

*Министерство народного образования
Республики Беларусь
Брестский политехнический институт
кафедра физики*

**ОТКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ - ИЗБРАННЫЕ
ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ЭКСПЕРИМЕНТА**

*Das Seminar über ausgewählte offene
Systeme :
Experiment und Modellrechnung*

международный семинар

(20-24 января 1992 года)

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**II
программа семинара**

Брест -1992

ГУБЕРНСКОУПРАВЛЕНИЯ

Деканат и кафедра финансов Брестского политехнического института приглашают Вас принять участие в семинаре "Открытие системы - изобретение вопросы теории и эксперимент", который проводится в рамках партнерских контактов между Фабриксхулсе Райксбурге-Вайлзартена (ФВТ) и Брестским политехническим институтом (Беладусь).

Справки по телефону: 8-0162/ 422127

Адрес института: 224017, г. Брест, ул. Московская 207,
кафедра финансии (4 этаж, главный корпус).

ПРОГРАММА СЕМИНАРА

"Открытые системы - изобразные вопросы теории и эксперимента"

20 января 1992 г., понедельник, п. 401

10.00 - 13.00 - Пленарное заседание. Проблемы миграции радионуклидов.

Председатель - доц. Глядыук А. А.

Секретарь - асс. Зыкова Т. Л.

1. Открытие семинара.

КОРШУН Л. И., ректор Брестского политехнического института, профессор.

2. Процессы трансферта (переноса) радионуклидов цезия в лесных экологических системах. - 30 мин.

ЦИБОЛЬД Г., ректор факультета Равенсбург-Вайнгартен (ФРГ), докт.-р, профессор.

3. Фрактальные механизмы транспорта радионуклидов в биологических системах. - 30 мин.

ЧОПНИЦ Н. И., доцент кафедры физики Брестского политехнического института.

САТИКОЗ И. А., доцент кафедры технической физики Белорусской политехнической академии (г. Минск), к. ф. - м. н.

4. Перколяционный транспорт в открытых системах со статистически беспорядком. - 30 мин.

ТИЮЩЕВ А. Б., доцент кафедры технической физики Белорусской политехнической академии (г. Минск), к. ф. - м. н.

13.00 - 15.00 - Перерыв на обед.

15.00 - 17.00 - Пленарное заседание. Хаос в мелчайших системах. Нелинейные эффекты в полупроводниках.

Председатель - проф. Мороз Э.
Секретарь - асс. Смалъ А. С.

1. Хаотическое поведение нелинейных систем: симуляция компьютером. - 30 мин.
КРАГЛИЕР Р., профессор факультета Равенсбург-Вайнгартен (ФРГ), доктор.
2. Организация стримерных разрядов в вихреобразных полупроводниках. - 30 мин.
ГЛАДЫШУК А. А., зав. кафедрой физики Брестского политехнического института, к. ф.-м. н., доцент.
3. Нелинейные оптические процессы в конечных системах: неорганические нанокристаллы и органические ассоциаты - 30 мин.
4. Основные направления оптических исследований в Институте физики им. Б. И. Степанова Академии Наук Беларуси - 20 мин.
ГЛУШЕНКО С. В., ученый секретарь Института физики Академии наук (АН) Республики Беларусь (РБ), к. ф.-м. н. (г. Минск).

21 января 1992 г., вторник, а 401.

10.00 - 13.00 - Пленарное заседание. Проблемы распознавания образов. Нелинейные эффекты в полупроводниках.

Председатель - доц. Чолпиз Н. И.
Секретарь - асс. Новикова Т. А.

1. Расчет профиля поверхностей объекта с помощью Фурье-преобразования. - 30 мин.
ШЕРЕР В., профессор факультета Равенсбург-Вайнгартен (ФРГ), доктор.
2. Импульсные лазеры в приборах оптоэлектронике (нелинейные эффекты). - 30 мин.
РЫЦЕВ Г. И., старший научный сотрудник Института физики АН РБ (г. Минск), к. ф.-м. н.

3. Автоматизированные устройства для диагностирования открытых технических систем. - 30 мин.

КОСЛОВ В. М., доцент кафедры физики Брестского педагогического института им. А. С. Пушкина, к. ф. - м. н.

13.00 - 15.00 - Перерыв на обед.

15.00 - 17.00 - Стендовые доклады.

1. Астигматизм выходного пучка подупроводникового и жемчужного лазера.

СМАЛЬ А. С., ассистент кафедры физики Брестского политехнического института, аспирант Института физики АН РБ.

2. О радиэкологической обстановке в Столбиском районе Брестской области (Полесье).

КОСТНО В. С., доцент кафедры физики Брестского государственного пединститута им. А. С. Пушкина, к. ф. - м. н.

КОЛЮБОВСКИЙ В. М., студент V курса физико-математического факультета Брестского государственного пединститута им. А. С. Пушкина.

3. Компьютерное моделирование одномерного газа в поле силы тяжести.

ЧОПНИЦ Н. Н., доцент кафедры физики Брестского политехнического института.

АНДРЕЕВ А. В., студент II курса электронно-механического факультета (гр. 3-6).

ГЛАДЫШУК О. А., студент II курса электронно-механического факультета (гр. 3-6).

ХИЛЬКЕВИЧ Д. Н., студент II курса электронно-механического факультета (гр. 3-6).

4. Влияние макротемпературного отжига на форму полосы экситонной люминесценции сульфида кадмия.

РАКОВИЧ В. П., ассистент кафедры физики Брестского политехнического института, аспирант Института физики АН РБ.

5. Пространственно-временная картина взаимодействия вируса с клеточным мовослосем.
ПАРЛОВА Н. И., младший научный сотрудник БЕЛНИИ эпидемиологии (г. Минск).
СУДНИК И. И., старший научный сотрудник БЕЛНИИ эпидемиологии (г. Минск), к. биол. н.
ТИШАЧЕВ А. Б., доцент Белорусской политехнической академии (г. Минск), к. т.-м. н.
6. Опыт применения электропунктурной экспресс-диагностики в районах радиоактивного загрязнения.
ПЕТРОВ В. И., доцент Брестского государственного педагогического института им. А. С. Пушкина, к. биол. н.
7. Влияние деградации на интенсивность стримерного излучения в монокристаллах сульфида кадмия.
РУСАКОВ К. И., ассистент кафедры физики Брестского политехнического института, аспирант Института физики АН РБ.
8. Компьютерный контроль и обучение в физическом практикуме на примере фронтальной лабораторной работы по измерению удельной сопротивляемости проводника.
ПРОКОПЦЯ А. И., ст. преподаватель кафедры физики Брестского политехнического института, к. ф.-м. н.
ШВЕД И. И., студент III курса электро-механического факультета (гр. 34).
9. Стримеры в полупроводниках как возможный пример самоорганизации в открытых термодинамических системах.
ТРИМОВСКИЙ В. П., зав. лабораторией оптики полупроводников Института физики АН РБ, д. ф.-м. н., профессор (г. Минск).
ГУРСКИЙ А. Д., ст. научный сотрудник Института физики АН РБ, к. ф.-м. н. (г. Минск).
10. Кристаллографическая ориентация и люминесцентры объемных стримеров и разрядов в легированных монокристаллах сульфида цинка.
ЛУПЬЯНО В. В., аспирант Института физики АН РБ (г. Минск).

11. Динамика релаксации поля и ге графии неравновесных носителей зарядов на фронте стержневого разряда.
ИЛОК МЕНЯ А. И., ст. преподаватель кафедры физики Брестского политехнического института, к. ф. - м. н.
ЯВОНСКИЙ Г. П., ведущий научный сотрудник Института физики АН РБ, к. ф. - м. н. (г. Минск).

22 января 1992 г., среда

Знакомство с районами, загрязненными радиоактивными выбросами в результате Чернобыльской аварии на территории Полесья в Брестской области.

23 января 1992 г., четверг

10.00 - 13.00 - Посещение музеев и исторических мест г. Бреста.

13.00 - 15.00 - Перерыв на обед.

15.00 - 17.00 - Пленарное заседание. Проблемы организации учебного процесса.

Председатель - доц. В. Я. Хуснутдинова

Секретарь - асс. Л. Н. Яромская

1. Аттракторы в рейтинговой системе управления учебным процессом. - 30 мин.
ЧОПНИЦ П. М., доцент кафедры физики Брестского политехнического института.
2. Возможность взаимодействия - основное условие возникновения явления самоорганизации в учебном процессе с применением рейтинговой системы оценки знаний. - 30 мин.
ГЛАДКОВСКИЙ В. М., доцент кафедры физики Брестского политехнического института, к. ф. - м. н.
МАРКЕВИЧ К. М., старший преподаватель кафедры электроники и электротехники Брестского политехнического института.
ЧЕРНЕВИЧ И. П., старший преподаватель кафедры высшей математики.
3. Дискуссия.

24 января 1992 г., пятница, а. 401

10.00 - 13.00 - Практический доклад "Введение в компьютер
-алгебра-программу МАТЕМАТИКА как инстру-
мент для научного работника".

КРАГЛЕР Р., профессор факультета Равенсбург-Вайнгартен,
доктор (ФРГ).

13.00 - 15.00 - Перерыв на обед.

15.00 - 17.00 - Дипломная работа.

Председатель - доц. А. А. Гладыш

Секретарь - асс. Т. Д. Зыкова

1. Верификация математических моделей миграции радионуклидов.
- 60 мин.

САШИТ С., студентка-дипломница факультета физической
техники факультета Равенсбург-Вайнгартена (ФРГ).

2. Дискуссия.

17.00 - Закрытие семинара.

TRANSFERPROZESSE VON CÄSIUM-RADIONUKLIDEN IN WALD-ÖKOSYSTEMEN

TRANSFER PROCESSES OF CESIUM RADIONUCLIDES IN FOREST ECOSYSTEMS

G. Zibold¹, J. Drissner¹, W. Erb¹, Th. Herrmann², M. Hund¹, G. Lindner¹, H. Schodlock³, Ch. Wilhelm¹, J. Wolf¹

¹Institut für Innovation und Transfer, Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, D-7987 Weingarten; ²Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie, Universität Bayreuth, D-8580 Bayreuth; ³Realschule Bad Wurzach, D-7954 Bad Wurzach

Zusammenfassung

In der Region Oberschwaben im südwestdeutschen Alpenvorland wurde als Folge der Bodenkontamination durch den Fallout aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl bei Rehwild eine überdurchschnittlich hohe Kontamination mit Cäsium-Radionukliden festgestellt, die nur langsam mit einer effektiven Halbwertszeit von 2,8 +/- 0,5 Jahren absinkt. Ein mehrjähriges, nahezu flächendeckendes Überwachungsprogramm ergab ausgeprägte saisonale und regionale Verteilungsmuster mit Kontaminationsmaxima im Herbst und in Moorgebieten. Untersuchungen zum Transfer Boden - Pflanze von Cäsium-Radionukliden in diesen Waldgebieten zeigten eine leichtere Freisetzbarkeit in Moorböden und eine Reduktion des Transfers auf Waldflächen, auf denen bereits vor der Kontamination durch den Tschernobyl-Fallout Kalk-Mischdünger bzw. Kaliummagnesium-Dünger ausgebracht worden war.

Summary

In the prealpine region of Oberschwaben in south-west Germany in roedeer a comparatively high contamination with Cesium radionuclides was observed as a consequence of soil contamination from the Chernobyl fallout, which decreases only slowly with an effective half-time of 2,8 +/- 0,5 y. From an almost complete surveillance of roedeer contamination over several years distinct seasonal and regional pattern were obtained, which exhibit maxima in autumn and in swamps, respectively. Investigations of the transfer soil - plant of Cesium radionuclides showed a higher mobilization in swampy soils and a reduction of transfer in forest areas, which had been treated with fertilizers including lime- and potassium-magnesium-mixtures prior to the Chernobyl accident.

1. Einführung

Das Transferverhalten von oberflächlich deponierten Cäsium-Radionukliden aus dem Boden in Pflanzen und Tiere weist regionale Unterschiede auf, die vom Typ und von der Nutzung der Böden abhängen /1/. Bei Waldböden treten besonders hohe Transferfaktoren (definiert als Verhältnis zwischen der massenspezifischen Aktivität von Pflanzen bzw. Tieren in Bq/kg und der flächenspezifischen Aktivität des Bodens in Bq/m²) auf /2/. In der Region Oberschwaben im eiszeitlich gebildeten südwestdeutschen Alpenvorland, die in Mitteleuropa zu den am stärksten von Tschernobyl-Fallout kontaminierten Regionen gehört, hatte dies bei Rehwild, das seine Nahrung überwiegend in Wäldern aufnimmt, eine im Vergleich zu anderen Tierarten überdurchschnittlich hohe und lang anhaltende Radiocäsium-Kontamination zur Folge /3, 4/.

2. Saisonale und regionale Struktur der Kontamination von Rehwild

In Zusammenarbeit mit den staatlichen Forstämtern wurden seit 1987 die spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und Cs-134 bei nahezu allen in dieser Region erlegten Rehen

bestimmt (insgesamt ca. 800 Proben pro Jahr). Der zeitliche Verlauf der Kontamination zeigt eine ausgeprägte saisonale Struktur (Abb. 1). Die Kurve der gleitenden Mittelwerte der spezifischen Cs-137 Aktivität über einen Zeitraum von zwei Wochen besitzt regelmäßig im Herbst (September bzw. Oktober) auftretende, scharf begrenzte Maxima. Diese Kontaminationsmaxima fallen zeitlich zusammen mit dem Massenaufkommen von Maronenhörhlingen in den Wäldern, die eine besonders hohe spezifische Cäsium-Aktivität besitzen /3/. Wie aus Untersuchungen zum Äsungsverhalten der Rehe bekannt ist, sind Pilze im Herbst Bestandteil ihrer Nahrung /5/. Deshalb wird die Äsung von Pilzen, insbesondere von Maronenhörhlingen, als Hauptursache für die herbstlichen Kontaminationsmaxima angesehen. Die zeitliche Lage und Form der Maxima spiegelt dann den Zeitraum und das Ausmaß des Pilzaufkommens wieder. Diese Vermutung wird durch das Herbstmaximum des Jahres 1990 unterstützt, das im Vergleich zu den Vorjahren etwa einen Monat verspätet einsetzt und scharf auf einen Zeitraum von 4 Wochen begrenzt ist. In diesem Jahr wurde wegen des trockenen Sommers auch das Aufkommen von Maronenhörhlingen erst ungewöhnlich spät beobachtet (Ende September) und durch Nachtfroste bereits Ende Oktober abrupt beendet. Zwischen den herbstlichen Maxima bleibt die Rehwild-Kontamination auf einem relativ hohen Niveau fortbestehen; der langsame Rückgang der Kontamination der Gesamtpopulation kann mit einer effektiven ökologischen Halbwertszeit von $2,8 \pm 0,5$ Jahren charakterisiert werden. Die effektiven Halbwertszeiten für den Kontaminationsrückgang in den wichtigsten Äsungspflanzen (Brombeere, Heidelbeere) und in Maronenhörhlingen liegen in der gleichen Größenordnung wie beim Rehwild und stimmen untereinander weitgehend überein /6, 7/. Dieser in Waldgebieten im Gegensatz zu landwirtschaftlichen Nutzflächen nur langsam abklingende Transfer aus dem Boden in Pflanzen deutet darauf hin, daß die Cäsium-Radionuklide in Waldböden über längere Zeiträume hinweg in einer pflanzenverfügbaren Form vorliegen.

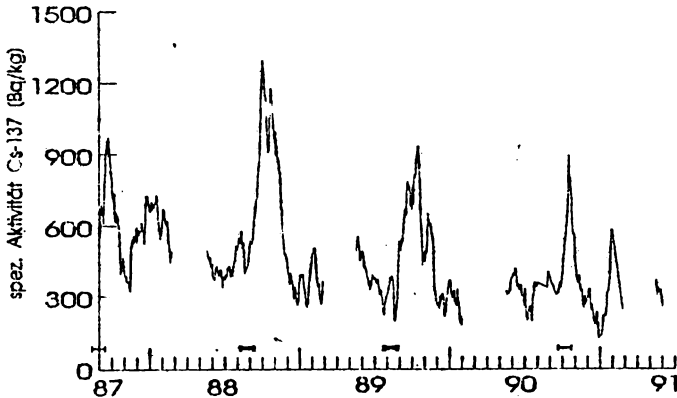


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der spezifischen Cs-137 Aktivität in Muskelfleisch von Rehwild aus der Region Oberschwaben. Aufgetragen ist der gleitende arithmetische Mittelwert über 15 Tage. Die Wachstumsperiode von Maronenhörhlingen ist markiert.

