

МАКЕДОНСКА АКАДЕМИЈА НА НАУКИТЕ И УМЕТНОСТИТЕ

ПРИСТАПНИ ПРЕДАВАЊА, ПРИЛОЗИ И БИБЛИОГРАФИЈА

НА НОВИТЕ ЧЛЕНОВИ НА МАКЕДОНСКАТА АКАДЕМИЈА
НА НАУКИТЕ И УМЕТНОСТИТЕ

XI

СКОПЈЕ, 1993

ПРИСТАПНИ ПРЕДАВАЊА, ПРИЛОЗИ И БИБЛИОГРАФИЈА НА НОВИТЕ
ЧЛЕНОВИ НА МАКЕДОНСКАТА АКАДЕМИЈА НА НАУКИТЕ И УМЕТНОСТИТЕ

XI



MACEDONIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

OPENING ADDRESSES, CONTRIBUTIONS
AND BIBLIOGRAPHY

OF THE NEW MEMBERS OF THE MACEDONIAN
ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

XI

SKOPJE, 1993

МАКЕДОНСКА АКАДЕМИЈА НА НАУКИТЕ И УМЕТНОСТИТЕ

ПРИСТАПНИ ПРЕДАВАЊА, ПРИЛОЗИ И БИБЛИОГРАФИЈА

НА НОВИТЕ ЧЛЕНОВИ НА МАКЕДОНСКАТА АКАДЕМИЈА
НА НАУКИТЕ И УМЕТНОСТИТЕ

XI

СКОПЈЕ, 1993

Уредник: акад. Крум Томовски

На десеттото изборно собрание на Македонската академија на науките и уметностите, одржано на 7 мај 1991 година, беше извршен избор на нови членови во работниот и надвор од работниот состав на Академијата. За нови членови надвор од работниот состав беа избрани: проф. д-р Радомир Ивановиќ, проф. д-р Владимир Мајер, проф. д-р Драгослав Митриновиќ, д-р h.c. Алфред Рот, д-р Паскал Сотировски и проф. д-р Титус X. Ј. Хунсман. За нови членови во работниот состав беа избрани дописните членови проф. д-р Цветан Грозданов и проф. д-р Љупчо Серафимов.

На 23 октомври 1991 година дописните членови, проф. д-р Цветан Грозданов и проф. д-р Љупчо Серафимов, ги одржаа своите пристапни предавања. Пристапно предавање одржа и членот на Академијата надвор од работниот состав проф. д-р Радомир Ивановиќ, а д-р Паскал Сотировски пристапно предавање одржа на 7 мај 1992 г.

Во оваа публикација се објавуваат одржаните предавања, како и пристапното предавање на проф. д-р Ратко Јанев, избран за член на Академијата надвор од работниот состав на 7 октомври 1988 г., одржано на 22 јуни 1990 г.

СОДРЖИНА
TABLE OF CONTENTS

ЦВЕТАН ГРОЗДАНОВ

Ликовите на св. Кирил и св. Методиј во живописот на Македонија и соседните краишта. Појава, карактеристики и еволуција	9
--	---

РАДОМИР ИВАНОВИЌ

Пофалба на дарбата (Елементите на класицизмот, предромантизмот и романтизмот во поемата <i>Сердарот</i> од Григор С. Прличев)	29
---	----

РАТКО К. ЈАНЕВ

Контролирана термонуклеарна фузија	41
--	----

ЉУПЧО СЕРАФИМОВ

The role of biomechanical factors in functional adaptation of children's hip joint	55
--	----

ПАСКАЛ СОТИРОВСКИ

Analyse spectrale des taches et des eruptions solaires	99
--	----

Цветан Грозданов

Д-р ЦВЕТАН ГРОЗДАНОВ е роден на 5 март 1936 г. во Охрид. Студирал на Филозофскиот факултет во Белград, група историја на уметноста. Дипломирал во 1961 година. Како стипендист на владата на СРМ бил на специјализација по средновековната и византиската уметност на Филозофскиот факултет во Белград, а како стипендист на француската влада бил на усовршување по историјата на византиската уметност на College de France во Париз. Докторирал на Филозофскиот факултет во Белград. На Филозофскиот факултет во Скопје работи од 1969 г., прво како асистент, па вонреден професор, а од 1985 г. како редовен професор.

Научноистражувачката дејност на проф. Грозданов во најголем дел го опфаќа проучувањето на живописот од средниот и доцниот среден век во Македонија и во соседните балкански средини. Тематски проучуваната материја опфаќа неколку подрачја, а најголем дел се однесува на проучување, откривање и идентификување на портретите на св. Кирил и Методиј и нивните ученици. Посебен дел претставува синтеза на охридскиот фрескоживопис од XIV век.

За дописен член на Македонската академија на науките и уметностите е избран на 7 мај 1991 година.

ЛИКОВИТЕ НА СВ. КИРИЛ И СВ. МЕТОДИЈ ВО ЖИВОПИСОТ НА МАКЕДОНИЈА И СОСЕДНИТЕ КРАИШТА. ПОЈАВА, КАРАКТЕРИСТИКИ И ЕВОЛУЦИЈА

Местото и улогата на св. Кирил и св. Методиј во втемелувањето на словенската култура и писменост во науката одамна се согледани и оценети. По Методијевата смрт (885 г.) и изгонувањето на учениците на Солунските браќа од Панонија единствено е мислењето дека Македонија со Климентовиот и Наумовиот Охрид во најголема мера придонесе да се зацврстат и одржат придобивките на Моравската мисија.¹ Во прогледувањето на сознанијата за улогата на Македонија во континуираното чување и развивање на неходите на најстарата епоха на словенската култура и писменост, македонската наука има посебно место со објавувањето на значајни резултати во неколку зборници посветени на Солунските браќа, нивните ученици и следбеници.² Една од областите на кирило-методијевската проблематика секако се однесува и на застапеноста на првите словенски учители во средновековниот и доцносредновековниот живопис и нивната еволуција во уметноста на преродбата во Македонија. Веднаш да го истакнеме фактот дека објавените примероци на зачуваниите претстави на св. Кирил и св. Методиј од Цариград, Италија, Чехословачка, Русија и Бугарија укажуваат на голема разретченост на овие ликови, особено во постариот период. Така, од средновековниот Рим се зачувани само три композиции врзани за Солунските браќа во базиликата Сан Клементе, и тоа пред сè поради прославувањето на папата св. Климент.³ Во Бугарија не се идентификувани заснички претстави на св. Кирил и св. Методиј во ниту еден споменик постар од XIX век.⁴ Во Чехословачка, од средниот век, се знае само за две нивни биста

¹ Г. Острогорски, *Моравска мисија и Византија*. Византија и Словени, изд. Сабрана дела IV, Београд 1970, 59–78.

² *Словенска писменост, 1050 години од смртта на Климент Охридски*. Охрид 1966; Кирил Солунски 1 и 2, Симпозиум 1100 години од смртта на Кирил Солунски, МАНУ, Скопје 1970; *Наум Охридски*. Охрид 1985; *Кирилметодијевскиот (старословенскиот) период и кирило-методијевската традиција во Македонија*. Прилози од научниот собир одржан во повод 1100-годишнината од смртта на Методиј Солунски, Скопје 1–3 октомври 1985, МАНУ, Скопје 1988; *Климент Охридски и улогата на Охридската книжевна школа во развитокот на словенската просвета*. Материјали од научен собир одржан во Охрид од 25 до 27 септември 1986 година, МАНУ, Скопје 1989.

³ L. Boyle, *Saint Klément*, Roma 1963, 41–43; B. Пандурски и С. Босилков в *Рим*, София 1970, 35–38.

⁴ А. Василев, *Образите на Кирил и Методиј в Бугарија*, София 1970, 5–7; А. Божков, *Изображенијата на Кирил и Методиј през вековите*, София 1989 – passim, албум со богат илустративен материјал, но без историско-уметничка методологија и со големи празнини.

од катедралата Св. Вит во Прага.⁵ Кога пред дваесеттина години М. Ќоровиќ-Љубинковиќ го направи првиот обид да го проследи култот на Солунските браќа во балканската уметност, таа укажа само на два сосема сигурни ликови на св. Кирил од Св. Софија во Охрид и на една икона од Морача од околу 1640 години.⁶ Толку малку податоци не даваа можност за систематско следење на овие ликови, додека ограничениот број примероци уште повеќе го усложнуваа прашањето за причините за нивното отсуство. Тоа особено беше очигледно при споредбата на портретите на Солунските браќа со исклучителното мноштво сочувани ликови на св. Климент и на св. Наум Охридски.

Во поново време се создадоа претпоставки за нов историско-уметнички и научен приод во проучувањето на овие портрети, со надминување на изолираното разгледување на проретчени хронолошки и територијално неповрзани ликови. Покрај новите идентификации на портретите од средниот век, направен е поголем пробив во следењето на овие ликови во XVI и XVII век. Во текот на последните години речиси во целост е формирано и заокружено нашето сознание за животот на ликовите на св. Кирил и св. Методиј во живописот на Македонија и на Охридската архиепископија како извориште на нивната иконографија.

