchs jedoch der Wert des Redoxpotentials der Suspension auf +100 bis +150 mV, allerdings sowohl in den experimentellen als auch in den Kontrollproben. Die spezifische elektrische Leitfähigkeit des Wachstumsmediums erhöhte sich relativ zur Kontrolle bis 0,990 Sm/m. Die spezifische



Die 3-Kammer-Membran-Elektrolyse-Zelle (oben) mit einer geöffneten Kammer (unten). Die Zelle ist 17 cm hoch.

elektrische Leitfähigkeit der Suspension änderte sich auch nach 9 Stunden Zellwachstum praktisch nicht, in einigen Fällen erhöhte sie sich auf 1,012 Sm/m. In der Anodenkammer der Elektrolysezelle wurde das Wachstumsmedium genau so behandelt, wie in der Kathodenkammer. Im Anolyth der Nährlösung bei einer Temperatur von $37\pm 0,5^\circ\text{C}$ wuchsen die Zellen der Escherichia coli jedoch nicht, und das völlig unabhängig von der Dauer der Behandlung. Ein Wachstum konnte auch nach 24 Stunden nicht beobachtet werden. Im Medium, das 50 Minu-

ten behandelt wurde, wurde eine geringfügige Verringerung der optischen Dichte der Basis-Suspension beobachtet. Dies könnte die Folge einer partiellen Lysis der Zellen sein. Die physikalisch-chemischen Parameter des Anolyths ändern sich relativ zur Kontrolle, und

„Im Unterschied zu Antibiotika führt aktiviertes Wasser (Anolyth) nicht zur Herausbildung resistenter Bakterienstämme. Das Gesundheitsministerium der Russischen Föderation empfiehlt Anolyth als wirksames und gesundheitlich absolut unbedenkliches Mittel gegen den „Hospitalismus“. Anolyth reinigt infiziertes Trinkwasser und wirkt selektiv gegen Krankheitserreger.“

diese Veränderungen nehmen mit der Behandlungsdauer zu. Bei einer Behandlungsdauer von 50 Minuten hatten die Parameter des Anolyths folgende Werte: pH=6,4; ORP=580 mV, $\chi=0,851$ Sm/m. Nach Morris (1966) und ausgehend von unserer Analyse der optischen Spektren des Anolyths im Bereich des nahen Ultravioletts (210-320 nm) konnte festgestellt werden, dass im Anolyth der Nährlösung hypochlorige Säure HClO entsteht. Bei einer Behandlungsdauer von 50 Minuten erreicht sie eine Konzentration von 0,8 mM. Im Anolyth bilden sich wahrscheinlich auch Hypochlorid-Ionen in geringen Mengen heraus. Allerdings konnten diese mit spektralanalytischen Methoden nicht nachgewiesen werden.

■ Diskussion

Über physikalisch-chemische Ursachen der biologischen Aktivität von Lösungen nach ihrer Behandlung in einer Membran-Elektrolysezelle gibt es widersprüchliche Publikationen. Kirpicnikov, Bachir u.a. (1986) halten strukturell-energetische Veränderungen der Lösungen für eine mögliche Ursache. Im Katholyth machen sich diese Veränderungen durch eine hohe diffuse Beweglichkeit der Wassermoleküle bemerkbar sowie durch veränderte Adsorptions- und Polarisationsfähigkeit der Hydroxylionen. Dagegen ist Kloss (1988) der Meinung, dass als Ursache der Aktivität das sich in der Lösung bildende Wasserstoffperoxid in Frage kommt. Wasserstoffperoxid entsteht in den behandelten Lösungen infolge der Dissoziation der Hydroxylionen mit Bildung von hydratierten Elektronen und einer Kette freier Radikale. Gerlovin (1990) stützt sich auf seine Theorie des einheitlichen fundamentalen physikalischen Feldes und physikalischen Vakuums und behauptet, dass man beliebige Einwirkungen auf Wasser und Lösungen – elektrische, magnetische, elektromagnetische, akustische, oder elektrochemische – als Energetisierung eines virtuellen Elektron-Positron-Paares erklären kann. Shirahata, Kabayama u.a. (1997) sind der Meinung, dass sich bei der Elektrolyse des Wassers im reduzierten Wasser an der Kathode so genannter „aktiver Wasserstoff“ in Form von atomarem Wasserstoff bildet. Dieser „aktive Wasserstoff“ soll eine ideale Falle für aktive Formen des Sauerstoffs sein. Man nimmt an, dass die aktiven Sauerstoff-Formen oder freien Radikale schwere Oxydationsschäden an biologischen Makromolekülen hervorrufen, die zu einer ganzen Reihe von Erkrankungen führen. Aus den Ergebnissen dieser Arbeit kann man den Schluss ziehen, dass die Veränderung der Parameter pH, ORP und χ als physikalisch-chemische Ursache der Aktivität des Katholyths nicht in Frage kommt.