Die regionale Verteilung der Rehwild-Kontamination weist eine stärkere Schwankungsbreite auf als die entsprechende Boden-Kontamination /4/. Das Verteilungsmuster bleibt aber über mehrere Jahre hinweg erhalten (Abb. 2). Die Transferfaktoren Boden-Brombeere korrelieren gut mit den Transferfaktoren Boden - Reh /6/. Unter der Annahme, daß keine relevante

Artenverschiebung im Spektrum der Äsungspflanzen vorliegt, kann die Kontamination von Rehwild als Indikator für kleinräumig variierende Transferfaktoren Boden - Pflanzen angesehen werden. Dabei wurden in Waldgebieten mit vergleichsweise hohen pH-Werten des Bodens die niedrigsten (Bereich B in Abb. 2), in Moorgebieten mit mächtiger Humusauf-lage (Bereich A in Abb. 2) die höchsten Transferfaktoren Boden - Rehwild gemessen [4].

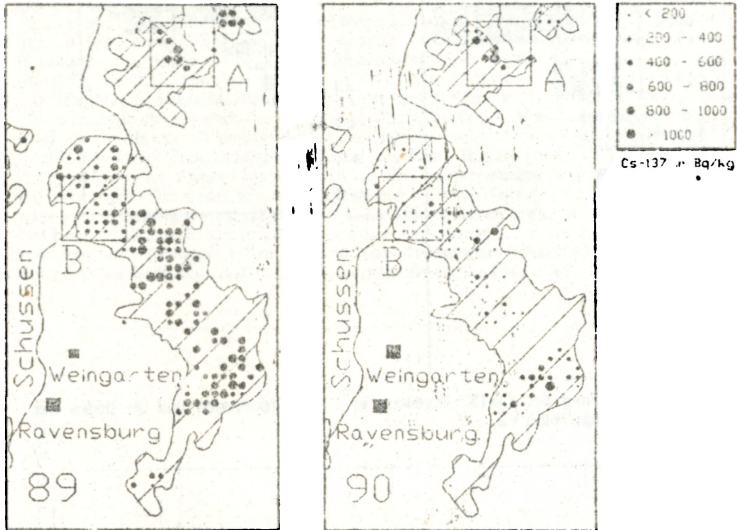


Abb. 2: Regionale Verteilung der spezifischen Cs-137 Aktivität in Rehwild in Oberschwaben in den Jahren 1989 und 1990. Die schraffierten Flächen kennzeichnen Waldgebiete. Jeder Punkt repräsentiert den Mittelwert der Meßwerte einer Rasterfläche von $0,5 \times 0,5 \text{ km}^2$.

3 Transfer Boden - Pflanze in Wald- und Moorgebieten

Mit selektiven Extraktionsversuchen konnten Unterschiede in der Freisetzbarkeit von Cäsium-Radionukliden zwischen Wald- und Moorböden festgestellt werden: Bei einer Moorboden-Probe ergab sich ein signifikant höherer Anteil von Cäsium-Radionukliden, die sich durch H_2O_2 -Aufschluß in Lösung überführen lassen bzw. durch Ammonium-Ionen austauschen lassen, als bei einer Bodenprobe aus einem Fichtenhochwald (zur Vermeidung einer Readsorption von gelösten Cäsium-Radionukliden wurden bei diesen Experimenten stabile Cäsium-Ionen in Form einer CsCl -Lösung im Überschuß zugegeben) [7]. Der leichteren Freisetzbarkeit in Moorböden entspricht auch eine tieferreichende vertikale Verteilung als in Waldböden (Abb. 3). Während in Waldböden nicht mehr als 5 - 10 % des Cs-137 Inventars in größeren Tiefen als 10 cm gefunden wurden, sind in Moorböden bis zu 22 % des Cs-137 in Tiefen von mehr als 12 cm vorgedrungen [7]. Bei den Transferfaktoren Boden - Pflanze ergaben sich ff. Proben aus dem Brunnenholzried (Bereich A in Abb. 2) und aus dem benachbarten Hochwald bei Farnen höheren Werte $T_{\text{B-P}}$ den Moorböden, während bei Heidelbeeren und Fichtentrieben keine signifikanten Unterschiede im Transfer zwischen dem Moor- und dem Waldgebiet festgestellt werden konnten (Abb. 4). Auf Moorböden sind allerdings Pflanzen mit vergleichsweise hohem Radiocäsium-Transferfaktor häufiger anzutreffen als auf Waldböden (z.B. Heidekraut), so daß ein zu

Pflanzen mit höherem Transferfaktor hin verschobenes Äsungsspektrum als eine wichtige Ursache für den erhöhten Transferfaktor Boden - Reh in Moorgärten angesehen wird.

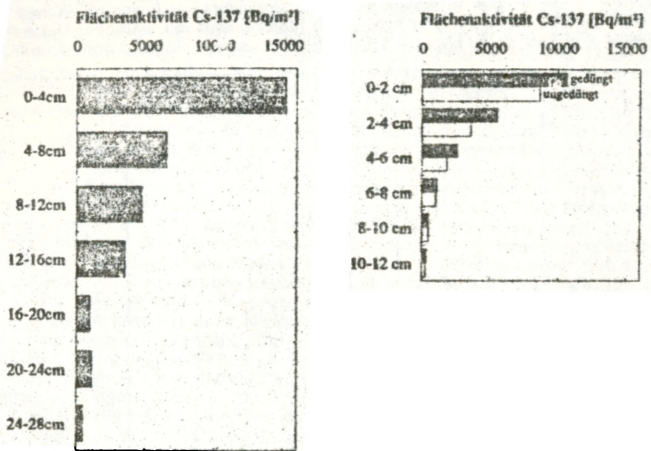


Abb. 3: Tiefenverteilung des Cs-137 Inventars in einem Moorboden und im Boden der Walddüngungsfläche V2.

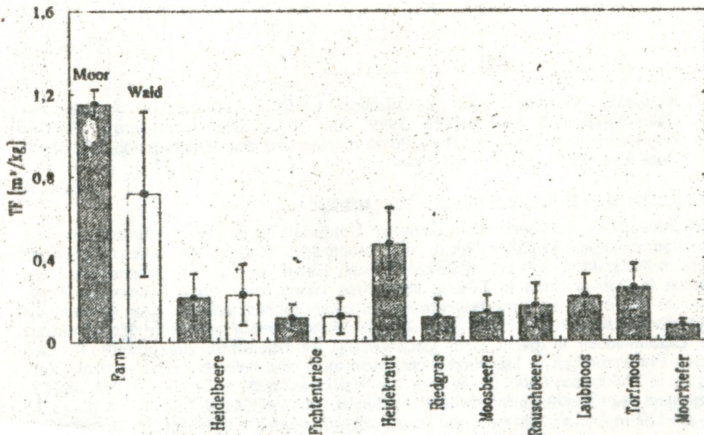


Abb. 4: Cs-137 Transferfaktoren (bezogen auf TS) von verschiedenen Pflanzen auf Moor- und angrenzendem Waldsrandort.

4. Transfer Boden - Pflanze auf Waldklingelflächen

Von Untersuchungen an landwirtschaftlich genutzten Böden ist bekannt, daß durch Düngemaßnahmen der Transfer von Cäsium-Radionukliden in Pflanzen beeinflusst werden kann /8/. Entsprechende Untersuchungen wurden an zwei Waldflächen in Oberschwaben durchgeführt, die bereits im Jahre 1985, also vor der Kontamination durch den Tschernobyl-Fallout, mit verschiedenen Düngergaben behandelt worden waren. Beide Waldflächen (4 ha bzw. 9 ha) befinden sich in einer Höhenlage von ca. 670 m mit 70jähriger Fichten-Bestockung. Auf ihnen wurde eine Düngermischung bestehend aus 83% CaCO_3 , 8% MgO , 6% K_2O , 3% P_2O_5 mit einer Dosierung von 2,5 t/ha (V1) bzw. Kalimagnesia-Dünger mit 1,0 t/ha (V2) ausgebracht. Beide Flächen grenzen an vergleichbare ungedüngte Kontrollflächen mit gleicher Bestockung. Bei beiden Flächenpaaren wurden in den Jahren 1989 und 1990 an jeweils ca. 30 Beprobungspunkten Boden- und Pflanzenproben entnommen und hierfür jeweils der Transferfaktor bestimmt. Aus diesen Einzelwerten wurde für jede Fläche der Mittelwert mit Varianz bestimmt und auf den entsprechenden Mittelwert τ der Kontrollfläche bezogen. Die derart berechneten normierten Transferfaktoren sind in Abb. 5 für verschiedene Pflanzenarten dargestellt. Für beide Düngeflächen ergibt sich im Vergleich mit den Kontrollflächen für alle erfaßten Arten eine signifikante Reduktion der Transferfaktoren (ermittelt mit einseitigem t-Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 1%). Für die Fläche V1 ist diese Reduktion stärker ausgeprägt als für die Fläche V2.

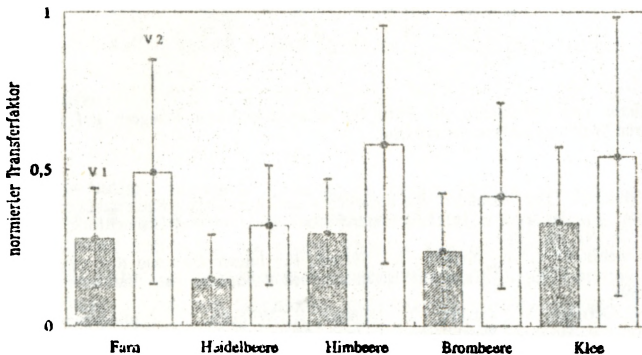


Abb. 5: Auf Kontrollflächen normierte Cs-137 Transferfaktoren für verschiedene Pflanzenarten von Walddüngungsversuchsflächen V1 und V2.

Im Gegensatz dazu wurde an einer weiteren, allerdings kleineren Walddüngungsfläche, auf der ebenfalls vor der Kontamination durch den Tschernobyl-Fallout parzellenweise verschiedene Dünger ausgebracht worden waren, bei Farnen ein niedrigerer Transferfaktor bei Kalimagnesia-Düngung im Vergleich zur Kalkung ermittelt (Abb. 6). Insbesondere im Hinblick auf die Wirkung der Kalkausbringung ist es daher erforderlich, die bodenchemischen Mechanismen aufzuklären, die die beobachteten Veränderungen im Transfer der Cäsium-Radionuklide bewirken.

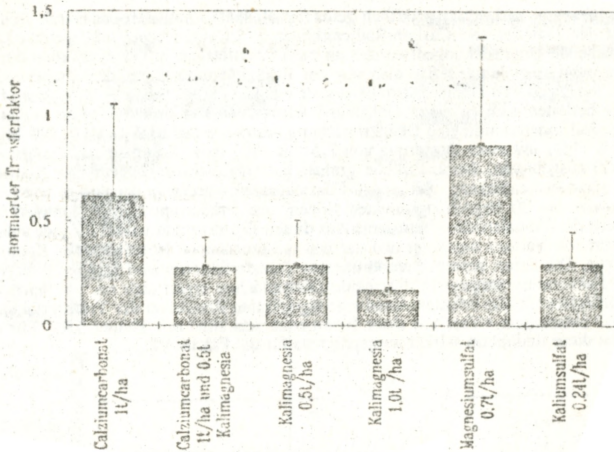


Abb. 6: Normierte Transferfaktoren für Farn bei unterschiedlichen Düngern auf einer weiteren Walddüngungsversuchsfläche.

5. Literatur

- 1/ Litz, N., Tietz, B.: Das Verhalten von natürlichen und künstlichen Radionukliden im Boden, Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsentwicklung und Umweltforschung der TU Berlin, Nr. 46 (1987).
- 2/ Bunzl, K., Schimmack, W., Kreuzer, K., Schierl, R.: Interception and Retention of Chernobyl-derived ^{134}Cs , ^{137}Cs and ^{106}Ru in a spruce stand, Sci. Tot. Environm. 78, 77-87 (1989).
- 3/ Zibold, G., Geissler, A., Kissling, S., Niebuhr, J., Wilhelm, C.: Radiocesium in roedeer from the South of West-Germany, Proc. XVth Regional Congress of IRPA "The Radioecology of Natural and Artificial Radionuclides" (W. Feldt, ed.), Verlag TÜV Rheinland, Köln, pp.268-273 (1989).
- 4/ Lindner, G., Erb, W., Hain, K., Wilhelm, C., Zibold, G.: Control and management of natural ecosystems contaminated by cesium radionuclides from the Chernobyl fallout, Proc. Int. Conf. "European Trade and Technology", Sunderland (GB), pp. 265-273 (1990).
- 5/ Kerlen, G., Johanson, K.J., Bergström, R.: Seasonal variation in concentration and daily intake of Cs-137 in Swedish roedeer, J. Environm. Radioact. (in press).
- 6/ Erb, W.: Untersuchung der regionalen Variation der Transferfaktoren für Radiocesium in den Wäldern Oberschwabens, Diplomarbeit, Fachhochschule Ravensburg-Weingarten (1990).
- 7/ Hund, M.: Radiocesium in Waldökosystemen Oberschwabens: Transportmechanismen, Diplomarbeit, Fachhochschule Ravensburg-Weingarten (1991).
- 8/ Rosen, K.: Effects of potassium on the Cesium transfer to the crops after Chernobyl, Proc. XVth Regional Congress of IRPA "The Radioecology of Natural and Artificial Radionuclides" (W. Feldt, ed.), Verlag TÜV Rheinland, Köln, pp. 232-237 (1989).

Diese Untersuchungen wurden gefördert vom Minister für Umwelt des Landes Baden-Württemberg.

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА (ТРАНСФЕРА) РАДИОНУКЛИДОВ
ЦЕЗИЯ В ЛЕСНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Г. ЦИВОЛЬД 1), Д. ДРИССНЕР 1), В. ЭРБ 1), Т. ГЕРМАНИ 2), М. ХИЦД 1),

Г. ЛЯДНЕР 1), У. ШОДЛОК 3), Х. ВЕЛЬТЕЛМ 1), Д. БОЛЬФ 1).

1) Институт инноваций и трансфера, Фаххошле Равенсбурга-
Вайнгартена, D-7987 Вайнгартен.

2) Кафедра почвоведения и географии, Университет в Байройте,
D-8580 Байройт.

3) Реальная школа в Бад Вурцахе, D-7954 Бад Вурцах.

Резюме

В регионе Верхней Швабии в юго-западном немецком предгорье Альп были установлены загрязнения радионуклидами цезия в мясе диких коз выше среднего уровня как следствие загрязнения почвы через радиоактивные осадки из взорвавшегося реактора в Чернобыле, которое медленно понижается с эффективным периодом полураспада $2,8 \pm 0,5$ лет. Многолетняя, почти представляющая собой сплошной мониторинг, программа наблюдений дала ярко выраженное сезонное и региональное распределение максимума загрязнения на осень и в заболоченной местности. Исследования переноса (трансфера) радионуклидов цезия почва-растение в этих лесных массивах (областях) показали сравнительную сохраняемость радионуклидов в почвах болот и уменьшение переноса радионуклидов на лесных площадях, на которых до чернобыльских уровней загрязнения имело место загрязнение радионуклидами вследствие применения известковых и калийно-магниевого удобрений.

ФРАКТАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ТРАНСПОРТА
РАДИОНУКЛИДОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

ЧОПЬЦ Н.И.

Брестский политехнический институт

САТИКОВ И.А.