Ние и порано го изнесовме становиштето дека во Охрид и во соседните краишта е најстарото и постојано средиште на култот на словенските учители во уметноста,⁷ што не го игнорира постоењето и на други регионални пунктови. Ја изнесовме и констатацијата дека византиските државни центри по завршувањето на Моравската мисија немаа повеќе интерес за личностите на св. Кирил и св. Методиј, па затоа нив не ги среќаваме во репертоарот на „официјалната“ иконографија на Царството, како и во византиската книжевност на грчки јазик надвор од охридскиот архиепископски центар.⁸ Траги од познавање на мисиите на Кирил и Методиј во Цариград наоѓаме само во сликата на св. Климент Римски во минијатурата на Менологот на царот Василиј II, со можност во првите две личности да се препознаат Солунските браќа, како што пишуваше И. Дујчев, кој истапи со сериозна претпоставка за нивната идентификација во овој дворски илуминиран ракопис.⁹ За животот на овие портрети во Охридската архиепископија, по пропаѓањето на Самоиловото Царство и смртта на Јоан Дебарски (†1037), од најголемо значење беше односот на архиепископите кон негувањето на култот на словенските мисионери, со што ја одржувале и врската со словенската паства.¹⁰

* * *

⁵ К. Петров, *Две високорелјефни попроса на св. Кирил и св. Методиј од XIV век*, Годишен зборник, 26, Филозофски факултет на Универзитетот во Скопје, Скопје 1974, 79–107.

⁶ М. Ќоровиќ - Љубинковиќ, *Одраз култа Ѓирила и Методија у балканској средње-вековној уметности*, Кирил Солунски 1, Скопје 1970, 123–130.

⁷ Ц. Грозданов, *Појава и продор портрета Климента Охридског у средње-вековној уметности*, Зборник за ликовне уметности 3, Нови Сад 1967, 49–55.

⁸ Ц. Грозданов, *Портрети на светителите од Македонија од IX–XVIII век*, Скопје 1983, 17–24.

⁹ I. Duǵdev, *Une miniature byzantine meconnue avec les images de Cyrille et Methode*, Byzantion XXXVI, 1, Bruxelles 1966, 51–73.

¹⁰ Ц. Грозданов, *Појава и продор*, 49–55.

Поради незачуваноста на првобитните храмови на св. Климент и св. Наум, во кои ескако биле поставени ликовите на нивните учители, за нас од капитално значење се портретите зачувани во Св. Софија во Охрид. Прилично добро зачуваната фигура на св. Кирил, сигниран на грчки јазик како учител, потоа на св. Климент и третиот мошне уништен лик, веројатно на св. Методиј, припаѓаат на првиот ансамбл на архиепископот Леон (Лав), кој ги нарачал фреските околу 1040 година.¹¹ Тие се дел од големата галерија на фигури на 60 архијереи со екуменско значење, меѓу кои се ликовите на шесте римски папи. Со нивното присуство се одбележуваат личностите што го вовеле словенскиот свет во христијанството. Св. Кирил носи архијерејска одежда како и на сите други негови ликови во Македонија, со што се нагласува неговата ученост, иако тој никогаш не примил архијерејски чин.¹² Тој е насликан како скоро сед човек, со симетрично распоредена густа подбелена коса и недолга брада, складно лице, денес веќе со делумно оштетени очи. Овие типолошки белези на св. Кирил, во основа, зографите ги задржуваат и во другите средновековни претстави.



Црт. 1 – Св. Кирил, Св. Климент и веројатно Св. Методиј.
Св. Софија, Охрид, околу 1045 г.

(Цртеж: Т. Крстевски)

¹¹ С. Радојчић, *Прилози за историју најстаријег охридског сликарства*, Зборник радова Византолошког института 8/2, Београд 1964, 369; М. Ђоровић-Љубинковић, о.с., 123–125; Ц. Грозданов, *Портрети*, 25–26.

¹² Ц. Грозданов, *Портрети*, 25–26.

Исклучително значење има сигурната идентификација на фигурите на св. Кирил и св. Методиј во црквата Св. Ѓорѓи во Курбиново од 1191 година. Како што е познато, во постарите монографски дела и тематски прегледи за Курбиново овие фигури се означувани како непознати.¹³ Меѓутоа, св. Кирил и Методиј се засведочени со добро зачувани грчки натписи во кои се подвласува нивната учителска титула, како и крај ликот на св. Кирил во Св. Софија Охридска. Тие се поставени фронтално, на јужниот ѕид од црквата, еден крај друг, во архијерејска одежа, а до св. Кирил е фигурата на истоимениот александриски светец (св. Кирил Александриски), според кого словенскиот учител го добил своето монашко име.¹⁴ Во византиско-словенската ликовна сфера, всушност, тука го среќаваме најстариот зачуван портрет на св. Методиј, а неговите типолошки црти во Курбиново би ја зацврстиле претпоставката дека во Св. Софија, покрај св. Кирил и св. Климент, бил насликан св. Методиј. Непосредно по оваа идентификација во Курбиново соопштивме дека на спротивната страна од овие фигури, на северниот ѕид од олтарот, до пробиената камара во протезисот, е насликан св. Климент Охридски, на што укажуваат сите негови типолошко-физиономски белези. Во исто време ја изнесуваме претпоставката дека до него, на другата страна од камарата, е св. Климент Римски.¹⁵ Тие двајца се незначително свртени еден кон друг, како да учествуваат во литургиска служба. Сите споменати архијереи – св. Кирил, св. Методиј, св. Кирил Александриски, св. Климент Охридски и веројатно и папата св. Климент Римски, чинат една заокружена тематска група. Со ова откритие се потврдува континуитетот на епохата на словенската култура и писменост кон крајот на XII век во Македонија, поврзаноста со живописот на Св. Софија во Охрид, а и можната врска со Самоиловиот храм Св. Ахил во Преспа, кој тогаш бил зачуван. Ликовите на св. Кирил од Св. Софија и Курбиново се сродни и тие го покажуваат како постар архијереј што не е во сообразност со изворните вести, но тоа се прифатените карактеристики во македонската ликовна традиција. Се разбира дека ликовите на св. Кирил и Методиј во Курбиново го потврдуваат интересот кон нив на една од водечките зографски работилници, а текстот на нивните сигнатури е непосреден израз на сфаќањата на охридските архиепископи за нивната мисија.

Во големите споменици од времето на уметноста на Палеолозите, во работилницата на зографите Михаил и Евтихие, со св. Кирил и св. Методиј се среќаваме во Календарот во црквата Св. Ѓорѓи во Старо Нагоричане кај Куманово, чиј живопис е изведен 1316–1318 година.¹⁶ Тие се вклопени во репертоарот на Календарот, и тоа под 14 јуни кога се слави денот на св. Методиј Цариградски; кон нив е додадена и фигурата на пророкот Амос кој се слави на 15 јуни. Според нашата поранешна анализа, заедничкото поставување на Солунските браќа преку пропуст во идентификацијата со цариградскиот св. Методиј настанало поради непознавање на нивните житија од страна на Михаил и Евтихие. Затоа ние го изнесуваме мислењето дека тие се внесени во Календарот по барање на нагоричанските калуѓерски

¹³ Р. Љубинковиќ, *Стара црква села Курбинова*, Старинар XV (1940), Београд 1942; *Студии из средновековне уметности и културне историје*, Београд 1982, 12; L. Hadermann-Misguich, *Kurbino*, Bruxelles 1975, 92–93.

¹⁴ Д. Барциева, *Вонредно откритие: св. Методиј и св. Кирил во „Св. Ѓорѓи“ (Курбиново – 800 години подоцна)*, ЛИК, Скопје, 25 септември 1991, 11; Ц. Грозданов, *800 години на Курбиново*, Нова Македонија, Скопје, 20 октомври 1991, 4.

¹⁵ Ц. Грозданов, о. с., 4.

¹⁶ Н. П. Кондаков, *Македонија*, Санктпетербург 1909, 198–199.