So ist bekannt, dass die Zellen der Escherichia coli zufriedenstellend in Nährlösungen wachsen, deren pH-Wert sich im Bereich von 6 bis 9 bewegt. Eben genau in diesen Grenzen ändert sich der pH-Wert des Katholyths und des Anolyths nach der Behandlung des Wachstumsmediums. Jedoch wachsen die Zellen im Anolyth überhaupt nicht, dagegen wachsen sie im Katholyth besser als im nichtbehandelten Medium.

Der Wert des Redoxpotentials der Suspension war auch nach 9 Stunden Zellwachstum der gleiche (+100 bis +150 mV) sowohl in der Kontrolle als auch im Versuch. Ein erhöhtes Zellwachstum konnte jedoch nur im Versuch festgestellt werden.

Watanabe (1995) zeigte, dass sich bei der Behandlung von Leitungswasser in der Membran-Elektrolysezelle die Konzentration einiger Komponenten um 10-20 Prozent ändert. In unserem Fall ändert sich die Konzentration der Komponenten im Katholyth unwesentlich, was an der unwesentlichen Änderung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit der Lösung vor und nach der Behandlung zu erkennen ist. Wahrscheinlich hängt das mit dem Vorhandensein großer Salzmengen und des Phosphatpuffers in der Basis-Nährlösung zusammen.

Die Ergebnisse unserer Versuchsreihe geben Anlass zu der Vermutung, dass der Mechanismus der biologischen Aktivität des Katholyths in einer Erhöhung des Massetransports von Ionen und Molekülen durch die Membran besteht, der das Zellwachstum und die Zellteilung stimuliert. Die wahrscheinlichste Ursache des fehlenden Zellwachstums im Anolyth sehen wir darin, dass sich in der Lösung Oxydanten bilden. Es konnte nachgewiesen werden (Miroshnikov, 1998), dass die hypochlorige Säure und die Hypochlorid-Ionen die Barriere-Eigenschaften der Zellmembran irreversibel zerstören, was zu ihrem Tod führt, und bei ausreichender Konzentration der Oxydanten – zur partiellen Lysis der Zellen. ■

Literatur

- Nikolajeva G.M., Kirpicnikov P.A., Liakumovic A.G., Mamajev V.E., Latypova A.A., Agadshjan S.I. u.a. „Verfahren zur Herstellung eines Mittels zur Heilung eitriger Wunden und Verbrennungen, Verfahren zur Heilung eitriger Wunden, Verfahren zur Heilung von Verbrennungen“, Avtor-skoje svidetelstvo SSSR 1821212, Bulletin Isobretenij, 1993, Nr. 22, S.17 (in Russ.)
- Watanabe T. Effect of alkalain ionized water on reproduction in gestational and lactational rats. J. Toxicol. Sci. 1995, v.20, Nr. 2, p.135-142
- Miroshnikov A.I. Die Erforschung der Ursachen der biologischen Aktivität anodennaher NaCl-Lösungen nach ihrer Behandlung in der Membran-Elektrolysezelle. Biofizika, 1997, Band 42, Ausg. 4, S.979-984 (in Russ.)
- Methoden zur Genetik der Mikroorganismen. Redaktion: P.Klaus & U.Heiß, Moskau, Medizina, 1970, S.203
- Morris J.C. The acid ionization constant of HOCl from 5 to 35°C. J. of Phys. Chem. 1966, v.70, Nr.12, p. 3798-3805
- Kirpicnikov P.A., Bakhir V.M., Gamer P.U., Dobren'kov G.A., Liakumovic A.G., Fridman B.C., Agadshjan S.I. Über die Natur der elektrochemischen Aktivierung des Wassers. Doklady Akademii Nauk SSSR, 1986, Band 286, Nr.3, S.663-666 (in Russ.)
- Kloss A.I. Die Elektron-Radikal-Dissoziation und der Mechanismus der Aktivierung des Wassers. Doklady Akademii Nauk SSSR, 1988, Band 303, Nr.6, S.1403-1407 (in Russ.)
- Gerlovin I.L. Grundlagen einer einheitlichen Theorie aller Wechselwirkungen in stofflicher Materie. Leningrad, Energoatomisdat, 1990, S.432 (in Russ.)
- Shirahata S., Kabayama S., Nakano M., Miura T., Kusumoto K., Gotoh M., Hayashi H., Otsubo K., Morisawa S., Katakura Y. Elektrolyzed-reduced water scavenges active oxygen species and protects DNA from oxidative damage. Biochem. Biophys. Res. Commun. 1997, v.234, Nr.1, p.269-274
- Miroshnikov A.I. Inhibition des Zellwachstums der E.col. durch Anaolythe des Natrium- und Kaliumchlorids nach einer Behandlung der Lösungen in der Membran-Elektrolysezelle. Biofizika, 1998, Band 43, Ausg.6, S.1032-1036 (in Russ.)