Белорусская политехническая академия

Феноменологический подход к изучению транспорта радионуклидов в биологических системах предполагает построение математических моделей транспорта и их последующую верификацию с определением феноменологических констант. В моделях, основанных на дифференциальных уравнениях I-го порядка, обычно предполагается, что скорость вывода из организма радионуклида в приближении малых его концентраций, пропорциональна массе радионуклида в организме. Возможным физическим обоснованием этого может служить анализ процессов транспорта в духе традиционных перколяционных представлений, согласно которым локальная скорость транспорта в элементарном кластере пропорциональна локальной массовой концентрации радионуклида, а число элементарных кластеров $\sim L^3$, где L - характерный линейный размер объекта. Поскольку локальная массовая концентрация $\sim L^{-3}$, предположение оказывается обоснованным. Ряд соображений, однако, указывает на возможную фрактальную размерность системы транспорта, проявляющаяся, в частности, в том, что число элементарных кластеров $\sim L^{3+\delta}$, где $\delta \neq 0$. Простейшей моделью, описывающей зависимость удельной активности мышечной ткани от времени, является модель, основанная на предположении, что при $t < t_0$ организм получает пищу с удельной активностью A_0 , при $t \in (t_0, t_0+T)$ часть получаемой пищи имеет другую удельную активность A_0^* , а при $t > t_0+T$ вся получаемая пища опять имеет удельную активность A_0 . Считая промежуток $t < t_0$ много большим характерного времени транспорта радионуклида, имеем следующие уравнения для определения зависимости удельной активности ткани от времени в предположении постоянства массы особи:

При $t \in (t_0, t_0+T)$:

$$\frac{dA}{dt} = -\frac{\alpha m^\varepsilon}{A_1^\varepsilon} (A^{1+\varepsilon} - A_p^{1+\varepsilon}) + \frac{\alpha m^\varepsilon m_0^* A_p^{1+\varepsilon}}{m_0 A_0 A_1^\varepsilon} \left(A_0^\varepsilon - \frac{C_0^*}{C_0} A_0 \right) \quad (1)$$

При $t > t_0 + T$:

$$\frac{dA}{dt} = -\frac{\alpha m^\varepsilon}{A_1^\varepsilon} (A^{1+\varepsilon} - A_p^{1+\varepsilon}) \quad (2)$$

где A_p - равновесная удельная активность мышечной ткани при $t < t_0$, α - феноменологическая константа вывода радионуклидов из организма, m_0 - масса пищи с удельной активностью A_0 , m_0^* - потребляемая в единицу времени при $t < t_0$, m_0^* - масса пищи с удельной активностью A_0^* , потребляемая в единицу времени при $t \in (t_0, t_0 + T)$, A_1 - удельная активность радионуклида, C_0, C_0^* - удельные энергетические эквиваленты указанных видов пищи, $\varepsilon = 0/3$. Верификация вышеизложенной модели как на основе экспериментальных зависимостей $A(t)$ для отдельной особи, так и на основе анализа временных сечений динамических рядов, описывающих эволюцию ансамбля особей в предположении, аналогичному известному условию эргодичности, проводимая на основе вариационных принципов, достаточно сложна вследствие нелинейности уравнений. Возможен, однако, упрощенный вариант верификации на основе стандартных методик сглаживания экспериментальных данных, в котором используется линейная по ε ($\varepsilon \in [0, 1]$) аппроксимация решений уравнений (1) и (2). Аналогичные предположения о фрактальном механизме вывода радионуклидов из организма могут быть использованы при построении моделей, основанных на дифференциальных уравнениях второго порядка (моделей второго порядка). В этих моделях используется представление о двухступенчатом механизме транспорта: сначала радионуклиды поступают в желудочно-кишечный тракт (ступень I), а затем из него в мышечную ткань (ступень II). Соответствующие системы уравнений первого порядка, редуцируемые к уравнениям второго порядка, в предположении фрактальности механизма обмена радионуклидами лишь

между ступенями I и 2 имеют для тех же временных интервалов вид

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dm_{I\bar{I}}}{dt} = \beta \left(\frac{m_0^* A_0}{A_I} + \frac{m_0^* A_0^*}{A_{I'}} \right) - m_{I2} \\ \frac{dm_{I\bar{I}}}{dt} = -\alpha m_{I\bar{I}} + m_{I2}; m_{I2} = \gamma_1 m_{I\bar{I}} - \gamma_2 m_{I\bar{I}} \end{array} \right. \quad \text{при } t \in (t_0, t_0 + T)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dm_{I\bar{I}}}{dt} = \beta \frac{m_0^* A_0}{A_I} - m_{I2} \\ \frac{dm_{I\bar{I}}}{dt} = -\alpha m_{I\bar{I}} + m_{I2}; m_{I2} = \gamma_1 m_{I\bar{I}} - \gamma_2 m_{I\bar{I}} \end{array} \right. \quad \text{при } t > t_0 + T$$

где, как и ранее, масса особи предполагается постоянной, $m_{I\bar{I}}$, $m_{I\bar{I}}$ — массы радионуклида в ступенях, $\alpha, \beta, \gamma_1, \gamma_2$ — феноменологические константы, определяемые в процессах верификации. Все сказанное выше относительно верификации моделей первого порядка справедливо *mutatis mutandis* и для моделей второго порядка. Заметим также, что модели допускают обобщение на случай переменной массы особи, а в случае моделей второго порядка и на фрактальную размерность внешних трактов обмена организма с окружающей средой.

ZUSAMMENFASSUNG

MAN BETRACHTET DIE MODELLE DES RADIONUKLIDTRANSPORTS, IN WELCHEN DIE FRAKTALDIMENSION DES TRANSPORTSYSTEMS VORAUSGESETZT WIRD. MAN BESPIECHT DIE AN DEN DIFFERENTIALGLEICHUNGEN DER 1 UND 2 ORDNUNG BLURUNDET WIRD.

ПЕРКОЛЯЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ В ОТКРЫТОЙ СИСТЕМЕ
СО СТАТИЧЕСКИМ БЕСПОРЯДКОМ

А. В. Тимофеев (Минск, БГПА)

Рассмотрена модель полуограниченной неупорядоченной открытой системы, в которой процесс релаксации нелинейного распределения частиц определяется их прыжковой миграцией по случайно расположенным центрам, причем темпы миграции $p(i, j)$ распределены в экспоненциально широком интервале значений. Предполагается, что выход частиц из системы осуществляется с поверхностных центров десорбции благодаря процессам, инициированным поступлением энергии извне. Центры десорбции характеризуются различными модельными распределениями энергий связи $E(i)$ с плотностью вероятности $R[E(i)]$.

Для характеристики скорости выхода частиц $I(t)$ используется конструкция кластеров из связей между центрами локализации с зависимым от времени условием связности. Центры i и j считаются связанными, если $p(i, j) > p(t)$. Зависимость $p(t)$ определяется из соотношения $t = b(p)$, где $b(p)$ - время установления квазиравновесного распределения частиц в кластерах с $p(i, j) > p(t)$.

При малой концентрации частиц и их квазиодномерном приповерхностном распределении в системе

$$I(t) = - (M/N) * \left[\frac{d}{dt} \sum_s s * n[s, p(t)] * Q[s, p(t)] \right], \quad (1)$$

где M - общее число частиц, N - общее число центров, $n[s, p(t)]$ - вероятность образования кластера из s центров при данном $p(t)$, $Q[s, p(t)]$ - вероятность выживания частиц в таком кластере к моменту времени t .

С использованием для функции $n[s, p(t)]$ сферического представления теории протекания, а также конкретного вида вероятности $Q[s, p(t)]$, в работе сформулированы условия, при которых в достаточно широком временном интервале зависимость логарифма величин $I(t)$ имеет вид

$$\ln I(t) \sim (-y) * \ln t, \quad (2)$$

где показатель y оказывается порядки единицы, что типично для кинетики процессов в неупорядоченных системах со статическим беспорядком.

При распределении частиц, отличным от нуля на некоторой глубине от поверхности системы, кластеры, пронизывающие неупорядоченный слой толщиной L и площадью поперечного сечения S , обеспечивают ненулевое значение скорости выхода $I(t)$, определяемой соотношением

$$I(t) = \int_S J(t) * dS, \quad (3)$$

где ϕ - функция $J(t)$ обозначает нормальную к поверхности компоненту плотности потока частиц на выходе из слоя.

В некотором интервале времен, когда средний размер типичных (изотропных) кластеров $\{l(s)\} \ll L$, конечное значение величины $I(t)$ набирается на резко анизотропных кластерах с аномально большим числом центров, несмотря на то, что вероятность обрыва для таких кластеров экспоненциально мала. Последнее приводит к экспоненциальной малости скорости выхода $I(t)$ как функции толщины слоя L и, вместе с этим, к существованию широкого интервала значений площади S , $L^2 \ll S \ll S_0$, для проявления мезоскопических флуктуаций величины $I(t)$ за счет смены реализаций случайной конфигурации путей выхода частиц из системы.

С использованием явного вида функции распределения связанных кластеров по числу центров, а также по их пространственным размерам, в работе проведены оценки и сформулированы условия реализации указанных мезоскопических эффектов.

PERCOLATIVE TRANSPORT IN OPEN SYSTEM WITH STATIC DISORDER

Timofeev A.B.

Minsk, Byelorussian State Polytechnic Academy

A percolative approach to the desorption problem of particles from disordered open system is developed. The desorption rate $I(t)$ is evaluated using the time-dependent cluster construction based on the large scatter of transition probabilities in the system considered. For near-surface distribution of particles the function $I(t)$ is shown to follow the power law dependence, $\ln I(t) \sim (-\gamma) \ln t$, where $\gamma \sim 1$ in the time interval of interest. For the particles separated from the surface by the disordered layer of thickness L the mesoscopic fluctuations in the value $I(t)$ is expected to exist when the mean cluster size $\{l(s)\} \ll L$ and a surface area of the system $S \gg L^2$.

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРИМЕРНЫХ РАЗРЯДОВ В ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ

А. А. ГЛАДЫЦКИЙ

Брестский политехнический институт

Обнаружение неполного электрического пробоя в сульфиде кадмия (Nicolli P.N., 1973) положило начало качественно новому этапу в изучении этого явления в полупроводниках, названного стримерными разрядами по аналогии с газами и диэлектриками.

Существенным оказалось то, что неполный пробой в монокристаллах сульфида кадмия, как и в других соединениях этой группы кристаллов, не оставляет в образце видимых следов разрушения, многократно воспроизводится и может быть использован как новый способ накачки для лазеров.

В отличие от традиционных способов возбуждения кристаллов стримерное свечение полупроводников, как фундаментальное физическое явление, стало новым способом получения информации о сложных процессах, происходящих в объеме кристаллов при высоких уровнях возбуждения, так как стримерные разряды распространяются во всем объеме кристалла.

Стримерные разряды возбуждены и исследовались в следующих полупроводниках: CdS , CdS_xSe_{1-x} , $CdSe$, $ZnSe$, $GaAs$, ZnS , $ZnTe$, $CdTe$, ZnO и других соединениях. Наиболее полно изучены стримерные разряды в CdS .

Особый интерес представляет собой кристаллографическая ориентация стримерных разрядов в кристаллах A_2B_3 , которая наиболее полно изучена в сульфиде кадмия. Заметим, что направления распространения стримерных разрядов в монокристаллах не являются кристаллографическими, а они состоят из фиксированных углов при данной температуре с осью C , при этом в сульфиде кадмия эти углы для разных типов стримеров в определенном температурном интервале плавно изменяются.

Неоднозначно влияние на стримерные разряды внешних факторов: температуры, подсветки, полярности возбуждающего импульса. Это дало возможность провести классификацию стримерных разрядов по типам.

GESETZMÄßIGKEITEN DER STRAEMERENTLADUNGEN
IN DIE HALBLEITERN A B

GLADYSCHTSCHUK A. A., POLYTECHNISCHEN INSTITUT BREST
(BELARUß)

Die Straemerentladungen haben in die folgenden Halbleitern Cu₂S, CdS, Se_xTe_{1-x}, CdSe, ZnSe, GaAs, ZnS, ZnTe, CdTe, ZnO und andere erforscht. Zum ersten mal hat über die Beobachtung in CdS im 1978 Jahre amerikanischer Forscher F. Nikoll mitgeteilt.

Die Straemerentladungen in die Halbleitern rufen sich mit der Hilfe des Impuls des starken unscharfhomogen Elektrizitätsfeldes hervor. Die Terminologie Straemerentladungen, Straemergeneration, Straemerlaser und andere hat der Analogie der Straemerentladungen im Gas bekommen. Hier ist der tiefe physikalische Analogie abwesend.

Die Straemerentladungen in den Halbleitern sind die dünnen wie der räden geradlinigen leuchtenden hellen Strecken vorstellen. Die Entladungen verbreiten sich mit großer Geschwindigkeit etwa von $1,2 \cdot 10$ bis $5 \cdot 10$ cm/s (das ist nah zu der Packetgeschwindigkeit des Lichtes) und in den Kanäle der Straemerentladungen entstehen der Lichtgeneration.

Die Bedingunde.. für der Entstehung der Straemerentladungen: der spezifisches Elektrizitätswiderstand von Kristalle $\rho > \rho_{min}$; die Anwachsgeschwindigkeit des Frontimpulses der Amplitudespannung muß $dU/dt \sim 10^{10}$ V/s werden; der Halbleiter muß das hohe quante Hinausgehen der Lumineszenz haben. Diese Bedingung erfüllt sich im der Regel für die Halbleitern mit gerade den Band - Band - Übergangen.

Die einigen Eigenschaften der Straemerentladungen in die Halbleitern verbreiten sich ohne sichtbar der Zerstörungen im Volumen von Kristalls. Man anmerken: die Straemerentladungen verbreiten sich im Volumen des Halbleiters und auch in den oberflächlichen Schichten. Die Straemerentladungen aufdecken durch der grelle Licht des Kanales. Diese Kanäle haben die Orientierung.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В
КОНЕЧНЫХ СИСТЕМАХ: НЕОРГАНИЧЕСКИЕ
НАНОКРИСТАЛЛИТЫ И ОРГАНИЧЕСКИЕ
АССОЦИАТЫ

С.В.Гапоненко

Институт физики им. Б.И.Степанова Академии наук Беларуси

Системы, состоящие менее, чем из 10^4 атомов, дают возможность изучить эволюцию различных физических свойств от объемного к кластерному поведению. Целью настоящей работы является анализ нелинейно-оптических проявлений зависимости свойств таких систем от их размера.

Полупроводниковые нанокристаллиты, выраженные в стекляной матрице, позволяют исследовать плавный переход от кластера к кристаллу. Для этих структур характерны значительное экситон-экситонное взаимодействие, образование биекситонов, нарушение закона сохранения квазиимпульса и сильное электрон-фононное взаимодействие.

Органические соединения в пористых матрицах представляются удобными для изучения начальной стадии "от молекулы - к кристаллу". Локализация в одной поре более одной молекулы приводит к образованию ассоциатов. Оптическими проявлениями ассоциации молекул являются появление новых п. лос поглощения и испускания, неэкспоненциальное затухание и деполаризация флуоресценции. В нелинейно-оптических экспериментах наблюдаются неоднородное просветление при селективном лазерном возбуждении и нестационарное просветление из-за увеличения времени жизни агрегированных молекул.

NONLINEAR OPTICAL PROCESSES IN FINITE SYSTEMS:
INORGANIC NANOCRYSTALLITES AND ORGANIC
AGGREGATES

S.V. Gaponenko

B.I. Stepanov Institute of Physics, Academy of Sciences
of Belarus, Minsk 220072 USSR

Finite systems containing less than 10^4 atoms give an opportunity to investigate the evolution from bulk-like to cluster-like behavior of all physical properties. The present work is aimed at the nonlinear-optical manifestation of the size-dependent properties.

Semiconductor nanocrystallites grown in glass matrix and organic dyes imbedded in porous glasses are used as model objects. The first case which corresponds to the smooth transition from cluster to crystal is characterized by pronounced exciton-exciton interaction, biexciton formation, k-selection rule relaxing and strong electron-phonon interaction. These processes give rise to light-induced blue shift of excitonic absorption band, spectral hole-burning and drastic changes in excitation spectra. All of them are size-dependent if the crystallite radius is less than 50 \AA .

Organic dyes imbedded in porous matrix seem to be useful to study the first step on the way "from molecule to cluster". Localization of more than one molecule in the same pore gives rise to association of molecules. The optical manifestations of aggregation are the appearance of new absorption and emission bands, nonexponential fluorescence decay and depolarization of the fluorescence. In nonlinear-optical experiments inhomogeneous bleaching under selective laser excitation and nonstationary absorption saturation due to increased lifetime of the aggregated molecules were observed.