старешини Андоние и Венијамин.¹⁷ Но независно од начинот на нивното вклучување во Календарот, забележано е дека св. Методиј е насликан по-стар по години, со полиставрион што најчесто го носат архијереи со висок ранг, додека св. Кирил е претставен нешто помлад, со фелон и со густа и малку подбелена коса.¹⁸

Во текот на XIV век евидентен е и процесот на замена меѓу св. Кирил Александриски и св. Кирил Филозоф. Тоа се следи во сигнатурите и во одеждата на едноимените архијереи. Оваа појава се следи во Северна Македонија и Јужна Србија, како и на тремеџето со Бугарија.¹⁹ Судејќи според примероците од Станичење,²⁰ Беренде,²¹ а подоцна од Пречиста во Матка кај Скопје,²² како и по други споменици, очигледно е неснаоѓањето на зографите и нарачателите точно да ги фиксираат белезите на св. Кирил Филозоф, чија сигнатура ја испишуваат, но го сликаат со митрата на св. Кирил Александриски.²³

Една особена појава во животот на портретите на св. Кирил во ликовната уметност претставуваат неговите фигури во монашка одежда.²⁴ Во прашање се три до денес идентификувани ликови, датирани во средината на XVI до средината на XVII век, и тоа: во припратата на Пејската патријаршија од 1565 г.,²⁵ во Богородичната црква во Студеница од 1568 г. и на една икона од Морача што е изработена околу 1640 г.²⁶ Сите споменати примероци се извонредно зачувани, со читливи сигнатури (св. Кирил Филозоф) и го покажуваат предводникот на Моравската мисија во средовечна возраст. Св. Кирил Филозоф во живописот на Студеница и во Морача е насликан во цел раст, со свиток на кој е испишан текст, кој неодамна беше прв пат објавен од З. Гавриловиќ²⁷ и авторот на овој текст.²⁸ На свитокот е почетокот на молитвата на младиот Константин-Кирил, која, поаѓајќи од Солун за Цариград, ја изговорил во очекување на помошта на Премудроста, за

¹⁷ Ц. Грозданов, *Портрети*, 28–30.

¹⁸ Ibid., 28–30.

¹⁹ Ibid., 22, сл. 2.

²⁰ Ц. Грозданов, *Портрети*, 30–32; Р. Љубинковић, *Црква светог Николе у Станичењу*, Зограф 15, Београд 1984, 80.

²¹ Е. Бакалова, *Стенописите при село Беренде*, София 1976, 15–16, сл. 10 и сл. 11.

²² З. Расолкоска-Николовска, *Портретот на Климент Охридски во Матка*, Ликовна уметност 8–9, Скопје 1983, 105–108.

²³ Ц. Грозданов, о. с., 30–32.

²⁴ Ц. Грозданов, *Книжевно-историските основи на монашките претстави на св. Кирил Филозоф*, Спектар, год. VII, бр. 14, Скопје 1989, 19–27.

²⁵ С. Петковић, *Зидно сликарство на подручју Пејске патријаршије 1557–1614*, Нови Сад 1965, 162; Ц. Грозданов, *Портрети*, 33–34; Id. *Ѓирило и Методије у уметности обновљене Пејске патријаршије*, Косовско-метохијски зборник 1, Београд 1990, 144–145.

²⁶ В. Р. Петковић, *Манастир Студеница*, Београд 1924, 52; Р. Николић, *Конзерваторски запис о преосталом живопису светог Саве у Богородичиној цркви манастира Студенице*, Саопштења XVIII, Београд 1986, 32, сл. 6; Ц. Грозданов, *Книжевно-историските основи*, 19–25; З. Гавриловић, *Живопис вестибила Богородичине цркве у Студеници. Избор тема и симболика*, Студеница и византиска уметност око 1200 године, Београд 1988, 185–186. За морачката икона в. В. Ј. Ѓурић, *Иконе из Југославије*, Београд 1961, 62–63; М. Ѓоровић-Љубинковић, *Одраз култа Ѓирила и Методија*, 128–129; З. Гавриловић, *Живопис вестибила*, 186; Ц. Грозданов, *Книжевно-историските основи*, 19–27.

²⁷ З. Гавриловић, о. с., 185, 186.

²⁸ Ц. Грозданов, о. с., 19–27.



ПОМО
[Л]ИХ СЕ
[И] РВХЪ
А И
ДАЖ М
ГЪ И
ЖЕ ОУ П
РВСТОЛА
ГО
ТВОЕ ШК
ГО
РОУЖ'НЪ
ПРЪМДА
РОСТ

Црт. 2 – 1) Калк на натписот од свитокот на св. Кирил во Студеница.
2) Транскрипција на текстот од свитокот на св. Кирил Филозоф во Морача.

што пишува авторот на Житието на св. Кирил, веројатно св. Климент Охридски.²⁹ Како што утврдивме, текстот на молитвата „дај ми ја Премудроста што е крај Твојот престол“ е преземен од Прем. Солом. (9,4; 9,5). Благодарейќи на оваа идентификација, можевме да утврдиме дека зографите се служеле со Кириловото житие од кое и сознале дека тој починал како монах и затоа го сликале во монашка, а не во архијерејска одежда. Во исто време тој се претставува, исто така според житието, на средни години. Во прашање е појава која во живописот се следи непосредно по обновувањето на Пејската патријаршија, секако врз словенските книжевни и ликовни традиции на процутот на словенската книжевност на охридскиот архиепископ Прохор, чие владеење остави значајни траги во Србија.³⁰ До денес монашки портрети на св. Кирил во Македонија не се откриени, но физиономски со нив е близок ликот од 1607 г. на олтарот на Сливничката црква на Богородица, каде е сигниран како Филозоф.³¹

²⁹ А. Теодоровъ-Баланъ. *Кирил и Методий*. София 1920, 31–33.

³⁰ Ц. Грозданов. *Студии за охридскиот живопис*, 150–158.

³¹ Id., *Книжесно-историските основи*, 21.



Сл. 1

Св. Методиј, св. Кирил Филозоф и св. Кирил Александриски, Курбиново 1191 г.



Сл. 2
Седмочисленици, Сливница, Преспа, 1612 г.



Сл. 3
Св. Никола, Драча кај Крагуевац, 1735 г.



Сл. 4

Седмочисленици, Вевчани кај Струга, XIX век.

Во животот на портретите на св. Кирил и св. Методиј настапуваат суштествени промени околу 1600 г. и подоцна. Имено, оттогаш се следи обликувањето и еволуцијата на композицијата на Седмочислениците. Најстариот примерок на оваа слика потекнува од Богородичината црква во манастирот над с. Сливница, во Преспа. Композицијата е зачувана во целост и таа ја покрива долната зона на припратата на северната страна; живописот на овој дел е датиран со натпис во 1612 г. Сите словенски учители се поставени во нел раст, фронтално, од двете страни на св. Кирил кој е во средината, помеѓу св. Методиј и св. Климент; тие се насликани како архијереи, заедно со св. Горазд. Порано, кога за прв пат пишувавме за оваа композиција, укажавме дека зографите не биле од Охрид, бидејќи не ги фиксираат типичните белези на св. Наум.³² Св. Кирил е старец со високо чело и брада разделена на крајот, со што се приближува на примерокот од Курбиново. Цртите на св. Методиј се воопштени, но укажуваат на владика постар од неговиот брат. Најновите засленички проучувања на авторот на овие редови со Гојко Суботиќ покажуваат дека сликарството на Сливница е дело на една зографска работилница која слика во повеќе цркви во Македонија, Бугарија и Грција, помеѓу другите и во Полошко, во Костур, а нејзината дејност во Грција студиозно ја следи А. Турта.³³ Две години подоцна, во Добреско кај Петрич, е насликан од истата работилница св. Кирил со многу слични елементи на преспанскиот примерок.³⁴

И покрај тоа што сè уште не се познати чинителите што влијаеле на појавата и сликањето на Седмочислениците, некои податоци можат и денес да се изнесат. Имено, познато е дека во 1700 г. во Венеција се печати служба на Седмочислениците со средства на верници од Охридската архиепископија кои издавале и други книги за св. Наум и св. Јован Владимир уште во 1700 г.³⁵ Оваа појава сигурно не е изолирана од сликарските традиции за словенските учители во Преспа.

Сепак, во текот на XVIII век сликањето на Седмочислениците станува вообичаена појава, главно околу регионот на Охрид и во деловите на Охридската архиепископија во Албанија. Композицијата на Седмочислениците од Св. Наум од 1806 г. е само завршна претстава која речиси 100 години се слика од корчанските и москополските мајстори. Како што порано истакнавме, примерокот од Св. Никола кај Драча (Крагуевац) е типичен претставник на оваа „центрична редакција“ со која се надминува поранешната фронтална византиска варијанта од Преспа.³⁶ Сликите на Седмочислениците, за кои пишуваше уште Т. Попа,³⁷ неодамна и илустративно ги објави Максимилијан Пејфус.³⁸

³² Ц. Грозданов, *Најстарата претстава на Седмочислениците*, Културен живот 7-8, Скопје 1979, 32-34.

³³ А. Г. Турта, Οι ναοί του αγίου Νικολάου στα Βίτολα και του Αγίου Μετά στο Μονοδενδρί προσεγγίζοντας στο έργο των ζωγράφων από το Αιγόντοπ, Θεσσαλονίκη 1986, passim.

³⁴ Е. Флорева, *Старата црква в Добреско*, София 1981, 108; Ц. Грозданов, *Портрети*, 36.

³⁵ М. Peyfuss, *Die Druckerei von Moshopolis 1731-1769*, Wien 1988, 129.

³⁶ Ц. Грозданов, *Словенските учители во живописот на Пречиста Кичевска и развојот на композицијата на Седмочислениците во втората половина на XIX век*, Св. Пречиста Кичевска, Скопје 1990, 119-131.

³⁷ Th. Popa, *Pikturët mesjetarë shqiptarë*, Tiranë 1961, 126-128.