- 23 -

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНСТИТУТЕ ФИЗИКИ
ИМ. Б.И.СТЕПАНОВА АКАДЕМИИ НАУК
БЕЛАРУСИ

С.В.Гапоненко

Дан краткий обзор исследований и разработок, ведущихся в Институте физики им. Б.И.Степанова. В области оптики и лазерной физики выделяются следующие направления:

- 1 новые лазерные системы и методы управления параметрами лазеров, поиск новых лазерных сред;
- взаимодействие излучения с различными средами;
- развитие и применение динамической голографии;
- нелинейная, внутриврезонансная и пикосекундная спектроскопия;
- применение лазеров в медицине и биологии;
- оптические явления и материалы для систем обработки информации;
- применение лазеров для изучения атмосферы, дистанционная авиакосмическая спектрометрия;
- оптические методы и приборы для экологических целей.

**MAJOR FIELDS OF THE OPTICAL INVESTIGATIONS IN
D.I. STEPANOV INSTITUTE OF PHYSICS OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF BELARUS**

S.V. Caponenko

**B.I. Stepanov Institute of Physics, Academy of Sciences
of Belarus, Minsk 220072 USSR**

Researches and developments which are carried out at
D.I. Stepanov Institute of physics are reviewed. Among the acti-
vities in the field of optics and laser physics the next
should be noted:

- new laser systems and methods for laser parameter control,
search for new laser media;
- interaction of radiation with various media;
- development and application of dynamic holography;
- nonlinear, intracavity and picosecond spectroscopy;
- application of lasers in medicine and biology;
- optical phenomena and media for data processing systems;
- application of lasers in atmospheric studies, in
aerospace remote spectrometry;
- optical method and instruments for ecological studies.

Vortragsanmeldung zum Symposium "Offene Systeme" in Brest, Frühjahr 1992

Profilberechnung von Objektoberflächen mit Hilfe der Fouriertransformation

Mürer, W. Fachhochschule Ravensburg-Weingarten

Einführung

Der industriellen Bildverarbeitung, eingeschlossen Robotvisionssysteme, stellt sich vermehrt die Aufgabe, die Kontur dreidimensionaler Objekte zu erkennen. Beispiele aus der Qualitätssicherung sind die Inspektion von Turbinenschaufeln und Ventilbohrungen. Ähnliche Anforderungen liegen bei der Verformungs- bzw. Schwingungsanalyse von Bauteilen, z.B. im Automobil- oder Flugzeugbau, vor. Mit zunehmender Fertigungsgenauigkeit und abnehmenden Taktzeiten steigen die Anforderungen in die Auswertegenauigkeit und die Rechenzeit.

Ein bekanntes Verfahren, um das Höhen- bzw. Verformungslinienbild eines 1-rückkörpers zu erstellen, ist das Moiréverfahren. Man nutzt dabei die Tatsache aus, daß zwei Gitter mit ähnlicher Gitterkonstante, ein Objekt- und ein Referenzgitter, überlagert ein Moiréstreifensystem ergeben, das die volle Objektinformation enthält. Dieses Streifensystem muß möglichst genau vermessen werden, wozu häufig die aus der Interferometrie bekannte Phasenshiftmethode eingesetzt wird. Dazu muß das Projektionsgitter mindestens zweimal mit einer Genauigkeit im Submikrometerbereich verschoben werden und das zugehörige Streifenbild aufgenommen werden. Diese Prozedur stellt den zeitlimitierenden Faktor der Höhenberechnung dar. Zudem können in einer industriellen Umgebung während der Meßdatenerfassung Schwingungen des Prüflings auftreten.

Die hier vorgestellte Methode der Profilberechnung mit Hilfe der Fouriertransformation der Bild-daten und Filterung im Ortsfrequenzbereich vermeidet diese Schwierigkeiten. Sie reduziert die Zahl der Unbekannten auf zwei, die durch Vergleich eines Referenz- mit einem Objektbild ermittelt werden können. Damit lassen sich die Auswertzeit senken und die Genauigkeit steigern. Allerdings können erst mit der Verfügbarkeit leistungsfähiger Prozessoren solche aufwendigen Rechnungen in weniger als einer Minute durchgeführt werden.

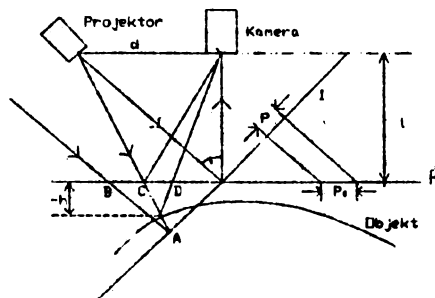


Abb.1 Optischer Aufbau und Strahlgeometrie zur Höhenberechnung

Meßprinzip

Auf die Objektoberfläche werden möglichst kontrastreiche Streifen mit einer Gitterkonstante $p_0 = 1,3 \text{ mm}$ aufprojiziert.

Man wählt den Streifenabstand gerade so groß, daß im Bildverarbeitungssystem die Streifen bei einem Abstand von 5 Bildelementen (Pixels) noch deutlich aufgelöst werden. Änderungen der Objektstrukturen sollen dagegen über größere Abstände erfolgen. Im Sinne der Fouriertransformation stellt das Projektionsgitter eine Trägerfrequenz mit möglichen Oberfrequenzen dar, das durch das schmalbandige Objektspektrum amplituden- und phasenmoduliert wird, sodaß Seitenbänder entstehen. Wenn die Bandbreite des Objektspektrums kleiner als die Trägerfrequenz des Gitters $f_0 = 1/p_0$ ist, sich also die Seitenbänder nicht überlappen, kann man durch Bandpaßfilterung ein Spektrum, z.B. das im Bereich von $0,5 \cdot f_0$ bis $1,5 \cdot f_0$ herrschende, schneiden. Dieses enthält die gesamte Objektinformation.

Es zeigt sich, daß die lokal veränderliche Objekthelligkeit bei der Phasenberechnung herausfällt. Die Phase enthält eine weitere Unbekannte, die durch die Schrägprojektion selber und durch Einstellfehler, aber auch durch lokale Ungenauigkeiten des Gitters entsteht. Diese Größe wird durch Differenzbildung der Objekt- mit der Referenzphase erfasst.

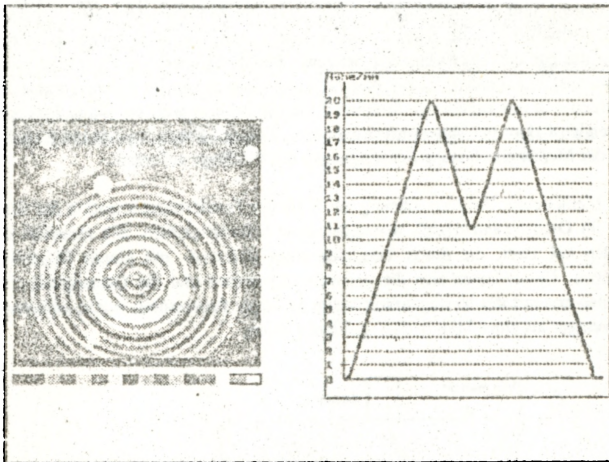


Abb.2 links:Höhendarstellung eines Kegels mit eingesenkter Spitze.

rechts: Höhenprofil des Kegels entlang der Mittellinien.

Die Breite des Kegels beträgt 119 mm.

Die Berechnungen erfolgten auf einem Personal Computer mit einem Netzwerk von drei Transputern. Hierbei handelt es sich um ein Beispiel für Parallelverarbeitung, insofern als jeder Transputer ein Drittel eines Bildes verarbeitet.

Resultate

Folgende Resultate wurden erzielt. Bei einem Meßfeld von 150 x 220 mm Größe und einer maximalen Höhendifferenz von 50 mm betrug die Höhenauflösung 0,1 mm und die maximale Steigung 38°. Die Genauigkeit betrug 0,5% der Gesamthöhe. Für die Auswertung eines 512 x 512 Pixel großen Bildes wurden 20 Sekunden benötigt.

Es konnte gezeigt werden, daß die Profilberechnung mittels Fouriertransformation geeignet ist zur Höhenauswertung von Objekten. Durch Optimierung der Berechnungsmethode läßt sich die Rechenzeit noch senken. Die Genauigkeit der Methode kann erhöht werden, indem aus geringfügig unterschiedlichen Gitterkonstanten für die Objekt- und Referenzmessung eine geeignete Moiréträgerfrequenz generiert wird, die dem Höhenprofil des Objekts angepaßt ist.

Literaturangaben

- (1) Takeda M., Hideki I., Seiji K.; "Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry", 1982, J. Opt. Soc. Am., 156-160
- (2) Takeda M., Mutoh K.; "Fourier-transform profilometry for the automatic measurement of 3-D object shapes", 1983, Appl. Optics, 22.
- (3) Andresen K., Hentrich K.; "Vergleich von Frequenz- und Ortsfilterverfahren zur Moiré-Bildauswertung", 1989, Optik, 113-121.
- (4) Wiest E.; "Anwendung der Fast Fourier Transformation auf die Auswertung von Moiré-Bildern mit Hilfe eines Transputer Netzwerks", 1990, Diplomarbeit, Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, FRG.

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Schwerpunktsprogramms des Landes Baden-Württemberg gefördert und am Institut für Innovation und Transfer der Fachhochschule Ravensburg-Weingarten durchgeführt.

РАСЧЕТ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ
С ПОМОЩЬЮ ФУРЬЕ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

В. МОРЕР, Бахгошуде, Равенсбурга-Вайнгартена

Резюме

Проектируемая на контролируемую поверхность система полос деформируется, т.е. искажается в соответствии с профилем поверхности. Спектр частот деформированной картины шире спектра частот исходной системы полос на ширину спектра частот объекта. Надо отфильтровать одну из частот из целого спектра Фурье. В ней содержится полная информация о всех фазах всех проектируемых полос, которые, в свою очередь, зависят от локального профиля (возвышения) исследуемой поверхности. Разность фаз можно зарегистрировать, проведя дифференциальное вычитание между фазами объекта и изображения. При расчете использовались Фурье-преобразования, регистрация отфильтрованных полос, обратные Фурье-преобразования, фазовый расчет, расчет и изображение высоты.

Расчеты были проведены на персональном компьютере, который был подключен в сеть с 3-мя транспилерами. Таким образом были возможны параллельные расчеты. Время расчета картины размерами 512x512 пикселей 20 секунд. Разрешение высоты при максимальной высоте объекта в 50 мм - 0,1 мм.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ТЕХНИЧЕСКИХ
СИСТЕМ

В.М.Косарев, канд. ф.-м.наук, В.М.Ляшко, инж. I кат.,
В.С.Мусатов, инж. I кат., А.В.Яворчук, ассистент

Брестский госпединститут им. А.С.Пушкина

Совокупность изделий массового производства можно считать открытой системой. Одна из целей производства - достижение высокого качества. Вариации характеристик качества изделий и, следовательно, появление брака определяются вариациями как внутренних (станки и оборудование, способы работы, способы контроля), так и внешних (материалы и комплектующие) факторов.

В производстве электронно-лучевых приборов (ЭЛП) основной источник брака - катодно-подогревательный узел (КПУ). Надежность ЭЛП определяется прежде всего надежностью его КПУ. Поэтому особое внимание уделяют диагностированию КПУ, тем более что свойства катода как эмиттера электронов формируются уже в готовом ЭЛП в процессе откачки, термообработки и активирования. Как показывает причинно-следственный анализ, надежность катода определяется в основном состоянием внутрибаллонной среды (давление, состав остаточных газов), рабочей температурой катода и параметрами оксидного слоя на накале эксплуатации.

Основные характеристики оксидного катода - работа выхода электронов Φ и степень ее однородности по рабочей поверхности. Как показывает анализ [1], параметры, однозначно связанные при определенных условиях с характеристиками оксидного катода, можно получать из накальных характеристик и кривых нарастания и спада катодного тока после включения и выключения накала.

Мировой опыт показывает, что наиболее эффективными методами управления качеством массовой продукции являются статистические методы [2]. Но для их реализации необходимы автоматизированные устройства, позволяющие быстро измерять характеристики качества и вести их статистическую обработку.

Для диагностирования КПУ ЭЛП нами разработаны и изготавливаются два типа измерителей эмиссионных параметров ЭЛП. Измерители пер-

вого типа автоматически измеряют, запоминают и выводят на экран монитора накальные характеристики, кривые нарастания и спада катодного тока, позволяют измерять на них параметры, характеризующие запас эмиссии катода, степень его эмиссионной однородности, качество термообработки, устойчивость к отравлению. Их можно использовать для отработки методик контроля качества черно-белых и цветных кинескопов. Измерители второго типа автоматически измеряют, запоминают и выводят на цифровые индикаторы передней панели прибора время достижения катодным током после включения накала уровня 5 мкА, скорость нарастания тока, время спада катодного тока до 50% уровня после выключения накала, температуру подогревателя КПУ. Кроме того, прибор автоматически для всех измеренных параметров рассчитывает и выводит на цифровые индикаторы среднearифметические значения и стандартные отклонения. За один измерительный цикл измеряются параметры четырех однокатодных ЭЛН, запоминаются и обрабатываются параметры ста катодов. Устройства выполнены в виде одного блока размером 40x9x31 см (без монитора), вес не более 5 кг, позволяют производить измерения в условиях цеха.

Литература

- [1] В.М.Косаев, Н.Н.Погорельский, Э.П.Ходневич. Контроль эмиссионных свойств катодов по токовым кривым. - Электронная промышленность, № 7, 1990.
- [2] Статистические методы повышения качества. Под ред. Хитоси Кумэ. М., 1990

Summary

Computer-aided test equipment for oxid cathodes C.O.T. were developed and produced. The devices of the first type let to check, memorize and display heating characteristics, the curves of the build up and decrease of the cathode current after switching on and off the heater volts, to measure on them the parameters of the emission reserve, emission homogeneity, the quality of thermoprocessing, and degradation resistance. The devices of the second type memorize these data for 100 cathodes and put them out on the digital indicators, calculate arithmetic means, data as well as standard deviations. The temperature of cathodes heater is measured.

АСТИГМАТИЗМ ВЫХОДНОГО ПУЧКА ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО
ИНЪЕКЦИОННОГО ЛАЗЕРА.

А. С. Смаль.

Брестский политехнический институт.

Amplitude and phase spatial profiles of the injection laser wavefront are calculated theoretically and investigated by means of Mach-Zehnder interferometer.

Волновой фронт излучения, испускаемого инжекционным лазером, имеет астигматизм обусловленный различием в положении наблюдения выходного луча в направлениях параллельном и перпендикулярном р-п-переходу [1].

Оптическая модель инжекционного лазера строится на основе теории диэлектрических волноводов с учетом специфики полупроводниковой активной среды, а именно, усиления и оптической нелинейности этой среды.

При решении волнового уравнения по расчету амплитудного и фазового профиля излучения лазера на торцевом зеркале учитывается пространственное распределение комплексной диэлектрической проницаемости внутри резонатора. Результатом решения такого волнового уравнения являются соотношения, связывающие амплитуду и фазу волнового фронта излучения с волноводными параметрами активного слоя лазера. Для решения обратной задачи, т.е. для определения волноводных параметров лазерного диода, необходимо знать амплитудный и фазовый профиль излучения лазера либо на торцевом зеркале, либо в дальнем поле.

Амплитуда и фаза в дальнем поле определялась с помощью интерферометра Маха-Цендера. Получаемая интерференционная картина изучалась при помощи автоматизированной системы обработки изображений. По полученным значениям распределения амплитуды и фазы излучения в дальнем поле определялись волноводные параметры активного слоя лазерного диода.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Cook D. D. Nash F. R. // J. Appl. Phys., 1975, Vol. 46, No. 4, pp. 1660-1672.

О РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКЕ В
СТОЛИНСКОМ РАЙОНЕ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

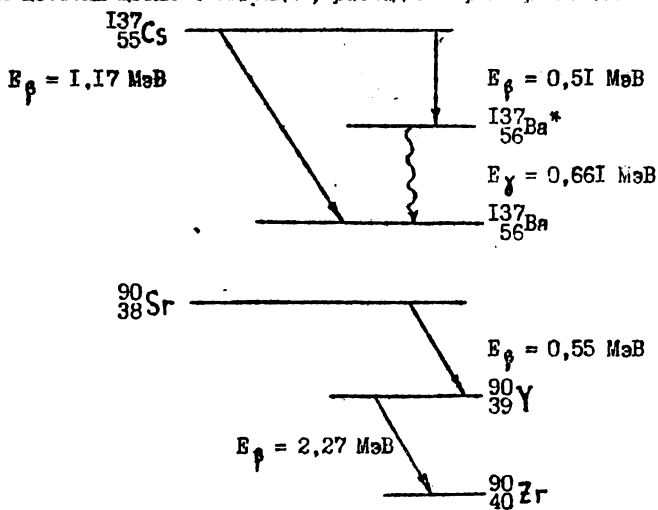
Б.С.Костко, В.М.Полховский

Брестский госпединститут им.А.С.Пушкина

Here are given the results of measurements of specific γ -activity of food products samples taken in Stolín district, Brest region

Катастрофа на Чернобыльской АЭС в качестве одного из основных факторов защитных мероприятий от поступления радионуклидов в организм человека с продуктами питания вынуждает требование снабжения населения экологически чистыми продуктами. Однако, экономическая сложность в стране вынуждает население зараженных районов употреблять продукты как с коллективных, так и личных сельскохозяйств, подвергшихся радиационному загрязнению.

Как известно, в результате аварии ЧАЭС произошел выброс в атмосферу более 100 радиоактивных изотопов. Из них долгоживущими являются изотопы цезия и стронция, распад которых происходит по схемам:



Из приведенной схемы видно, что основной "вклад" в β -все виды распадов вносят β - частицы. При распаде радионуклида $^{137}_{55}\text{Cs}$ происходит образование и γ - фотона с энергией 0,661 МэВ.

В нашем распоряжении имелась установка РИС 91 - 7 (радиометр импульсный сцинтилляционный), предназначенная для измерения удельной гамма - активности проб продуктов питания. На ней были проведены измерения удельной активности продуктов питания (картофель, капуста, сухофрукты, грибы) различных населенных пунктов Столинского района, а также грибов из отдельных мест Каменецкого и Малоратского районов Брестской области. Исследования показали, что загрязненность радионуклидами продуктов в среднем составляет:

		Уровни РКУ
картофель	- 2 - 4,5 · 10 ⁻¹⁰ Ки/кг	5 · 10 ⁻⁹ Ки/кг
капуста	- 10 ⁻⁹ Ки/кг	- " -
сухофрукты	- 2 · 10 ⁻⁹ Ки/кг	1 · 10 ⁻⁷ Ки/кг
сушеные грибы	-(4,3-9,9)10 ⁻⁷ Ки/кг	- " -

Сравнение полученных результатов с РКУ (Республиканскими контрольными уровнями) показывает, что только грибы превосходят допустимые уровни на один порядок. Казалось бы все обстоит относительно благополучно. Но следует учитывать то обстоятельство, что радиометр РИС измеряет только гамма - активность и не регистрирует β - активность. Учет всех видов распадов приведет к значительному превышению уровней РКУ. Удельная γ - активность сушеных грибов, собранных у деревни Рожковка Каменецкого района в сентябре 1986 г., т.е. после Чернобыльской аварии, измеренная в сентябре 1991 г., равна 3,53 · 10⁻⁷ Ки/кг. Это может свидетельствовать о том, что в данной местности в 1986 году был оставлен радиоактивный след.

Определенный интерес представляет сравнение удельной γ - активности стуженого молока Рогачевского молококонсервного комбината выпущенного в августе 1985, июля 1986 и январе 1991 годов - 8,31 · 10⁻¹¹, 7,88 · 10⁻¹⁰ и 14,62 · 10⁻¹⁰ Ки/кг, соответственно. Как видно, γ - активность в 1991 году возросла в 18 раз по сравнению с 1985 годом.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОМЕРНОГО ИДЕАЛЬНОГО
ГАЗА В ПОЛЕ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Чопчиц Н. И., Андреев А. В., Гладышук О. А., Хилькевич Д. Н.

Брестский политехнический институт

Представления о фазовом пространстве (μ - пространстве), несмотря на их широкое использование в курсе общей физики, особенно при изучении колебаний, остаются в значительной мере не актуализированными и при переходе к изучению статистической физики широкое использование этих представлений вызывает значительные трудности у большинства студентов. В данной работе рассматривается компьютерное моделирование поведения изображающих точек в фазовом пространстве для одномерных классического и квантового нерелятивистских бозе- и ферми-газов, т. е. газов, находящихся в сосуде, линейные размеры которого в одном из направлений - направлении, определяемом силой тяжести, - значительно больше чем в других. Изоэнергетические поверхности в фазовом пространстве представляют собой параболы $\mathcal{E} = \frac{p_x^2}{2m} + mgx$, где m - масса частицы. Программа позволяет следующее:

1. На примере газа из небольшого числа частиц (~ 20) иллюстрировать следствие постулата эргодичности, т. е. равновероятность для изображающей точки каждой отдельной частицы находиться в той или иной ячейке фазового пространства.
2. Иллюстрировать закон сохранения энергии для статистического ансамбля частиц при изолированности системы.
3. Изучить принципы заполнения фазовых ячеек и подсчета числа микросостояний.
4. Иллюстрировать понятие макросостояния как равновесного, так и неравновесного, и изучить принципы вычисления его статистического веса и энтропии.
5. Изучить принципы разбиения фазового пространства на изоэнергетические слои и на примере газа из 10^3 частиц получить распределение по энергиям, а для классического газа также по скоростям и координатам.
6. Изучить влияние температуры на характеристики распределений и поведение системы при обмене энергией и частицами с окружающей средой.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТЖИГА
НА ФОРМУ ПОЛОСЫ ИЗЛУЧЕНИЯ СВОБОДНЫХ
ЭКСИТОНОВ В CdS.

Ракович Ю. П.

Брестский политехнический институт

Известно [1], что при $T=77$ К спектр фотолуминесценции (ФЛ) большинства кристаллов $ZnSe$, $ZnTe$, $CdTe$ имеет дублетную структуру. Авторы большинства работ [2,3] связывают этот эффект с проявлением реабсорбции резонансного излучения. Однако, в отличие от других широкозонных полупроводников в спектрах резонансного излучения монокристаллов CdS до сих пор такая дублетная структура не наблюдалась [1].

В настоящей работе сообщается о результатах исследования влияния низкотемпературного отжига (закалки) на форму полосы экситонной ФЛ CdS. В спектре ФЛ исходных кристаллов при $T=77$ К и возбуждении излучением He-Cd лазера обычно присутствуют безструктурные полосы А и В свободных экситонов (рис. 1, кривая 1). После нагрева образца до 300-400 К на максимумах линий возникает провал (кривая 2), величина которого больше для низкоомных кристаллов, чем для высокоомных. Величина провала имеет оптимум по плотности мощности возбуждающего излучения и уменьшается с течением времени у образцов, хранившихся при комнатной температуре. В спектре зеленой краевой люминесценции высокоомных кристаллов CdS возникновение провала на линии свободных экситонов сопровождается изменением структуры и ширины всех полос. Провалы в спектре люминесценции свободного А-экситона не исчезают при изменении угла регистрируемого излучения, направления падения возбуждающего излучения или направления регистрации. Но форма спектров существенно зависит от угла между вектором \vec{E} возбуждающего излучения и осью \vec{C} . При $\vec{E} \parallel \vec{C}$ наблюдается почти симметричный провал, а при $\vec{E} \perp \vec{C}$ в спектре А-полосы остается только коротковолновая часть.

Существенное влияние на глубину провала оказывает кристаллографическая ориентировка образцов CdS. Нами исследовались спектры тонких пластин и монокристаллических параллелепипедов, содержащих грани (0001) , $(000\bar{1})$, $(10\bar{1}0)$ и $(11\bar{2}0)$. Оказалось, что наиболее сильно обнаруженный эффект проявляется на полярных поверхностях (0001) и $(00\bar{1})$ кристаллических пластин,

при этом провалы на экситонных линиях наблюдаются и на сколах, поверхности $(10\bar{1}0)$ и $(11\bar{2}0)$ как после термообработки их, так и при скалывании в жидком азоте.

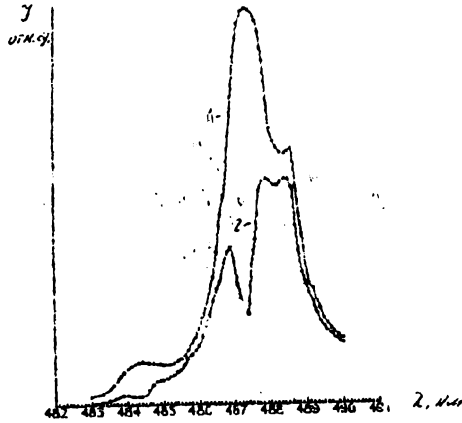


Рис. 1. Спектры экситонной ФЛ CdS при 78K до (1) и после (2) термообработки. Изоб.-3мВт/см.² $\lambda_{\text{вв}}=4416 \text{ \AA}$.

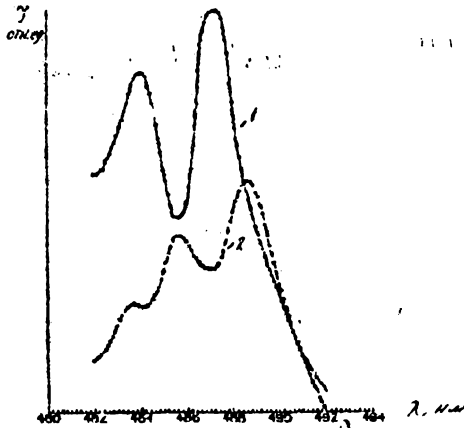


Рис. 2. Кривые фотопроводимости кристалла CdS, полученные при 77K до (1) и после (2) термообработки.

Важно особенностью экситонных спектров является их зависимость от микрорельефа поверхности. Провалы в спектрах излучения свободных экситонов наблюдаются на образцах, имеющих сравнительно плоские поверхности или микрорельеф, плоские участки которого превышают длину волны света.

Для выяснения причин наблюдавшихся явлений проводилось изучение спектров отражения и фотопроводимости. Оказалось, что термообработка, приводящая к сильным изменениям в спектрах экситонной ФЛ не приводит к заметным изменениям в спектрах экситонного отражения, однако существенно изменяет структуру спектров фотопроводимости (рис. 2).

Для выяснения влияния температуры на наблюдаемые эффекты, изучались спектры экситонной ФЛ до и после термообработки, а также соответствующие спектры отражения при медленном нагревании образцов от 77 до 300 К. На рис. 3 представлены спектры излучения образца CdS, после термообработки, при разных температурах. Установлено что провал исчезает при повышении температуры приблизительно до 126 К, общая интенсивность люминесценции при этом сильно падает.

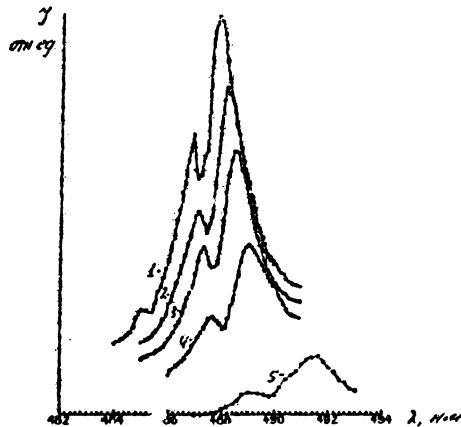


Рис. 3. Спектры экситонной ФЛ образца CdS после термообработки при разных значениях температуры.
1- 78К; 2- 84К; 3- 89К; 4- 101К; 5- 126К.

Оделана попытка интерпретировать полученные экспериментальные данные на основании предположения о преобладающем влиянии сильного пьезоэлектрического внутрикристаллического поля в CdS на распределение плотности состояний экситонов.

Литература.

1. В. В. Травников, В. П. Криволапчук. Диффузия экситонов и сам. поглощение резонансного излучения. ФТТ, 1992, т. 24, в. 4, с. 961-970.
2. B. Sermer, M. Voos. Reabsorption of the excitonic luminescence in direct band gap semiconductors. Phys. Rev. (b), 1977, v. 15, n. 8, p. 3935-3946.
3. А. А. Гиппиус, В. В. Вавилов, Ж. Р. Паносян, В. В. Ушаков. Экситонная фотолюминесценция и поглощение в кристаллах CdTe. Сб. "Экситоны в полупроводниках", с. 68-87.

Zusammenfassung.

Es wird der Einfluß der Temperatur bei niedrigen Temperaturen auf die Linienform der Freieksitonlinien in dem Kristall CdS untersucht. Man berichtet zum erstenmal über die Dublettstruktur-entstehung in der Lumineszenzspektrum von den Freieksiton bei 77 K. Es werden die Versuchsbedingungen und die Entstehungsbedingungen für die Dublettstruktur diskutiert.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ КАРТИНА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ВИРУСА С КЛЕТОЧНЫМ МОНОСЛОЕМ

Судник Ю.М., Павлова Н.И., Бореко Е.И., Тимофеев А.В.

Минск, БГПА

Модельные системы вирус-клеточный монослой широко используются в исследованиях, связанных с диагностикой и химиотерапией вирусных инфекций. К одному из аспектов применения таких систем относится определение количества инфекционных вирусных частиц методом подсчета числа локальных поражений ткани (числа "бляшек"). Закономерности, лежащие в основе формирования наблюдаемой пространственно-временной картины взаимодействия вирусов с клеточным монослоем, практически неизвестны. В настоящее время для получения информации о количестве инфекционного вируса используется метод конечных разведения (титрования) с привлечением для анализа результатов статистики Пуассона. Обоснование применимости этого метода базируется на допущении того, что ответственность за флуктуации реакции, наблюдаемые при введении проб одного разведения, несет только различная индивидуальная чувствительность клетки-хозяина по отношению к титруемому агенту. Для некоторых вирусов это условие, по-видимому, не выполняется.

В частности, для вируса гриппа по экспериментальным данным обнаружены существенные флуктуации в числе бляшек по отношению к ожидаемому в рамках используемого метода титрования. Кроме того, проведенное в работе наблюдение во времени показало, что размеры самих бляшек растут нелинейно, стремясь к насыщению.

Выявленные закономерности можно интерпретировать в рамках модели диффузии с обострением в среде, содержащей центры размножения и гибели, что обусловлено существенно нелинейной динамикой процесса, а также его флуктуационной природой.

На основании указанного подхода планируется получение дополнительной информации о взаимодействии вируса с клеткой, а также разработки принципиально новой методики анализа эффективности противовирусных препаратов.

SPATIAL-TEMPORAL PICTURE OF VIRUS-CELLULAR MONOLAYER
INTERACTION

Sudnik Yu.M., Pavlova N.I., Borako E.I., Timofeev A.V.

Minsk, Byelorussian State Polytechnic Academy

Fluctuations in number of plaques and nonlinear time dependence of plaque size are observed in a virus-cellular monolayer model system. Experimental results are interpreted in terms of a model, based on the properties of anomalous diffusion in a medium containing birth and death centres.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОЙ АУРИКУЛЯРНОЙ ЭКСПРЕСС-
ДИАГНОСТИКИ В РАЙОНАХ РАДИОАКТИВНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ

ПЕТРОВ В.И., канд. биол. наук, доц.

Брестский педагогический институт

Известно, что точки акупунктуры /ТА/ рассматриваются как зоны рефлексии определенных органов или системы организма на поверхности кожи. Для расширения кожного лода созданы специальные приборы, с помощью которых определяется электропроводность различных участков человеческого тела. На основании обобщения опыта зарубежных и отечественных исследователей нами модифицирована методика оценки физиологических систем организма по состоянию ТА ушной раковины - электропунктурная аурикулярная экспрессдиагностика. В основе ее лежит сравнение электропроводности в области ТА при изменениях полярности приложенного напряжения. ТА здорового человека должны иметь одинаковый показатель при действии отрицательного и положительного тока, который не превышает 20 мкА. Точки с ассиметричной проводимостью указывают на гипер- или гипофункцию соответствующего органа. Методика позволяет за 10-15 мин получить представление о состоянии здоровья человека, поэтому может быть использована для массового профилактического обследования населения, что особенно важно для выяснения экологической обстановки и состояния здоровья населения в районах Белоруссии с повышенным радиационным фоном.