³⁸ М. Peyfuss, o.c., 166-195.

Уште Бл. Конески забележа, според светонаумскиот примерок, дека на оваа редакција на Седмочислениците средишно место зазема св. Методиј, а покрај него се св. Кирил и св. Климент.³⁹ Се помислуваше дека високата архиепископска титула на св. Методиј влијаела на мајсторите и ктиторите тој да заземе централно место со модел на црква пред себе. Во исто време укажавме и на фактот дека во Стематографијата на Христофор Жефарович, издадена во Виена 1741 г., се наоѓа бакрорезната фигура на св. Методиј, но не и на св. Кирил.⁴⁰ Притоа искажавме мислење дека за иселената православна паства од Турската империја св. Кирил погребан во Рим и почитуван во таа средина може да има унијатски призив, особено со оглед на интензивниот притисок за унијатизирање во Австриската монархија.

Во текот на XVIII век се јавува сè почесто и сликата на Успението на св. Наум, околу кого се групирани сите словенски учители, а се јавува и осма личност – „осмочисленик“, за кого ние сметаме дека е св. Лавретиј за кого пишува и Теофилакт во Опширното житие на св. Климент. Го споменавме и фактот дека во Москополе во 1742 г. во рамките на познатиот москополски зборник (Аколутија) повторно се печати и Службата на Седмочислениците.⁴¹ Бидејќи Христофор Жефарович отпечатува, заедно со Томас Месмер, во Виена во 1743 г. посебен бакрорезен лист посветен на животот и чудата на св. Наум со 16 епизоди, една од нив е и Успението на св. Наум со Седмочислениците. Бидејќи, пак, овој лист доживеа повеќе копии, во графичка техника и во иконопис, заедно со целата оваа претстава се изведуваше и Успението на св. Наум.⁴² Порано го забележавме фактот дека Успението на св. Наум се претставува и во москополското издание – Зборникот од 1740–1742 г.⁴³, со кој мислиме дека се служел и Христофор Жефарович. Од друга страна пак, исклучителната популарност на Стематографијата придонесе таа да биде ползувана како зографски прирачник. Според Стематографијата св. Методиј се слика во параклисот на св. Сава во Хиландар 1779 г. Познато е дека и другите светци во овој параклис, обновен по големиот пожар од попот Најдан со други приложници, дословно се пренесуваат од книгата на Жефарович.⁴⁴ Бидејќи во Стематографијата го нема св. Кирил, тој не се слика ниту во овој параклис ниту во другите храмови во кои мајсторите немале други зографски изворници.

Како што пишува В. Григорович, врз основа на неговите теренски проучувања, во близината на Берат се наоѓал храм посветен на св. Горазд (манастир и црква).⁴⁵ Ова не се потврди со археолошките проучувања до наше време, но сепак во бератската катедрала се наоѓаат две икони сврзани со

³⁹ Бл. Конески, *Кирилометодиевата традиција меѓу Јужните Словени во XVIII и XIX век*, Предавања на VIII семинар за македонски јазик, литература и култура, Скопје 1978, 12–15.

⁴⁰ Ц. Грозданов, *Портрети*, 228–243.

⁴¹ *Ibid.*, 203–206.

⁴² Ц. Грозданов, *Живописот на гробниот параклис на св. Наум Охридски*, Наум Охридски, Охрид 1985, 85–98; *Id.*, *Студии за охридскиот живопис*, Скопје 1990, 159–199.

⁴³ *Id.*, *Пречиста Кичевска*, 124.

⁴⁴ Д. Медаковић, *Манастир Хиландар у XVIII веку*, Хиландарски зборник 3, Београд 1974, 57–58.

⁴⁵ В. Григорович, *Очеркъ путешествия по европейской Турции*, Казань 1848 (карта).

Седмочислениците. Неодамна, по Д. Калев,⁴⁶ на ова прашање се осврна и С. Кисас,⁴⁷ кој донесе и репродукција на постарата икона, дело на Јован Четири (Грабован), со тема „Успението на св. Горазд и св. Ангелариј“. Нивните тела се положени пред градските крепости и пред самата црква, а во горниот дел се св. Кирил и св. Методиј, св. Климент, св. Сава и св. Наум. Досегашните напори да се утврдат историските основи на култот на овие светци во Берат не се потврдија со автентични показатели.⁴⁸ Инаку, во бератската црква Успение на Богородица, според локалното верување, се чуваат моштите на св. Горазд и св. Ангелариј, што ќе може и подоцна да се проверува со систематско истражување на православните цркви во Албанија.

Кон средината на XIX век се изработува завршната слика за Седмочислениците според потребите на младото македонско граѓанско општество. Врз основа на нашите проучувања најновиот вид на оваа композиција е осмислен и насликан од Дичо Зограф.⁴⁹ Хронолошки најстара е иконата што ја изработил 1862 г. според порачка на Фотијана Робева за црквата Св. Никола Геракомија во Охрид, секако едно од најубавите дела на овој мајстор. На оваа слика прв пат св. Кирил и Методиј држат помеѓу себе свиток со словенската азбука. Зад нив, во средиштето на композицијата, е монументалната фигура на св. Климент Охридски. Кон Седмочислениците додадени се и светителите на локалниот култ, св. Еразмо и св. Јован Владимир.⁵⁰ Така, всушност, во еволуцијата на композицијата на Седмочислениците место моделот на црквата се слика свитокот со азбуката. Во текот на следните години, кон најновиот вид на сликата ќе биде додаден уште еден елемент – чесната трпеза со путир, дискос и други евхаристични елементи, додека свитокот со азбуката меѓу св. Кирил и св. Методиј ќе го зачува своето место. Оваа слика во последните децении на минатиот и почетокот на овој век се слика во многу новоподигнати цркви во Македонија. Во текот на последните години откриени се многу слики од овој композиционен вид во Охридско, Струшко и Кичевско, бидејќи тој бил прифатен од сите зографски тајфи во мијачкиот крај. Во неколку мијачки зографски прирачници од XIX век на маргините се допишани редови за изгледот на св. Кирил и св. Методиј, како би можеле мајсторите да одговорат на барањата на нарачателите. Големият пробив на овие композиции бил непосредно поттикнуван од црквено-училишните општини во Македонија, во време на борбата за народен јазик и воспоставување на автокефална црковна организација во Македонија со обновување на Охридската архиепископија.

Во долгото милениумско претставување на ликовите на св. Кирил и св. Методиј во Македонија, во Охридската архиепископија и во соседните краишта се следи рефлектирањето на нивната мисла и на мислата, традициите и сознанијата за нив. Во периодот пред XVI век сè уште постојат празнини и отсуство

⁴⁶ Д. Калев, *Св. Горазд славјански просветител*, София 1970, 60–61.

⁴⁷ S. Kissas, in: *Cirillomethodianum XI*, Thessalonique 1987, 249–251.

⁴⁸ Th. Popa, *La Glavénica medieval et le Ballch actuel*, Studia Albanica 2, Tirana 1964, 126–128.

⁴⁹ Ц. Грозданов, *Композицијата на Седмочислениците во уметноста од времето на преродбата во Македонија*, Предавања на XXII семинар за македонски јазик, литература и култура, Скопје 1990, 145–150.

⁵⁰ Id., *Студии за охридскиот живопис*, 175–177.

на сознанија за нивното место во ликовната уметност, но последните откритија покажуваат дека со новите истражувања можат да се очекуваат и нови идентификации на ликовите на словенските учители. Нивниот живот во фрескоживописот и иконописот на Македонија покажува дека Охридската архиепископија е основен извор за нивната иконографија и дека од нејзината дијецеза и под влијание на нејзиниот книжевен, духовен и ликовен живот традицијата на претставувањето на св. Кирил и св. Методиј се ширела и во соседните краишта на Балканот, во Србија и Бугарија, кои добиле и сопствени импулси во нивното уметничко обликување.

Б И Б Л И О Г Р А Ф И Ј А
НА ДОП. ЧЛЕН ЦВЕТАН ГРОЗДАНОВ

1956

За дебарската уметничка школа. – Разгледы – Скопје, 7.X 1956, III, 21(73),

Сликаството на Св. Софија на крстопат од цивилизациите. – Разгледы – Скопје, 1956, 16(68), стр. 5.

1957

Белешке из Македоније. – Југославија – Београд, 1957, 14, стр. 155–169 : 30 репр.
– (На српскохрватски, англиски, француски и руски јазик).

За новооткриената базилика во Охрид. – Разгледы – Скопје, 17.XI 1957, IV, 20(98).

1959

Кондаков – прв испитувач на старата уметност во Македонија. – (По повод педесет-годишнината од излегувањето на уметничко-археолошкиот пателис „Македонија“). – Разгледы – Скопје, 1959–60, II, 2, стр. 177–180.

Неколку забелешки во врска со написот на К. Балабанов „Новооткриени икони од XIII, XIV и XV век.“ – Разгледы – Скопје, 1959–60, II, 1, стр. 88–90.