При обследовании взрослых людей, проживающих в Лунинском и Столинском районах нами установлено, что независимо от конкретного заболевания в большинстве случаев в состоянии патологического раздражения находятся органы пищеварительного тракта, выделительной системы, желез внутренней секреции. Самые тяжелые случаи нарушения состояний цитовидной железы, печени, почек, мочевого пузыря, опорно-

двигательного аппарата наблюдаются у людей с нарушенной функцией тонкого кишечника, особенно у тех, кто перенес желтуху, удаление аппендицита, другие полостные операции. Таким образом, электропунктурная аурикулярная экспресс-диагностика является достаточно информативным и оперативным методом, дает предварительное представление о локализации, характере и течении патологического процесса и является подспорьем для дальнейших более конкретных и глубоких клинических исследований.

Resumé. Having generalized the experience of many researchers we have developed the method of evaluating the functioning of physiological systems of a human body by the cochen acupuncture points. This method is based on the comparison of electroconductivity in the acupuncture points when changing the polar of the tension applied. While conducting the express-analysis in the contaminated areas of Byelorussia it was found out that in the majority of cases in pathology were the organs of digestive tract, excretory and incretory glands. The most serious cases of malfunctioning of thyroid gland, liver, kidneys, bladder, locomotor-system were found with people with poor small intestine function, especially those who had had jaundice, who had been operated on for appendicitis or had had other operations on abdominal cavity.

ВЛИЯНИЕ ДЕГРАДАЦИИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ СТРИМЕРНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ СУЛЬФИДА КАДМИЯ

К. И. Русаков

Ерестский политехнический институт

Die Degressionsgeschwindigkeit der Streamerstrahlungen in CdS hängt von Erregungsbedingungen des elektrischen Durchschlages ab. Deshalb muß man die Strahlungsdegradation in einem einzelnen Durchschlagskanal untersuchen.

Развитие стримерных разрядов в сульфиде кадмия приводит к появлению люминесценции и генерации света. При воздействии на полупроводник импульсов электрического поля интенсивность свечения отдельных стримеров с течением времени начинает падать, снижается яркость стримерной люминесценции и мощность генерации излучения.

Равные условия возбуждения стримерных разрядов в полупроводниках обуславливают различные скорости уменьшения интенсивности стримерного излучения. Возбуждение стримеров через разрядный промежуток в диэлектрической жидкости приводит к уменьшению интенсивности стримерной люминесценции в 2 раза за 5000 импульсов, а применение омического контакта электрода и поверхности кристалла снижает скорость деградации стримерной люминесценции до 20 % за 300 тысяч импульсов [1].

Получены одиночного неветвящегося канала разряда в образцах сульфида кадмия создаются условия для повышения стабильности генерации света и улучшения излучательных характеристик стримерного лазера. Решение этой задачи делает необходимым изучение деградации стримерного излучения вдоль канала разряда в режимах стримерной люминесценции и генерации для рабочих тел с конфигурацией, позволяющей реализовать стримерный моноканал.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Гладышук, А. Л. Гурский, В. В. Паращук, Г. А. Пашкевич, Г. П. Яценский. Электрические разряды в монокристаллах CdS, LiNbO_3 и TeO_2 . Препринт 443 ИЭ АН БССР, Минск, 1988, 45С.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОНТРОЛЬ И ОБУЧЕНИЕ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ
НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗМЕРЕНИЮ УДЕЛЬНОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА.

А. Н. Прокопеня, М. М. Швал
Брестский политехнический институт

The main ideas of the computer program for control and instruction in course of physics are considered.

Лабораторный физпрактикум занимает значительное место в курсе физики в вузе. При этом выполнение лабораторных работ по различным разделам курса предполагает, что студент не только приобретает навыки практической работы с приборами, но и изучает определенные теоретические положения физики. Одним из критериев усвоения изучаемого материала является умение применить полученные знания при решении конкретной задачи. Поэтому для контроля степени усвоения материала, студенту обычно предлагается ряд задач, связанных с темой лабораторной работы. Задачу опроса студентов может с успехом выполнять ЭВМ, работающая по определенной контрольно-обучающей программе (КОП).

Основные идеи КОП к лабораторной работе "Измерение удельного сопротивления проводника" состоят в следующем:

1. Студенту последовательно в порядке возрастания сложности предлагаются задачи по теме лабораторной работы. Каждая задача снабжена электрической схемой.
2. Предусмотрена поливариантность данных в задаче.
3. Ответ на вопрос дается в численном виде. Для удобства при расчете в КОП предусмотрен калькулятор и записная книжка.
4. За правильный ответ студенту начисляются баллы.
5. Студент может при ответе на задачу:
 - а) перейти к следующей задаче без ответа;
 - б) ответить на задачу и, в случае правильного ответа, перейти к следующей задаче. в противном случае он может повторить ответ (при этом можно воспользоваться справкой, но количество баллов за ответ снизится), либо перейти к другой задаче;
6. По завершении работы с КОП студент получает распечатку с количеством набранных баллов и номерами выполненных задач.
7. КОП имеет 8 встроенных задач, но преподаватель может создать новые и затем подключать их.

СТРИМЕРЫ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ КАК ВОЗМОЖНЫЙ ПРИМЕР САМООРГАНИЗАЦИИ В ОТКРЫТЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Проф. В.П.Грибковский, А.Л.Гурский
(Институт физики АН РБ, г.Минск)

Монокристаллические образцы полупроводников, в которых распространяются стримерные разряды [1], являются открытыми термодинамическими системами, обменивающимися с окружающей средой веществом (носители заряда) и энергией (электрическое поле). В таких системах возможно возникновение самоорганизованных структур. Не исключено, что стримерные разряды являются именно такими структурами.

Для возникновения самоорганизованных структур необходимо, помимо открытости системы, выполнение следующих условий: состояние системы должно быть далеко от термодинамического равновесия; поведение подсистем, образующих систему, должно быть согласованным; должен выполняться универсальный критерий эволюции Пригожина-Глендсдорфа о минимальном производстве энтропии [2-4].

Установлено, что самоорганизация структур носит пороговый характер, они возникают из хаоса, определяются объемными свойствами системы, а не граничными условиями, могут разрушать друг друга при взаимодействии.

Стримерные разряды в полупроводниках отвечают всем вышеперечисленным требованиям.

1) Они возникают при большом отклонении системы от термодинамического равновесия. Напряженность внешнего электрического поля может достигать 10^6 В/см и более, а концентрация неравновесных носителей заряда - до 10^{20} см⁻³. Интенсивность возбуждения среды в большинстве случаев достаточна для получения ичверсной населенности и генерации света.

2) В образовании и эволюции стримеров принимают участие электронная, решеточная и фотонная подсистемы. Их поведение взаимно согласуется вследствие электрон-фононного, электрон-фотонного и фотон-фононного взаимодействия, так что все системы испытывают взаимное влияние. Это является предпосылкой согласованного поведения всех этих подсистем.

3) Линейный кристаллографически ориентированный стример является более организованным процессом, чем диффузия зарядов

или коронный разряд, поэтому критерий Пригожина-Глендсдорфа о минимальном значении производной энтропии в этом случае может выполняться.

4) Возникновение стримерных разрядов имеет пороговый характер по скорости нарастания электрического поля. Для кристаллов CaS $(dE/dt)_{\text{min}} \approx 10^{-5}$ в/см.с [1]. При меньших dE/dt стримеры не возникают при амплитудах электрических импульсов до сотен киловольт.

5) Стримерные разряды возникают из хаоса, так как при любом способе возбуждения объемный заряд, инжектированный в кристалл, не имеет какой-либо структуры, а затем возникают кристаллографически ориентированные разряды. Иногда ориентированные разряды могут возникать из коронного объемного разряда, когда он достигает поверхности кристалла.

6) Звезда стримеров в кристалле отражает его объемные свойства, обусловленные дальним, а не ближним порядком в решетке, поскольку стримеры нечувствительны к наличию точечных дефектов. Звезда стримеров практически не зависит от амплитуды возбуждающих импульсов, формы и размеров образца. Характеристики каждого отдельного стримера (поперечное сечение, скорость распространения, спектр излучения и т.д.) также не определяются местом их образования.

7) С целью выяснения характера взаимодействия стримеров между собой были поставлены специальные опыты, при которых использовалось свойство стримеров "отражаться" от поверхности кристалла в эквивалентных кристаллографических направлениях (рис.1), благодаря чему они могут быть направлены навстречу друг другу. Для возможно большего совмещения треков в пространстве использовались пластинки естественного роста толщиной порядка видимых размеров трека (несколько микрон), ориентированные в плоскостях распространения стримеров, т.е. $\{10\bar{1}0\}$. Для учета стохастичности процесса набиралась статистика поведения разрядов в геометрии рис.1. Всего было получено и проанализировано более 100 фотоснимков. Установлено, что, как правило, более интенсивный стример гасит второй, пересекающийся с ним. В трех случаях наступило обоюдное гашение, а в одном погасивший был стример вновь возобновился, хотя нельзя исключать его зарождение и с какого-либо дефекта.

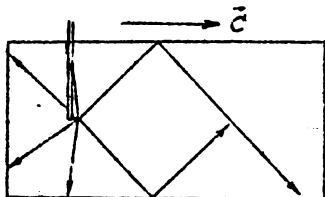


Рис.1. Схема распространения стримеров в пластинке $(10\bar{1}0)$ CdS.

Таким образом, стримеры в полупроводниках обладают всеми свойствами, характерными для кооперативных самоорганизованных структур, поэтому их теоретическое описание должно базироваться на решении соответствующих нелинейных уравнений.

1. Грибковский В.П. Стримерное свечение в полупроводниках //ЖПС, 1984.-Т.40, № 5.-С.709-718.
2. Эбелин В. Образование структур при необратимых процессах.-М.: Мир, 1979.-280 с.
3. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах.-М.: Мир, 1979.-517 с.
4. Хакен Г. Синергетика.-М.: Мир, 1985.-404 с.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde eine Hypothese formuliert, dass die kristallographisch orientierten Streamer-Entladungen in Halbleitern zur Klasse selbstgeordneter Vorgänge gehören. Folgende Eigenschaften hinweisen darauf: die Entladungen entstehen in einem veröfneten, stark vom Gleichgewichtszustand entfernten thermodynamischen System; es gibt Voraussetzungen zum übereinstimmten Verhalten der Phononen-, Photonen- und Elektronensystem bei Entladungsentwicklung und zur Befriedigung des Kriteriums über minimalen Entropieproduktion. Die Entladungserscheinung einem Schwellencharakter besitzt. Die Entladungen entstehen von Chaos. Der Entladungstern der Volumeneigenschaften des Kristalls entspricht und nicht der Grenzbedingungen. Die Entladungen zerstören sich einander bei Wechselwirkung. Darum sind die Streamer-Entladungen in Halbleitern im Rahmen entsprechender Einstellung zu beschreiben.

РЕЗЮМЕ

Сформулирована гипотеза о том, что кристаллографически ориентированные стримерные разряды в полупроводниках принадлежат к классу кооперативных самоорганизованных процессов. Об этом свидетельствуют следующие свойства: разряды возникают в открытой термодинамической системе, сильно отклоненной от термодинамического равновесия; имеются предпосылки согласованного поведения электронной, фотонной и фононной систем в процессе развития разряда и для удовлетворения универсального критерия о минимальном производстве энтропии. Возникновение разрядов носит пороговый характер. Они возникают из хаоса. Звезда разрядов отражает объемные свойства кристалла, а не граничные условия. Разряды разрушают друг друга при взаимодействии. Поэтому стримерные разряды в полупроводниках следует описывать в рамках соответствующих подходов.

Кристаллографическая ориентация и люминесценция
объемных стримерных разрядов в легированных
монокристаллах ZnS.

Е. В. Луценко

Как известно, параметры решетки монокристаллов сульфида цинка находятся вблизи области неустойчивости структуры. Легирование этого соединения различными примесями позволяет управлять соотношением гексагональной и кубической фазы данных монокристаллов. В связи с этим, задачей настоящей работы являлось исследование влияния легирования монокристаллов ZnS на кристаллографическую ориентацию стримерных разрядов и их свечение.

Монокристаллы сульфида цинка легировали медью, кобальтом, алюминием и кислородом в процессе роста. Результаты изучения кристаллографической ориентации электрических разрядов при ЗСВЧ в монокристаллах с различной концентрацией примеси и различным соотношением кубической и гексагональной модификации приведены в таблице.

Как видно из таблицы, совокупность направлений разрядов соответствует гексагональной симметрии, причем при концентрации дефектов упаковки более семи процентов наблюдается 36 направлений разрядов, как в CdS. Фоль оси \bar{C}_6 при этом играет одну из ролей $\langle 111 \rangle (\bar{C}_3)$. Разряды локализованы в трех эквивалентных плоскостях $\{1\bar{2}1\}$, содержащих эту ось. При концентрации дефектов упаковки менее 7% электрические разряды становятся ретивистыми и группируются вдоль 6 направлений $\langle 110 \rangle$, локализованных в одной из четырех эквивалентных плоскостей $\{111\}$, которая является выделенной за счет дефектов упаковки.

Сопоставление изменения параметров решетки в результате легирования с направлениями разрядов показывает, что при увеличении a и c/a углы \vec{e}_1^{\pm} уменьшаются, с увеличением параметра a угол \vec{e}_2^{\pm} уменьшается, а \vec{e}_3^{\pm} увеличивается. При этом малые изменения параметров решетки вызывают значительные изменения направлений разрядов.

Легир. при- мель	Деф- екты упа- ковки	Гостоянные решетки	Плос- кости лока- лизац.	Наблюдаемые направления разряд э
:Cu слабо легир.	8-10 %	c/a=1,6369 с=6,251 a=3,8189	{121} объем	$\bar{e}_1^{\pm}(96,5^{\circ})$, $\bar{e}_2^{\pm}(145,5^{\circ})$, $\bar{e}_3^{\pm}(25,5^{\circ})$ $\bar{e}_1^{\pm}(78,5^{\circ})$, _____, $\bar{e}_3^{\pm}(154,5^{\circ})$
:Cu, Al	7,5 %	c/a=1,6351 с=6,245 a=3,8196	{121} объем	$\bar{e}_1^{\pm}(97^{\circ})$, _____, $\bar{e}_3^{\pm}(27^{\circ})$ $\bar{e}_1^{\pm}(79,5^{\circ})$, _____, $\bar{e}_3^{\pm}(152^{\circ})$
нелег.	10 %	c/a=1,6343 с=6,247 a=3,8225	{121} объем	$\bar{e}_1^{\pm}(98^{\circ})$, $\bar{e}_2^{\pm}(145^{\circ})$, $\bar{e}_3^{\pm}(25,5^{\circ})$ $\bar{e}_1^{\pm}(80^{\circ})$, _____, $\bar{e}_3^{\pm}(154^{\circ})$
:O	10 %		{121} объем	$\bar{e}_1^{\pm}(100^{\circ})$, $\bar{e}_2^{\pm}(144,5^{\circ})$, $\bar{e}_3^{\pm}(31,5^{\circ})$ $\bar{e}_1^{\pm}(79^{\circ})$, $\bar{e}_2^{\pm}(39^{\circ})$, $\bar{e}_3^{\pm}(146^{\circ})$
:Cu 0,01	7,5 %		{121} объем	$\bar{e}_1^{\pm}(104^{\circ})$, $\bar{e}_2^{\pm}(143^{\circ})$, $\bar{e}_3^{\pm}(26^{\circ})$ $\bar{e}_1^{\pm}(81^{\circ})$, $\bar{e}_2^{\pm}(39^{\circ})$, $\bar{e}_3^{\pm}(154^{\circ})$
:Cu 0,1	5-7 %	c/a=1,823 с=6,2429 a=3,8229	{111} виде- ленная	6 направлений <110>
:Co	7%		{111}	6 направлений <110>

Было проведено исследование примесной люминесценции ZnS:O и ZnS:Cu, возбуждаемой стримерными разрядами (рис.1). Как видно по рисунку, спектры примесной стримерной люминесценции, в отличие от собственного излучения, практически совпадают с полосами фотолюминесценции при возбуждении излучением азотного лазера. Зависимость спектрального положения максимума ФЛ ZnS:O от интенсивности возбуждающего излучения

I отн.ед.

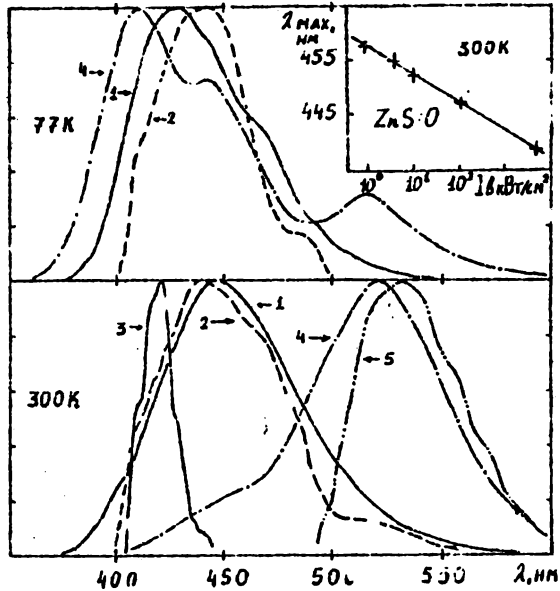


Рис.1 Спектры люминесценции ZnS:O и ZnS:Cu при стримерном и фотооблучении.

- 1 ————— Фотолюминесценция ZnS:Cu.
- 2 - - - - - Стримерная люминесценция ZnS:O.
- 3 ————— Усиленная стримерная люминесценция ZnS:O ($U > 85$ кВ).
- 4 ————— Фотолюминесценция ZnS:Cu.
- 5 - - - - - Стримерная люминесценция ZnS:Cu.

показывает, что спектральное положение максимума стримерного излучения соответствует уровню возбуждения $I_v = 5 \text{ МВт/см}$. При повышении возбуждающего напряжения до величины более 85 кВ, вдоль канала стримера наблюдается резкий рост интенсивности излучения, при этом происходит коротковолновый сдвиг максимума спектра на 20 нм и сужение полосы излучения (рис.1 кривая 3), что свидетельствует о стимулированном излучении.

Для выявления механизма рекомбинации в ZnS:O были проведены специальные опыты. Установлено, что положение максимума полосы фотолуминесценции прямо пропорционально логарифму интенсивности возбуждающего излучения I_v , максимум спектра свечения сдвигается в длинноволновую сторону в процессе затухания луминесценции, увеличивается вклад коротковолнового крыла при понижении температуры, кинетика затухания луминесценции носит неэлементарный характер. Все эти свойства являются признаками донорно-акцепторной рекомбинации.

Обсуждаются спектры стримерной луминесценции, природа центров рекомбинации и влияние структуры решетки на ориентацию разрядов в кристаллах ZnS . Проводится сравнение с ориентацией разрядов в ZnSe , в объеме которых ориентированные разряды не возникают при отсутствии дефектов упаковки.

Summary

Crystallographic directions and luminescence of streamer discharges in doped ZnS -monocrystals are investigated. The influence of hexagonal phase inclusions and changes of lattice parameters on discharge direction are established. Spectrum of impurity luminescence under streamer excitation and the mechanism of radiative recombination in ZnS:O are discussed.

ДИНАМИКА РЕЛАКСАЦИИ ПОЛЯ И ГЕНЕРАЦИЯ НЕРАВНОВЕСНЫХ
НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА НА ФРОНТЕ СТРИМЕРНОГО РАЗРЯДА

Прозюганя А. Н. 1), Яблонский Г. П. 2)

- 1) Брестский политехнический институт
- 2) Институт физики АН РБ

The processes of nonequilibrium charge carriers (NCC) generation and electric field relaxation in the near electrode area of discharge are analysed, when an electrode potential is increasing as $\varphi = \varphi_m t / t_0$ with a time of growth equal to t_0 and a drift velocity is equal to its saturation value. It is supposed that the NCC generation is provided by the electron tunneling between v- and c-zones. The calculations were made at different temperatures, for directions [0001], [1120] in the CdS crystal and for a period of time $t_0 = 10^{-6}, 10^{-8}, 10^{-10}$ s. It was shown that a maximum value of an electric field strength and NCC concentration are achieved for the least value of t_0 .

На фронте электрического разряда в кристалле (а также на начальном этапе вблизи электрода) за время действия электрического поля, напряженность которого превышает пороговое значение, генерируются неравновесные носители заряда (ННЗ) высокой концентрации. Система ННЗ теряет свою энергию при взаимодействии с кристаллической решеткой, а также за счет излучательной рекомбинации после релаксации поля. Концентрации ННЗ, оцениваемая экспериментально $n = 10^{19} \text{ см}^{-3}$, зависит от времени действия поля, которое, в свою очередь, будет определяться дрейфовой скоростью носителей заряда. Ускорение электронов ограничивается их взаимодействием с LO фононами и в полях $E = 10^5 - 10^6$ В/см дрейфовая скорость насчитается: $V_d = \left(\frac{\hbar \omega_{LO}}{m_e} \frac{t \hbar}{2kT} \right)^{1/2}$. Чем больше V_d , тем быстрее будет происходить расделение зарядов и релаксация поля. Это предельное значение дрейфовой скорости используется при описании развития разряда, когда $E \sim 10^5$ В/см, а концентрация ННЗ на много порядков больше, чем те, при которых проводились измерения или расчеты V_d . В данной работе ана-

лизируются процессы генерации ННЗ и релаксации поля в приэлектродной области разряда при максимальном значении дрейфовой скорости.

В случае сферического электрода напряженность электрического поля у его поверхности одинакова во всех точках и определяется отношением потенциала к радиусу электрода $E = \varphi/r$, а вектор \vec{E} параллелен вектору \vec{D} .

Энергия поля в единице объема у поверхности электрода $w = \vec{E} \vec{D}/2$ с началом генерации ННЗ будет расходоваться на их перемещение и создание объемного заряда, экранирующего поле. При этом изменение напряженности поля определяется соотношением:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\partial w / \partial t}{\partial w / \partial E} = - \frac{j}{\partial D / \partial E}$$

Если потенциал электрода возрастает с косоугольным фронтом $\frac{y_m}{t_0}$, то

$$\frac{dE}{dt} = \frac{y_m}{r \cdot t_0} - \frac{e n v_d}{\partial D / \partial E} \quad (1)$$

где $\partial D / \partial E$ - продольная компонента тензора диэлектрической проницаемости, умноженная на ϵ_0 .

Если в качестве механизма генерации ННЗ рассмотреть процесс межзонного туннелирования электронов, то концентрацию ННЗ можно найти из уравнения

$$\frac{dn}{dt} = \frac{N e E d}{2 \pi \hbar} \exp\left(-\frac{\pi \sqrt{2 m^*} E_2^{3/2}}{2 e \hbar E}\right), \quad (2)$$

где N - плотность электронов в v -зонах, d - параметр решетки, m^* - эффективная масса электронов.

Численное решение системы (1), (2) проводилось для параметров, соответствующих температурам жидкого азота и комнатной, времени нарастания фронта $t_0 = 10^{-6}$, 10^{-8} , 10^{-10} с и направлениям [0001] и [1120] кристаллов CdS.

Найдено, что максимальное значение напряженности поля достигается при минимальной длительности фронта t_0 . Концентрация ННЗ больше в направлениях большего значения $\partial D / \partial E$, резко падает с увеличением t_0 и не превышает значения $n = 10^{13} \text{ см}^{-3}$.

- 24 -
 АТТРАКТОРЫ В РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ
 УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ

Н. И. Чопчиц

Брестский политехнический институт

Рейтинговая система оценки знаний создавалась как информационная система управления, обеспечивающая саморганизацию учебных групп в процессе изучения той или иной дисциплины, при которой происходит самостратификация группы на подгруппы с близкими значениями мотивационно-возможностных учебных достижений, выражаемых значениями рейтинга, предельными в определенном смысле для репрезентантов подгруппы. На языке фазового пространства (R, \dot{R}) , где R - рейтинг, это означает появление в системе аттракторов или других типов притягивающих траекторий. В управляющей системе имеется несколько различных нелинейностей. В частности, эквивалентное число баллов j -го студента в конце $(i+1)$ -го этапа определяется выражением

$$\bar{V}_{in,j} = V_{in,j} + \frac{1}{2} \left(\frac{V_{ij}}{i} + \Delta V_{in,j} \right) + \sqrt{\frac{V_{ij}}{i} \Delta V_{in,j}},$$

где $\Delta V_{in,j}$ - непосредственно набранное на $(i+1)$ -м этапе число баллов, V_{ij} - эффективное число баллов в конце j -го этапа, определяемое с учетом двух бонификаций. Группировочная бонификация задает дополнительное число баллов, получаемых студентом, в зависимости от степени близости эквивалентного числа его баллов и эквивалентного числа баллов других студентов, что обеспечивает притяжение изображающих точек в пространстве (V, \dot{V}) :

$$\Delta \bar{V}_{in,j}^{\text{гр}} = \bar{V}_{in,j} C_2 \sum_{k \neq j} \exp(-C_2 X_{in,j,k}^2),$$

где

$$X_{in,j,k} = \frac{|\bar{V}_{in,j} - \bar{V}_{in,k}|}{\bar{V}_{in,j}},$$

C_1, C_2 - постоянные, а $\{\bar{V}_{in,j}\}$ получается из $\{V_{in,j}\}$ перестановкой, упорядочивающей указанные величины по

убыванию. Лидерная бонификация явно реализует принцип предпочтительности для студента получения большего эквивалентного числа баллов по сравнению с другими репрезентами страта, ибо любой механизм группировочной бонификации может, в принципе, быть более выгодным для недидирующего студента при соответствующей виртуальной группировке эквивалентных баллов. В предлагаемой модели рейтинга с учетом обеих бонификаций эффективное число баллов определяется выражением

$$B_{i,j} = \bar{B}_{i,j} \left[1 + C_3 - C_4 j' + C_1 \sum_{k \neq j'} \exp(-C_2 X_{i,j',k}') \right]$$

Соответствующее значение рейтинга получается на основе широко применяющейся в системах оценки качества трансформации через модифицированную функцию желательности Харрингтона

$$R_{i,j} = 5 \exp \left\{ - \exp \left[(0,65 - Y_{j'}) \prod_{k=1}^k \left(1 - \frac{\Delta B_k - \Delta B_{k,1'}}{B_{k,1'}} \right) \right] \right\},$$

где

$$Y_{j'} = \frac{B_{i,j'} \cdot N}{(i+1) B_0}, \quad \Delta B_k = \text{Max} \{ \Delta B_{k,j'} \},$$

B_0 - назначаемое преподавателем эффективное число баллов, обеспечивающее минимальный приемлемый уровень усвоения материала, чем достигается эффективное воздействие на лидера, побуждающее его иметь максимальную скорость набора баллов. Эволюция системы определяется не только информационным потоком, но и законами, определяющими поведение индивидуумов в конфигурационном пространстве состояний системы. Поскольку законы эти неизвестны, то наряду с экспериментальными исследованиями по применению рейтинговой системы в реальном учебном процессе, представляется целесообразным подход, основанный на компьютерном моделировании эволюции системы в 6-мерном конфигурационно-фазовом пространстве-времени (x, y, z, R, \dot{R}, t) , где координата x выражает в относительных единицах работоспособность (усердие), y - способности (талант), z - честолюбие. Постулируя различные аналоги традиционных вариационных принципов, в которых роль действия играет рейтинг, и используя их при ограничениях, накладываемых значениями конфигурационных координат, можно путем проектирования на подпространство (R, \dot{R}) изучать

эволюцию системы. Сравнение с экспериментальными результатами позволит путем соответствующих изменений в управляющей системе устранить возможные нежелательные типы притягивающих траекторий.

Zusammenfassung

Das Rating-System war, wie das Informationssystem für die Selbstorganisation beim Studium, geschaffen worden. Das System enthält verschiedene nichtlineare Zusammenhänge und deshalb ist die Entstehung von Attraktoren und anderen anziehenden Bahnkurven im Phasenraum (R, R) möglich. Für das Studium der Evolution des Verwaltenden Systems muß man die 6-dimensionalen Konfigurationsphasen Raum-Zeit betrachten und die Evolution bei unterschiedlichen Bedingungen im Informationssystem mit Hilfe des Variationsprinzips untersuchen, um die Entstehung unerwünschter Bahnkurven im Phasenraum (R, R) zu vermeiden.

НЕЛИНЕЙНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ - ОСНОВНОЕ УСЛОВИЕ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЯВЛЕНИЯ САМООРГАНИЗАЦИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ
С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

Гладковский В.И., Маркевич К.М., Черненко В.П.

Брестский политехнический институт

За последнее время в Брестском политехническом институте весьма интенсивно велись работы по разработке так называемой рейтинговой системы оценки знаний (РСОЗ) [1-6], применение которой позволило в значительной степени активизировать процесс учебно-познавательной деятельности студентов и повысить эффективность проводимых занятий. По мере практического применения РСОЗ и появления обнадеживающих результатов возник вопрос о возможности выявления студентов на творческий уровень познавательной деятельности [3]. Справедливости ради необходимо отметить, что отдельные студенты проявляли творческие наклонности и при обычной стандартной методике обучения. Но влияние командно-административной общественной системы и бюрократизированный подход к процессу обучения подавлял эти творческие наклонности в самом зародыше.

По нашему мнению, наблюдаемый на практике переход большого количества студентов на творческий уровень познавательной деятельности при условии применения РСОЗ можно в известной мере отождествить с процессами самоорганизации пространственных структур и волн, изучаемых новой междисциплинарной отраслью науки, получившей название синергетики [7].

Известно, что условия, необходимые для возникновения процессов самоорганизации [8], могут быть сформулированы следующим образом:

1. Система должна быть термодинамически открытой.
2. Динамические уравнения системы нелинейны.
3. Отклонения от равновесного значения превышают критическое значение.
4. Микроскопические процессы в системе происходят самосогласованно.

Рассмотрим, соответствует ли учебный процесс с применением рейтинговой системы оценки знаний (РСО) необходимым условиям возникновения процессов самоорганизации. Кроме того, с этой точки

зрения интересно рассмотреть также те требования, которые при этом налагаются на саму ГСО. Итак, начинаем рассмотрение по порядку следования вышеизложенных пунктов.

I. По-видимому, существуют достаточные основания для того, чтобы считать учебный процесс открытой системой, если иметь в виду возможность обмена информацией студентов с внешней средой, т.е. с преподавателями и студентами других групп (подгрупп) лекционного потока.

II. По поводу этого пункта вопрос остается открытым, поскольку до сих пор не установлены динамические уравнения, описывающие поведение как отдельных его элемента системы, так и всей системы в целом.

III. С целью увеличения величины отклонения от некоего гипотетически предполагаемого равновесного значения, например, по скорости набора баллов, был использован порядок начисления баллов, стимулирующий как можно более быстрое и качественное выполнение учебной работы.

IV. Самосогласованность процессов обмена информацией между студентами может быть обеспечена введением потенциала взаимодействия по баллам. Один из возможных видов такого потенциала был предложен Н.И.Чопчицем [1]. В данной работе предлагается еще один вид потенциала с меньшим, чем в [1], радиусом взаимодействия:

$$\tilde{V}_k = V_k + V_{k-1} U_{k-1, k} + V_{k+1} U_{k, k+1} \quad (1)$$

где V_k - непосредственно набранное студентом количество баллов;

k - порядковый номер студента в списке, упорядоченном по убыванию числа баллов по данному виду оцениваемой деятельности;

$U_{k, k+1}$ - потенциал взаимодействия с баллами ближайшего соседа "сверху" (с большим числом баллов);

В данном случае был выбран следующий вид потенциала взаимодействия:

$$U_{ij} = d_{ij} U_0 c_k^{-2} [d_{ij} (V_i - V_j)], \quad (2)$$

где U_0 - степень интенсивности взаимодействия;

d_{ij} - радиус взаимодействия, являющийся монотонно убывающей функцией от индекса.