1961

Ohrid/Miodrag Pavlović. – Beograd : Publicističko izdavački zavod, 1961. – 74 str. : repr.
– (На српскохрватски, англиски, француски и руски јазик).

1962

Војислав Ѓуриќ: „Иконите на Југославија“ – Београд 1961. – Стремеж – Прилеп, 1962, VIII, 4, стр. 48–49.

1963

Димитар Пандилов. – Разгледы – Скопје, 1963–64, VI, 1, стр. 59–63.

Првиот импресионист кај нас. – Културен живот – Скопје, 1963, VIII, 1, стр. 18–19.

Сликаството на Димитар Пандилов. – Културен живот – Скопје, 1963, VIII, 2, стр. 17–21.

1964

Извори за познавање на старата градска архитектура во Охрид. – Старата градска архитектура и урбанизација на градовите : материјали од симпозиумот, Охрид 17–21 декември 1964. – Скопје : [б.и.], 1964, стр. 36–45.

1965

Вангел Наумовски. – Иван Генералиќ, Вангел Наумовски : [каталог]. – Уметничка галерија – Охрид, 3–17 август 1965.

[Предговор]. – Vangel Naumovski : [каталог]. – Studio Marguta – Roma, 13–21 marzo 1965.

[Предговор]. – Десет современи македонски уметници : [каталог]. – Уметничка галерија – Охрид, 3–17 јули 1965.

[Предговор]. – Hadži Boškov Petar : [каталог]. – Muzej na sovremena umetnost – Skopje, juni 1965.

1966

[Предговор]. – Глигор Чемерски : [каталог]. – Народен музеј – Охрид, август–септември 1966.

Иконографија на словенските учители. – Изложба „Словенска писменост“ : [каталог]. – Уметничка галерија – Охрид, 11.IX – 30.XI 1966, стр. 3, 9, 19.

Көн најстарите портрети на Климент Охридски. – Културен живот – Скопје, 1966, XI, 2–3, стр. 6–10 : 3 репр.

Портретите на Климент Охридски во средновековната уметност. – Словенска писменост : 1050-годишнина на Климент Охридски. – Охрид : Народен музеј, 1966, стр. 101–109 : 6 репр.; Разгледи – Скопје, 1966, IX, 1, стр. 101–109.

Прилози познавању средновековне уметности Охрида. – Зборник за ликовне уметности – Нови Сад, 1966, 2, стр. 197–232 : 9 репр.

Портретите на Климент Охридски во средновековната уметност. – Разгледи – Скопје, 1966–67, IX, 1, стр. 82–92.

1967

[Предговор]. – Иван Велков : [каталог]. – Музеј на современа уметност – Скопје, 22. XII 1967 – 20. I 1968.

П. Миљковиќ–Пепек, Делото на зографите Михаило и Еутихиј. – Нова Македонија – Скопје, 5. VI 1967.

[Предговор]. – Иван Велков, Петар Хаџи Бошков : [каталог]. – Народен музеј – Охрид, 1967.

Појава и продор портрета Климента Охридског у средновековној уметности. – Зборник за ликовне уметности – Нови Сад, 1967, 3, стр. 47–72 : 9 репр.

1968

О портретима Климента Охридског у охридском живопису XIV века. – Зборник за ликовне уметности – Нови Сад, 1968, 4, стр. 101–118 : 8 репр.

1969

Илустрација химни Богородичног акатиста у цркви Богородице Перивлепте у Охриду. – Зборник Светозара Радојчића. – Београд : Филозофски факултет, 1969, стр. 39–54 : 12 репр.

Прилози проучавању Св. Софије Охридске у XIV веку. – Зборник за ликовне уметности – Нови Сад, 1969, 5, стр. 35–56 : 9 репр.

1970

Сидното сликарство и иконописот во струшкиот крај. – Струга и Струшко : историја, стопанство, култура, уметност, образование, здравство, физичка култура. – Струга : Собрание на општина Струга, 1970, стр. 335–345 : 3 репр.

Односот меѓу портретите на Климент Охридски и Климент Римски во живописот од првата половина на XIV век. – Симпозиум 1100-годишнина од смртта на Кирил Солунски : 23–25 мај 1969, Скопје – Штип. – Кн. 1. – Скопје : Македонска академија на науките и уметностите, 1970, стр. 99–107 : 8 репр.

Охридске белешке. – Зограф – Београд, 1970, 3, стр. 11–15 : 4 репр.

1971

Годишен зборник, книга 22, на Филозофскиот факултет на Универзитетот – Скопје (1970). – Историја – Скопје, 1971, VII, 1, стр. 278–281.

[Предговор]. – Icons from the treasures of Macedonia. – Skopje : Republican Commission for the Cultural Relations with Abroad of the R. S. of Macedonia, [1971].

La miniatura dei manoscritti macedoni medioevali. – Gloria a San Cirillo – Roma, 24. V 1971, str. 27–32 : 5 репр.

Регионален план Охрид–Струга–Преспа. – Сектор студија „Културно-историски споменици“. – Охрид–Скопје, 1971. – 140 стр.

1975

Благоја Дрнков. – Благоја Дрнков : фото монографија. – Скопје : Друштво на ликовните уметници за применета уметност на Македонија, 1975. – Напореден текст на англиски јазик.

Wolkashin, Učjesha, Marko and the Ohrid Archbishopric. – Macedonian Review – Skopje, 1975, V, 2, str. 132–135.

1976

Les icones et les fresques du tresor de la Macedoine. – Skopje, 1976.

1977

[Предговор]. – Прилог 2 : [каталог]. – Музеј на современа уметност – Скопје, 18–28. I 1977.

The Founder's Composition in the Church of St. Nikola Bolnichki. – Macedonian Review – Skopje, 1977, VII, 1, str. 24–29.

1978

Апотеоза за човековото траење. – Прологомена кон „иконолошката фаза“ на Димитар Кондовски. – 25 години Кондовски : [каталог]. – Скопје : /б. и./ 1978.

Нови сознанија за живописот на Климентовата црква Свети Пантелејмон во Охрид. – Предавања на IX семинар за македонски јазик, литература и култура : Скопје и Охрид, 9. VIII – 25. VIII 1976. – Скопје : Универзитет „Кирил и Методиј“, 1978, стр. 188–194.

Нови сознанија за црквата Свети Пантелејмон во Охрид. – Културен живот – Скопје, 1978, XXIII, 9–10, стр. 33–34.

Новооткривене композиции Богородичиног акатиста у Марковом манастиру. – Зограф – Београд, 1978, 9, стр. 37–42.

Портрети на светините од Македонија во средновековната уметност. – Предавања на VIII семинар за македонски јазик, литература и култура : Скопје и Охрид, 7. VII – 23.VIII 1975. – Скопје : Универзитет „Кирил и Методиј“, 1978, стр. 154-159.

1979

Композиција Опсаде Цариграда у цркви Светог Петра на Преспи. – Зборник за ликовне уметности – Нови Сад, 1979, 15, стр. 277-287 : 5 репр.

Композицијата на Седмочислениците во живописот од XVII-XVIII век. – Годишен зборник на Филозофскиот факултет – Скопје, 1979/80, 5-6(31-32), стр. 161-171 : 6 репр.

Најстарата претстава на Седмочислениците. – Културен живот – Скопје, 1979, XXIV, 7-8, стр. 32-34 : 3 репр.

Светозар Радејчиќ (1909-1978) : *in memoriam*. – Ликовна уметност – Скопје, 1979, IV, 6, стр. 63-66.

Црква Св. Климент Охрид = *Kirche Hl. Kliment Ohrid*. – Охрид : Завод за заштита на спомениците на културата; Народен музеј, 1979. – 46 стр. : 32 репр.

Crkva Sv. Kliment Ohrid = *Church St. Kliment Ohrid*. – Охрид : Завод за заштита на спомениците на културата; Народен музеј, 1979. – 46 стр. : 32 репр.

600 години на Марковиот манастир. – Нова Македонија – Скопје, 30. IX 1979.

1980

Значајна монографија за културната и уметничката историја на Хиландар – Димитрије Богдановиќ, Војислав Ѓуриќ, Дејан Медаковиќ, „Хиландар“. Београд 1978. – Историја – Скопје, 1980, XVI, 2, стр. 234-239.

Из иконографије Марковог манастира. – Зограф – Београд, 1980, 11, стр. 83-93 : 11 репр.

На денот на словенските просветители. – Нова Македонија – Скопје, 24. V 1980.

Охрид и Охридската архиепископија во XIV век. – Историја – Скопје, 1980, XVI, 1, стр. 157-187.

Охридско ѕидно сликарство XIV века. – Београд : Филозофски факултет ; Институт за историју уметности, 1980. – 227 стр. : 208 репр. : 50 цртежи.

Охридското ѕидно сликарство од XIV век. – Охрид : Завод за заштита на спомениците на културата ; Народен музеј, 1980. – 277 стр. : 208 репр. : 50 цртежи.

Сеопфатна монографија за фреските во Курбиново – L. Hadermann-Misguich, *Kurbino, Bruxelles* 1975. – Разгledi – Скопје, 1980, XXII, 8-9, стр. 965-967.

Слика јављања Премудрости Св. Јовану Златоустом у Софији Охридској. – Зборник радова Византолошког института – Београд, 1980, XIX, стр. 147-155 : 3 репр.

Средновековниот живопис од Македонија во студијата на Воислав Ј. Ѓуриќ за византиските фрески во Југославија. – Разгledi – Скопје, 1980, XXII, 2-3, стр. 264-269.

1981

Гојко Суботиќ, Охридската сликарска школа од XV век, Охрид 1980, зрело истражувачко дело. – Нова Македонија – Скопје, 10. V 1981.

Култот на цар Самоил кон Ахил Лариски и неговиот одраз во ликовната уметност. – Ликовна уметност – Скопје, 1981-1982, VI, 8-9, стр. 71-84 : 5 репр.

Портретите на Климент Охридски од XIV век надвор од Охрид. – Годишен зборник на Филозофскиот факултет – Скопје, 1981, 7(33), стр. 79–92 : 4 репр.

Црква Св. Ѓорѓа у Речици код Охрида / Г. Суботиќ – Зограф – Београд, 1981, 12, стр. 62–75 : 17 репр.

1982

Визијата на Петар Александриски во живописот на Богородица Перивлеста (Св. Климент) во Охрид. – Годишен зборник на Филозофскиот факултет – Скопје, 1982, 8(34), стр. 115–122 : 3 репр.

Naučno-istraživački rad i istraživačka delatnost. – III kongres i skupština Saveza društava istoričara umetnosti Jugoslavije. – Beograd, 1982, str. 40–54.

Охридската ризница. – Чудесна Југославија. – Скопје : Македонска книга, 1982, стр. 118–119.

Што ги забавува сложените проекти. – Нова Македонија – Скопје, 2.X 1982.

1983

За тематиката на живописот на црквата во с. Речица – Охридско. – Ликовна уметност – Скопје, 1983–1984, VII, 10–11, стр. 19–23 : 2 репр.

Историјски портрети у Полошком (I) / Д. Ѓорнаков. – Зограф – Београд, 1983, 14, стр. 60–67 : 5 репр.

L'arte medioevale macedone nel contesto dell'arte Europea. – Скопје : „Огледало“ 1983, -- [9 стр.] : 10 репр.

Портрети на светителите од Македонија од IX–XVIII век. – Скопје : Завод за заштита на спомениците на културата, 1983. – 321 стр. : 110 репр.

Ремек-дела на средновековното сликарство во Македонија. – Трета програма на Радио Скопје, 1983, 13, стр. 207–212.

Ritratti di sei nella cattedrale di Santa Sofia a Otrida. – Balcanica – Roma, 1983, II, 1, стр. 3–16 : 9 репр.

Социолошки приод кон средновековната култура на Охрид. – Климент Охридски и школата на хуманизмот / Никола Бошале. – Охрид : Завод за заштита на спомениците на културата; Народен музеј, 1983, стр. 155–157.

Средновековна ризница Охрида. – Чудесна Југославија. – Сарајево, 1983, стр. 185–188.

Трајан Витларски 1948–1984 : in memoriam. – Ликовна уметност – Скопје, 1983–1984, VII, 10–11, стр. 225–226.

1984

Историјски портрети у Полошком (II) / Д. Ѓорнаков. – Зограф – Београд, 1984, 15, стр. 85–93 : 8 репр.

Јован Владимир и представе Седмочисленика у македонској уметности XVIII–XIX века. – Зборник за ликовне уметности – Нови Сад, 1984, 20, стр. 229–235 : 5 репр.

1985

Живописот на гробниот параклис на свети Наум Охридски. – Наум Охридски. – Охрид: Историски архив, 1985, стр. 85–98 : 15 репр.

За портретите на Теофилакт Охридски. – Историја – Скопје, 1985, XXI, 2, стр. 281–292 : 4 репр.

Иконографија на словенските светци. – Постојана изложба „Словенска писменост“ : [каталог]. – Охрид : Завод за заштита на спомениците на културата ; Народен музеј, 1985, стр. 12, 28.

Иконографијата на Св. Наум Охридски. – Предавања на XVII семинар за македонски јазик, литература и култура : Охрид, 3–24. VIII 1984 година. – Скопје : Универзитет „Кирил и Методиј“, 1985, стр. 263–268.

La Macedonia e le effigi dei maestri slavi fino alla fine del XVIII secolo. – San Cirilo et San Metodio e la loro tradizione in Macedonia. – Skopje : „Makedonska kniga“ ; Istituto della lingua macedone „Krste Misirkov“, 1985, стр. 70–84 : 3 репр.

Месецослов Асманово јеванђеља и старије зидно сликарство у Македонији. – Зборник за ликовне уметности – Нови Сад, 1985, 21, стр. 13–27 : 5 репр.

Христос цар, Богородица царица, небесните сили и светите војни во живописот од XIV и XV век во Трескавец. – Културно наследство – Скопје, 1985–1986, XII–XIII, стр. 5–20 : 17 репр.

1986

За графичките претстави на Климент Охридски во XVIII век и неговиот култ во Бер (Верна). – Зборник посветен на Бошко Бабиќ. – Прилеп : Институт за истражување на старословенската култура, 1986, стр. 71–74 : 5 репр.

За литографијата на Седмочислениците во Преспа. – Историја – Скопје, 1986, XXII, 2, стр. 275–279 : 1 репр.

Извори за познавање на старата градска архитектура во Охрид. – Годишен зборник на Филозофскиот факултет – Скопје, 1986, 13(39) : јубилеен број, стр. 211–220.

Климент во делото на Дичо Зограф. – Нова Македонија – Скопје, 24. IX 1986.

Најстарите портрети на Климент Охридски. – Климент Охридски : студии. – Скопје : Одбор за одбележување на 1100-годишнината од доаѓањето на Климент во Охрид и формирањето на Охридската школа за словенска култура и писменост, 1986, стр. 238–253 : 5 репр.

Света Софија Охрид = Hl. Sophia Ohrid. – Охрид : Завод за заштита на спомениците на културата ; Народен музеј, 1986. – 48 стр. : 36 репр.

Света Софија Охрид = Saint Sophia of Ohrid. – Ohrid : Завод за заштита на спомениците на културата ; Народен музеј, 1986. – 48 стр. : 36 репр.

1987

Д-р Димитар Корнаков: Творештвото на мијачките резбари. – Културен живот – Скопје, 1987, XXXII, 1–2, стр. 48–49.

Иконографијата на Климент Охридски. – Предавања на XIX семинар за македонски јазик, литература и култура : Скопје и Охрид, 8–28. VIII 1986 година. – Скопје : Универзитет „Кирил и Методиј“, 1987, стр. 201–208.

Историјски портрети у Полошком (III) / Д. Ѓорнаков. – Зограф – Београд, 1987, 18, стр. 37–43 : 7 репр.

Кон отворањето на галеријата „Охридска порта“. – Портрети на душата на мудроста и дождовните траги : од колекцијата на Љубица Наумовска : [каталог]. – Уметничка галерија „Охридска порта“ – Охрид, 1987.

[Предговор]. – Момчило Петровски – Моно : [каталог]. – Уметничка галерија – Куманово, 30.X – 9.XI 1987.

Towards the opening of „Ohrid's Gate“. – Portraits of the soul of wisdom and the collection of Ljubica Naumovska : [каталог]. – The Gallery „Ohrid's Gate“ – Ohrid, 1987.

Осум векови на Студеница. – Културно наследство – Скопје, 1987–1988, XIV–XV, стр. 119–123.

1988

За иконописот во Прилеп. – Иконописот во Прилеп и Прилепско за време на преродбата : Прилеп, 9.XII – 20.XII 88. – Прилеп : Завод за заштита на спомениците на културата, природните реткости и музеј, 1988, – /5/ стр. : 4 репр.

La peinture de Macedoine du moyen age. – International Symposium on Macedonian Studies : Istanbul, May 1988.

Орнаментиката на расцветани лисја во уметноста на Охрид во XI–XII век. – Лихнид : зборник на трудови 6 – Охрид, 1988, стр. 11–22 : 17 репр.

Придонесот на Фрањо Баришиќ (1914–1988) во проучувањето на уметноста и историјата на средновековна Македонија. – Историја – Скопје, 1988–89, стр. 201–204.

Света Софија Охрид = Saint Sophia of Ohrid. – Охрид : Завод за заштита на спомениците на културата ; Народен музеј, 1988. – 48 стр. : 36 репр.

Света Софија Охрид = Hl. Sophia Ohrid. – Охрид : Завод за заштита на спомениците на културата ; Народен музеј, 1988. – 48 стр. : 36 репр.

Требино. – Кирило-методиевскиот (старословенскиот) период и кирило-методијевската традиција во Македонија : прилози од научниот собир одржан по повод 1100-годишнината од смртта на Методиј Солунски, Скопје, 1–3 октомври 1985 година. – Скопје : Македонска академија на науките и уметностите, 1988, стр. 241–248 : 10 репр.