Последнее необходимо для создания большей мотивации студенту самому подниматься вверх, а не увеличивать свои баллы за счет подтягивания соседей снизу. Однако не надо забывать, что потенциал (1) является двусторонним и полное пренебрежение любым из факторов неэффективно для студента.

Ввиду отсутствия в настоящее время динамических уравнений для РСОЗ надежды на возникновение каких либо упорядоченных структур приходится возлагать на нелинейность потенциала взаимодействия, а также на нелинейность процесса формализации оценки знаний. В данной работе предлагается новая формула для вычислений оценки по набранным баллам:

$$R_k = 5 \left(1 - \exp \left(- \frac{\beta \tilde{B}_k}{B_0} \right) \right)^{\gamma_k} \quad (3)$$

где R_k - оценка к-го студента, имеющего число баллов;
 B_0 - число баллов, соответствующее некоторой минимальной оценке

Коэффициент β вычисляется по формуле:

$$\beta = - \ln \left(1 - \left(\frac{R_0}{5} \right)^{\frac{1}{\gamma_k}} \right) \quad (4)$$

Величина γ_k является управляющим коэффициентом.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гладковский В.И., Маркевич К.М., Чолчиц Н.И. Относительная рейтинговая система оценки знаний по физике. - Брест. политехн. ин-т. - Брест, 1990. - Деп. в НИИВШ, 02.07.90, № 1122-90. - 11 с.
2. Гладковский В.И., Гладышук А.А., Маркевич К.М., Чолчиц Н.И. Рейтинговая система оценки знаний по физике - средство активизации учебного процесса. - Брест. политехн. ин-т. - Брест, 1990 - Деп. в НИИВШ, 27.08.90, № 1390-90, - 12 с.
3. Гладковский В.И., Маркевич К.М. Эволюция системы оценки знаний. - Брест. политехн. ин-т. - Брест, 1990. - Деп. в НИИВШ, 01.02.91, № 112-91. - 11 с.
4. Гладковский В.И., Маркевич К.М., Смоль А.С. Применение рейтин-

говой системы оценки знаний - способ повышения эффективности практических занятий. - Тезисы докл. XI зонального совещания заведующих кафедрами и ведущих преподавателей по физике вузов Белоруссии, Латвии, Литвы, Эстонии и Калининградской области РСФСР. - Калининград, 1991. - 1 с.

5. Гладковский В.И., Маркевич К.М., Прокопеня А.Н., Чопчиц Н.И. Некоторые аспекты формализации оценки знаний студентов как качества продукции для перехода на рейтинговую оценочную систему в целях реформирования физического образования. - Тезисы докл. XI зонального совещания заведующих кафедрами и ведущих преподавателей по физике вузов Белоруссии, Латвии, Литвы, Эстонии и Калининградской области РСФСР. - Калининград, 1991. 1 с.
6. Гладковский В.И., Гладышук А.А., Маркевич К.М., Смаль А.С., Чопчиц Н.И. Управление учебным процессом при помощи рейтинговой системы оценки знаний. - Брест. политехн. ин-т. - Брест, 1991. - Деп. в НИИВШ, 25.II.91, № 745-91. - 12 с.
7. Хакен Г. Синергетика. - М., 1980.
8. Рубин А.Ф. Биофизика; в 2-х кн.: учеб. для биол. спец. вузов. Кн. I. Теоретическая биофизика. - М.: Высш.шк., 1987. - 319 с.

Summary

A possibility of appearance of a self-organisation phenomenon in the academic process with application of a rating system of knowledge valuation is discussed in this work. The appearance of this phenomenon due to unknown dynamic equations for the given system, is caused by nonlinearity of interaction potential between grades.

A resulting equation for the proposed potential as well as new formulae for the rating system are given.

- 61 -
 ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
 ТРАНСПОРТА РАДИОНУКЛИДОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ
 СИСТЕМАХ

С. САММЕТ, FACHHOCHSCHULE RAVENSBURG-WEINGARTEN (ФРГ)

Все математические модели транспорта радионуклидов в биологических системах носят полуприноципиальный характер, поэтому их верификация предполагает, во-первых, статистическую проверку на адекватность соответствующих функциональных зависимостей, даваемых моделями, и, во-вторых, определение феноменологических констант моделей. Рассмотрим в качестве примера процедуру верификации моделей транспорта, основанных на дифференциальных уравнениях 1-го порядка. Будем предполагать, что масса мышечной ткани m биологической особи в течение времени наблюдения постоянна. Пусть $m_1(t)$ - масса радионуклида в мышечной ткани особи. В духе традиционных представлений о процессе транспорта можно предположить, что скорость вывода радионуклида из мышечной ткани в момент t пропорциональна его массе в ткани в момент времени $(t - \tau)$, где τ - некоторое характерное время запаздывания биологических процессов: $\left(\frac{dm_1}{dt}\right)_{\leftarrow} = -\lambda m_1(t - \tau)$ где λ - величина, постоянная λ приближении малых концентраций радионуклида в организме. Скорость поступления радионуклида в организм пропорциональна массе потребляемой p единицу времени пищи m_p и ее удельной активности A_0 :

$$\left(\frac{dm_1}{dt}\right)_{\leftarrow} = \beta m_p A_0 / A_1$$

где β определяет усвояемость радионуклидов, A_1 - удельная активность радионуклида. Простейший вид зависимости $m_1(t)$ получается в предположении, что до некоторого момента времени t_0 биологическая особь получала пищу с удельной активностью A_0 , причем промежуток времени $t < t_0$ достаточно велик для того, чтобы можно было считать $m_1(t) = m_{1p}$ где m_{1p} - равновесная концентрация радионуклида в мышечной ткани; начиная с момента t_0 , до момента $t_0 + T$ часть пищи имеет другую, например, более высокую активность A_0^* , а при $t > t_0 + T$ вся получаемая пища опять имеет удельную активность A_0 . Тогда при $t < t_0$ имеем

$$\frac{dm_1}{dt} = -\lambda m_{1p} + \beta m_p \frac{A_0}{A_1} = 0,$$

где m_p - масса пищи, потребляемой в единицу времени в равновесном

режиме. Переходя к измеряемой удельной активности тканей $A_p = \frac{M_p}{M} A_1$ получим $-\lambda + \beta \frac{m_0}{m} \frac{A_0}{A_p} = 0$, откуда

$$\beta = \lambda \frac{m}{m_0} \frac{A_p}{A_0} \quad (1)$$

Условие постоянства массы особи при $t \in (t_0, t_0 + T)$ может быть записано в виде $C_0 M_{op} = C_0 M_0' + C_0^* M_0^*$, где M_0' - масса пищи с удельной активностью A_0 , потребляемая в единицу времени в указанном временном интервале, M_0^* - аналогичная величина для пищи с удельной активностью A_0^* ; C_0, C_0^* - соответствующие энергетические эквиваленты этих видов пищи. Учет времени по времени условия сшивки решений дифференциальных уравнений, определяющих зависимость $A(t)$ для различных временных интервалов или использовать дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом. Рассмотрим вначале первый вариант с учетом того, что $T \ll T$. Игнорируя возможное различие β при $t < t_0$ и при $t \in (t_0, t_0 + T)$, связанное, например, с тем, что коэффициент усвоения радионуклида может зависеть от наличия других, родственных в химическом отношении, элементов в пище, получим для $t \in (t_0 + \tau, t_0 + T + \tau)$ следующее дифференциальное уравнение, определяющее зависимость $A(t)$:

$$\frac{dA}{dt} = -\lambda A + \beta \left(m_0' \frac{A_0}{A_1} + m_0^* \frac{A_0^*}{A_1} \right)$$

Переходя к измеряемой удельной активности тканей A и учитывая (1), получим

$$\frac{dA}{dt} = -\lambda (A - A_p) + \frac{\lambda A_p m_0^*}{M_{op} A_0} \left(A_0^* - \frac{C_0^*}{C_0} A_0 \right) \quad (2)$$

Решение уравнения (2) с учетом того, что при $t = t_0 + \tau$, $A = A_p$, имеет вид

$$A = A_p \left\{ \left[1 + \frac{m_0^* A_0^*}{M_{op} A_0} - \frac{m_0^* C_0^*}{M_{op} C_0} \right] + \left(\frac{m_0^* C_0^*}{M_{op} C_0} - \frac{m_0^* A_0^*}{M_{op} A_0} \right) \exp[-\lambda (t - t_0 - \tau)] \right\} \quad (3)$$

Аналогично, при $t > t_0 + T$ имеем уравнение

$$\frac{dA}{dt} = -\lambda (A - A_p), \quad (4)$$

решение которого с учетом сшивки значения A при $t = t_0 + T + \tau$ имеет вид

$$A = A_p \left[1 + \left(\frac{m_0^* A_0^*}{M_{op} A_0} - \frac{m_0^* C_0^*}{M_{op} C_0} \right) (e^{-\lambda T} - 1) e^{-\lambda (t_0 + \tau)} e^{-\lambda t} \right] \quad (5)$$

При втором способе учета времени τ можно в линейном приближении

положить: $m_1(t-\tau) = m_1(t) - \tau \frac{dm_1}{dt}$. Тогда, например, вместо уравнения (2) имеем уравнение

$$\frac{dA}{dt} = - \frac{d}{1+d\tau} (A - A_p) + \frac{d}{1+d\tau} \frac{A_p m_0^*}{m_{op} A_0} \left(A_0^* - \frac{C_0^*}{C_0} A_0 \right) \quad (6)$$

и условие сшивки: $A = A_p$ при $t = t_0$. Аналогично видоизменяется уравнение (4) и сшивка его решения с решением уравнения (5) должна производиться при $t = t_0 + T$. Соответствующие выражения для $A(t)$ выписывать не будем. Процедура верификации модели может осуществляться либо на основе экспериментальных зависимостей $A(t)$ для отдельных особей с последующей статистической обработкой результатов и в этом случае она достаточно проста, но требует детальных лабораторных исследований, либо на основе анализа временных сечений динамического ряда, описывающего эволюцию статистического ансамбля биологических особей в естественных условиях. Рассмотрим более подробно последний вариант с использованием обширного экспериментального материала по сезонным вариациям удельной активности тканей козуль (Rehwild) в лесах Обершвабии [1-6], связанным с появлением в сентябре - октябре грибов (Maronenröhrlingen), являющихся существенным компонентом пищи козуль в этот период и имеющих значительно больший коэффициент усвоения радионуклидов из почвы по сравнению с пищей, потребляемой козулями в остальное время. Существенной особенностью процесса верификации в этом случае является то, что ареал обитания особи составляет $\sim 0,5 \text{ км}^2$, и в его пределах загрязненность почвы и коэффициенты переноса радионуклидов из почвы в растение сильно изменяются. Эти особенности могут быть учтены на первом этапе процесса верификации - проверке адекватности зависимости (1), если учесть, что коэффициент полезного действия биологической особи как тепловой машины достаточно мал ($\sim 0,1$). Тогда из элементарных энергетических соображений вытекает соотношение $C_0 m_{op} \sim m^{2/3}$. При верификации на первом этапе подлежит соотношению $\beta \sim d m^{4/3} A_p / A_0$. Несмотря на то, что действительная причинно-следственная связь между A_p и A имеет вид $A_p = \frac{1}{2} (A_0)$, при статистическом анализе верифицируемой зависимости удобно представлять в виде $A_0 \sim \rho m^{1/3}$, поскольку погрешности определения величин A_0 существенно больше, чем в определении величин A_p и m . Используя стандартные процедуры сглаживания экспериментальных данных, основанные,

например, на методе наименьших квадратов, можно установить значимость регрессии, найти доверительные интервалы для ее коэффициентов и дисперсии, а также произвести статистическую проверку на адекватность. Проведение первого этапа верификации позволяет исключить из дальнейшего рассмотрения регионы, для которых вследствие упомянутых выше флуктуаций загрязненности почвы и коэффициентов переноса радионуклидов из почвы в растение, статистические данные следует считать нерепрезентативными. На втором этапе верификации производится сглаживание экспериментальных данных в соответствии с формулами (3), (5) или их аналогами при втором способе учета времени τ и определение величины β . При этом в соответствии с аналогом стандартной гипотезы эргодичности при $t > t_0$ используются лишь результаты измерений для тех регионов, для которых они репрезентативны в указанном выше смысле. Следует отметить, что отсутствие достаточных данных о разбросе A_c для ареалов обитания каждой отдельной особи вынуждает пользоваться верхними оценками этого разброса, поэтому доверительные интервалы для β получаются достаточно большими. Попытка их существенного уменьшения путем рассмотрения зависимости $A(t)$ для выборок с ограничением амплитуды её колебаний не приводит к заметным успехам вследствие малого объема соответствующих выборок при $t > t_0$. Поэтому фактически единственным критерием физико-биологической адекватности модели может служить равенство в статистическом смысле значений при $t \in (t_0, t_0 + T)$ и $t > t_0 + T$, а также для различных лет мониторинга. Аналогичные проблемы возникают и при верификации моделей, основанных на дифференциальных уравнениях первого порядка, в которых используются предположения о фрактальной размерности системы транспорта. Верифицируемая система уравнений при первом способе учета τ имеет следующий вид:

$$\beta = \frac{\Delta(mA_p)^{1-\beta}}{m_0 \cdot A_0 \cdot A_1^\beta}$$

$$\frac{dA}{d\tau} = -\frac{\Delta m^\beta}{A_1^\beta} (A^{1-\beta} - A_p^{1-\beta}) + \frac{\Delta m \cdot m_0 \cdot A_p^{1-\beta}}{m_0 \cdot A_0 \cdot A_1^\beta} \left(A_0^\beta - \frac{C_0}{C_1} A_0 \right), \quad t \in (t_0 + \tau, t_0 + \tau + T)$$

$$\frac{dA}{d\tau} = -\frac{\Delta m^\beta}{A_1^\beta} (A^{1-\beta} - A_p^{1-\beta}), \quad t > t_0 + \tau + T$$

где β - показатель фрактальности системы транспорта. Математические проблемы сглаживания, возникающие вследствие того, что решения уравнений можно получить лишь с использованием численных методов, можно преодолеть, используя линейное по β прибли-

ление аналитическое решение этих уравнений, поскольку из биологической литературы известно, что ожидаемое значение ξ имеет порядок 0,1.

- [1] Enable - Datenbank "reh 90. dbf"
- [2] Enable - Datenbank "bewuchs. dbf"
- [3] Erissner, J.: Radiocasium - Transfer im okosystem Wald in Oberschwaben, Diplomarbeit, Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, 1991
- [4] Erb, W.: Untersuchung der regionalen Variation der Transferfaktoren für Radiocasium in den Wäldern Oberschwabens, Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, 1990.
- [5] Hund, M.: Radiocasium in Waldokosystemen Oberschwabens: Transportmechanismen, Diplomarbeit, Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, 1991.
- [6] Niebuhr, J., Zibold, G.: Untersuchungen über die Strahlenbelastung von Wild in Abhängigkeit von verschiedenen Vegetationsformen vornehmlich in den Landkreisen Ravensburg und Biberach, Abschlußbericht, Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, 1988.

ZUSAMMENFASSUNG

Man betrachtet die Fragen, die mit der Verifikation von mathematischen Modellen des Radionuklidtransports in biologischen Systemen verbunden sind. Bei dieser Untersuchung gibt es als Grundlage jedoch keine Experimentaldaten, die zeitliche Abhängigkeit der Fleischkontamination von einzelnen Lebewesen beschreiben. Aber es liegen Daten über die Fleischkontamination vor, welche eine zeitliche Auswahl aus der Menge der dynamischen Abhängigkeiten des statistischen Ensembles von biologischen Objekten darstellen. Deshalb muß man bei der Verifikation die ergodische Hypothese benutzen, und die Verifikation in zwei Etappen durchführen, um in der ersten Etappe nichtrepräsentative Werte auszuschließen.

ОТКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ - ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ
И ЭКСПЕРИМЕНТА
международный семинар / 20-24 января 1992 г./
Тезисы докладов и программа семинара

Ответственный за выпуск Гладышум А.А.

Редактор Строкач Т.В.

Подписано в печати 13.01.92 г. Формат 60x84/16. Усл.п.л.5,7.

Уч.изд.л.4,0. Заказ № 16. Тираж 100 экз. Вес.латно.

Отпечатано на ротатипите Брестского политехнического института
224017, Брест, ул.Московская, 267.