Црква Св. Климент Охрид = Kirche Hl. Kliment Ohrid. – Охрид : Завод за заштита на спомениците на културата ; Народен музеј, 1988. – 46 стр. : 32 репр.

Црква Св. Климент Охрид = Church St. Kliment Ohrid. – Охрид : Завод за заштита на спомениците на културата ; Народен музеј, 1988. – 46 стр. : 32 репр.

1989

Книжевно-историските основи на монашките претстави на св. Кирил Филозоф. – Спектар – Скопје, 1989, VII, 14, стр. 19–27 : 6 репр.

La Macédoine, la Serbie et l'art médiéval de la Rus'. – La christianisation de la Russie ancienne : 988 – 1988 : un millénaire. – Paris : UNESCO, 1989, p. 119–129.

Непознати и малку познати портрети на словенските учители во уметноста на XIX век. – Климент Охридски и улогата на Охридската книжевна школа во развојот на словенската просвета : материјали од научен собир одржан во Охрид од 25 до 27 септември 1986 година. – Скопје : Македонска академија на науките и уметностите, 1989, стр. 239–249 : 7 репр.

Отривање и проучување на спомениците на средновековниот живопис во Охрид. – Далги – Охрид, 1989, 1, стр. 52–62 ; 1990, 2, стр. 64–73.

[Предговор]. – Епископијата на Брегалница / Блага Алексова. – Прилеп : Институт за истражување на старословенската култура, 1989, стр. XIII–XIV.

1990

Композицијата на Седмочислениците во уметноста од времето на преродбата во Македонија. – Предавања на XXII семинар за македонски јазик, литература и култура : Скопје и Охрид, 4 – 22. VIII 1989 година. – Скопје : Универзитет „Кирил и Методиј“, 1990, стр. 145–150.

L'Arte medioevale macedone. I rapporti fra Bisanzio e la chieza di Roma e il loro rifleso sulla del'Archiepiscopato di Ohrida (La peinture médiévale de Macédoine. Les rapports entre Byzance et l'église de Rome et leur reflet sur la peinture de l'Archeveche d'Ohrid). – Скопје ; Roma, 1990, стр. 1–11 (distribution limitée).

Отсуство на концепција или редакциска некомпетентност по повод објавувањето на книгата „Rani srednji vek“, edicija „Umjetnost na tlu Jugoslavije“, izd. „Prosveta“ Beograd, „Spektar“ Zagreb, „Prva književna komuna“ Mostar, 1989. – Acta Archeologia Macedonica – Скопје, 1990, стр. 241–242.

Отуѓени икони од охридската колекција. – Млад борец – Скопје, 1990.

Ohrid. – Svjetska baština u Jugoslaviji : prirodne i kulturne znamenitosti. – Ljubljana ; Zagreb : Založba Mladinska knjiga, 1990, sl. 26–69.

Прва монографија за Света Пречиста Кичевска. – Нова Македонија – Скопје, 4. IX 1990.

[Предговор]. – Манастир Света Пречиста Кичевска / [главен уредник Цветан Грозданов]. – Скопје : Републички завод за заштита на спомениците на културата ; Дебар : Епархија Дебарско-кичевска, 1990, стр. 11–13.

Словенските учители во живописот на Пречиста Кичевска и развојот на композицијата на Седмочислениците во втората половина на XIX век. – Манастир Света Пречиста Кичевска / [главен уредник Цветан Грозданов]. – Скопје : Републички завод за заштита на спомениците на културата ; Дебар : Епархија Дебарско-кичевска, 1990, стр. 119–133.

Студии за охридскиот живопис. – Скопје : Републички завод за заштита на спомениците на културата, 1990. – 238 стр. : 140 репр.

Темелни проучувања на македонската ликовна уметност на XX век. – Разгледи – Скопје, 1990, XXXIII, 7–8, стр. 517–519.

За книгата на Борис Петковски „За македонската уметност“.

Ѓирило и Методије у уметности обновљене Пећке патријаршије. – Косовско-метохијски зборник. – Књ. 1. – Београд : Српска академија наука и уметности, 1990, стр. 143–153 : 7 репр.

1991

Големиот расцеп меѓу Рим и Византија од 1054 година и неговиот одраз во фреските на црквата Св. Софија во Охрид. – Предавања на XXIII семинар за македонски јазик, литература и култура : Скопје и Охрид, 3–22. VIII 1990 година. – Скопје : Универзитет „Кирил и Методиј“, 1991, стр. 119–124.

Света Софија Охрид = Saint Sophia Ohrid. – Охрид : Епархија Дебарско-кичевска, 1991. – 48 стр. : 36 репр.

Свети Климент Охрид = Sveti Kliment Ohrid. – Охрид : Епархија Дебарско-кичевска, 1991. – 46 стр. : 32 репр.

Радомир Иванович

Д-р РАДОМИР ИВАНОВИЌ е роден на 28 август 1936 година во с. Смоница (Србија). Студиите на Филозофскиот факултет во Нови Сад, група југословенска литература и јужнословенски јазици, ги завршил во 1960 г. Докторирал во 1965 г. на Филолошкиот факултет во Белград. Од 1960 до 1971 година работел како асистент, доцент и вонреден професор на Филолошкиот факултет во Приштина, потоа како советник во Републичкиот секретаријат за образование, наука и култура на СР Србија. Од 1975 г. работи како редовен професор на Филозофскиот факултет во Нови Сад, каде што предава историја на книжевноста на југословенските народи во XIX и XX век.

Во својата научна дејност се занимава, главно, со книжевна и театарска историја, теорија на литературата, како и книжевна и театарска критика. Компаративно ги проучува југословенските литератури, особено од современиот период. Бројни се неговите научни трудови посветени на македонската литература.

За член на Македонската академија на науките и уметностите надвор од работниот состав е избран на 7 мај 1991 година.

ПОФАЛБА НА ДАРБАТА

(ЕЛЕМЕНТИТЕ НА КЛАСИЦИЗМОТ, ПРЕДРОМАНТИЗМОТ И РОМАНТИЗМОТ
ВО ПОЕМАТА *СЕРДАРОТ* ОД ГРИГОР С. ПРЛИЧЕВ)

Вовед

Во воведниот оглед на нашата книга *Григор Прличев во светлината на романтизмот* – „Поемата *Сердарот* во контекстот на европскиот романтизам (Прилог кон литературната генологија)“, констатиравме дека во ова дело дошло до процес на интерференција на трите стилски формации – на класицизмот, предромантизмот и романтизмот, но дека, поради очигледната доминација на предромантичарските и романтичарските проседеа, *Сердарот* може да се дефинира како *романтична поема*. По објавувањето на книгата за Прличев, во текот на работата врз монографијата *Његошевиот поетски говор* и, посебно, по одржаната Научна дискусија на тема „Поемата како форма во македонската и во балканските литератури“¹, сметавме дека некои од премногу лапидарно изложените констатации во спомнатиот оглед би требало поподробно да се аргументираат, посебно доколку ја имаме предвид сложеноста на односите меѓу одделни идејни движења, стилските формации, и комплексите и структурата во романтичната поема на Прличев.

Интерференцијата на различните стилски формации и комплекси во науката за литературата превосходно е објаснувана со теоријата за континуираниот и инконтинуираниот литературен развој на одделни национални литератури, односно со теоријата за скокалест или за забрзан развој, кој посебно му одговара на развојот на јужнословенските литератури, како на државните така и на недржавните народи. Понатаму, во балканскиот литературен простор дошло до синонимна употреба на двете во суштина различни категории. Првата од нив се однесува на широко заснованите идејни движења (таква категорија е ПЕРОДБАТА), додека втората се однесува на тесно сфатената стилска формација (каква што е, на пример, романтиз-

¹ Меѓународниот семинар за македонски јазик, литература и култура при Универзитетот „Кирил и Методиј“ од Скопје ја организира XVIII научна дискусија на спомнатата тема (во Охрид, 13–14 август 1991). За овој научен собир ја подготвивме студијата „Структурата на Његошевата поема,“ во која подробно се занимаваме со некои од суштинските карактеристики на романтичната поема. Притоа предложивме и неколку нови жанрови од овој вид, како што се: *рефлексивна, програмска, пригодна, митопоема, поема-панихида и евокативна поема*. Студијата е објавена in extenso во нашата монографија *Његошевиот поетски говор* („Дневник“, Нови Сад, 1991, стр. 153–183).

мот).² Аналитичарот истовремено мора да го има предвид и односот меѓу општите белези на одделни стилски формации, како и нивните регионални белези, во онаа шлегеловска смисла дека секој просветен народ има свој специфичен стил. И, на крајот – за сето време од дискусијата за оваа проблематика мора да се има предвид големиот број тешкотии во одделувањето на автохтоните белези на одделни стилски формации, посебно кога се има предвид блискоста на бројни проседеа од оние формации како што се класицизмот и предромантизмот, од една, и предромантизмот и романтизмот, од друга страна. Набљудувано во таа смисла, предромантизмот се јавува на средината меѓу двете други формации, со очигледна улога во намалувањето на онаа бинарна опозиција каква што во естетиката и во поетиката претставуваат *класичното* и *романтичното*.

I. Елементите на класицизмот

Како што е познато, како стилска формација класицизмот се протега многу пошироко од границите на идејното движење ПРОСВЕТИТЕЛСТВО (кое траеше до крајот на XVIII век).³ Во текот на паралелното егзистирање некои од своите постолошки претпоставки му подарува не само на предромантизмот туку и на романтизмот, што се гледа особено кога е во прашање таков комплекс како што е „хомеровското прашање“ или наклоноста кон митологизација на литературните сижеа. Нормативната теорија на литературата укажува на следните одлики на класицизмот:

- инспирацијата како плод на методот и на претходните сознанија;
- разумот како неопходен коректив на претераното искажување фантазија и чувствителност;
- ентузијазмот кој мора да биде под контрола на критички избраните подробности;
- природата како недостижен уметнички образец, односно природата како супраординирана категорија на уметноста;

² За честото мешање на идеолошките и естетските категории интересно мислење соопштува Светозар Петровиќ во книгата *Стихот и формата* („Матица српска“, Нови Сад, 1986):

„Според сведочењето на репертоарот на поетските форми – според карактерот на оние општи критериуми кои ги ползуваме на ова рамниште за да заклучиме дали некоја поезија е романтична – нациот поим за романтизмот се покажува како поим кој во суштина е идеолошки“ (стр. 286–287).

³ На тој факт непосредно укажува Милорад Павиќ во книгата *Раѓањето на новата српска литература*, во поглавјето „Класицизам и предромантизам“:

„Со класицизмот не беше така. Тој за една генерација го падживеа предромантизмот и токму таа, трета генерација класицисти или кругот на Стерија, живееше во соседство на романтичарите, а не на предромантичарите. Затоа, и во оваа книга може да се следи како, по класицистичкото движење кое го прибавуваат предромантичарите, класицистите од третата генерација бараат романтичко покриве за својата дејност.

Моќниот механизам на романтичарската чувствителност, кој во српската, како, всушност, ни во другите европски литератури, нема да биде напуштен во текот на целиот XIX век, уште со самиот факт дека се свртува кон сопственото минато беше негатворски ориентиран кон интернационалата на „неокласицистите“ (стр. 284–285).

- култот кон антиката не само како естетски модел, туку и како предизвик во достигнувањето на новите уметнички совршенства;
- утилитарноста на уметничкиот производ;
- инсистирање на „бура од емоции“;
- стриктно почитување на општоусвоените творечки парадигми и на поетските форми;
- стремеж кон формално совршенство, кое се покажува во чистотата на стилот и јазикот, односно во чувствувањето рамномерност и хармонија меѓу деловите и целината;
- строго почитување на теоријата на литературните родови и
- инсистирање на процесот на универзализација (на т.н. вселенски релации).⁴

Елементите на класицистичката поетика во поемата *Сердарот* во најголема можна мера ги претставува начинот на елаборација на избраната тематика и мотивика, како и востановениот класичен метрички образец кој, во беспрекорен систем, е негуван на чист грчки јазик, па не се случајни забелешките на првите грчки критичари кои, читајќи ја поемата на Прличев, долго мислеле дека го читаат Хомер. Елементите на класицистичката определба се во потполна согласност со првата фаза од творештвото на Григор С. Прличев (1848–1862), бидејќи охридскиот *poeta laureatus* во таа фаза се јавува како огнен поборник на целокупната хеленска традиција, за што непосредно сведочи во *Автобиографијата* (1894), како дополнителен авторски коментар.⁵ Понатаму, во класицистичката строгост би можело да се вброи поетовото слободно настојување стриктно да се придржува кон априорно избраната композициона и конструктивна шема, односно на бројни драматични места свесно да им се спротивстави на можностите од проширување на тематиката и мотивиката којашто штедро му се нудела.

Во поетолошките претпоставки од иста провениенција може да се вброи поетовото колку класицистичко, толку и предромантичарско воодушевување од природата, што дошло до израз во третиот дел од поемата

⁴ Оваа стилска формација мошне прецизно ја обработува Слободан Витановиќ во *Речникот на литературните термини* (Институт за книжевност и уметност и „Нолит“, Београд, 1985, стр. 329–332). Препорачливо е да се види книгата на В и т а н о в и к *Поетиката на Никола Боало и францускиот класицизам* („Српска книжевна задруга“, Београд, 1971).

Интересно е и мислењето на полскиот естетичар Татаркиевич, кој основните претпоставки на класичната концепција ги сумира на следниот начин: уметноста има за цел произведување, а не изразување; се засновува врз универзални правила; се стреми кон единствено совршенство, а не кон иновации и оригиналност; производ е на интелигенцијата и на знаењето; својата вредност ја засновува врз формата и врз содржината; освен естетската, има и општествена функција; според совршенството не ѝ е рамна на природата; вистинитоста е нејзина одлика; убавината кон која се стреми е објективно својство; највисока убавина е убавината на органските форми; убавината се состои во хармоничната пропорција меѓу деловите и др.

⁵ Најчесто се користени следните два цитати од *Автобиографијата*:

„Верно е меѓутоа дека тогаш сè ми беше омрзано. Не љубев ништо на светот освен Омира и мајка и Богородица пред која се поклонуваме. Нито „доброутро“ му велев некому! Се чудев како можат луѓе да живеат во таа плачевна долина. Постојана мисла ми беше: или совршенство или смрт“ (стр. 60).

„Да го исповедам и тоа: Одев во Атина не само за да се учам, но и да се излекувам, зашто мислев дека нема по светот подобри од атинските доктори како што нема по светот поет подобар од Омира. Инаку, можеби и мајка не би ме пратила“ (стр. 62).

Сердарот (во стиховите 845–908).⁶ Низ автентичната физиолатрија, во суштина, Прличев го изразил и личното, но и предромантичарското и романтичарското инсистирање на спојот на природните убавини и на творечките инстинкти, затоа што во оваа синкретичка естетичка концепција Прличев ја брани идејата дека во живиот и во неживиот свет сè е меѓусебно, причински-последично, поврзано. На крајот, елементите на класицистички заснованото литературно дело претставуваат и забележлив начин на *литераризација* на сите слоеви на поемата, како и на вонтекстовните содржини, бидејќи е очигледно дека Прличев не се служи со елементите на народниот говор, кој е поблизок до природниот, туку со елементите на литературниот, кој е поблизок до уметничкиот, односно до вештачкиот јазик. Со тоа тој сака да се приближи кон литературната класика и кон нејзината висока реторичност.

II. Елементите на предромантизмот

За разлика од поетиката на класицизмот и на романтизмот, поетиката на предромантизмот е теоретски и историски непрецизно дефинирана, затоа што токму во оваа стилска формација најсилно е изразен процесот на интерференција и на идејните и на литературните движења. Некои од југословенските литературни историчари и теоретичари, коишто посериозно се занимаваат со оваа проблематика (Јоже Погачник, Милорад Павиќ, Јован Деретиќ и други)⁷, основните поетолошки претпоставки на предромантизмот ги гледаат во следното:

- во разбудувањето на творечката имажинација;
- во раѓањето на новиот вид чувствителност, донекаде поинаков од класицистичката чувствителност;
- во целосното усвојување на емоционалистичката естетика;
- во оживувањето на интересирањата за минатото поради актуализација на современите историски и општествени настани;

⁶ Поемата *Сердарот* содржи 912 стихови. Таа е составена од три дела и од финале. Првиот дел го сочинува драмски интонираната воведна секвенца (стихови 1–28), вториот дел го опфаќа централниот сегмент на поемата (стихови 29–844), додека во третиот дел се разрешува дејството на поемата (стихови 845–908). Финалето го сочинува дополнително додадениот катрен (стиховите 909–912) кој се чувствува како лабаво врзан дел од поемата. Првиот дел може да се подели во два дела, вториот во шеснаесет делови, додека третиот, како најкомпактен, е составен од три помали делови.

За семантичкиот и за морфолошкиот состав на делото на Г. Прличев да се види нашата книга *Григор Прличев у светлу романтизма* („Багдала“, Крушевац, 1990). Книгата е преведена и објавена и на македонски јазик – *Григор Прличев во светлината на романтизмот* („Македонска ревија“, Скопје, 1990, превеле Борислав Наумовски и Љубиша Арсовска).

⁷ Да се види заедничката книга над Јоже Погачник и Франц Задравец *Историја на словенечката литература* („Нолит“, Београд, 1973), посебно поглавјата „Класицизмот и предромантизмот“ (стр. 127–183) и „Класиката и романтизмот“ (стр. 184–245), чијшто автор е Јоже Погачник; потоа книгата на Милорад Павиќ *Раѓањето на новата српска литература* (Историја на српската литература на барокот, класицизмот и предромантизмот), „Српска книжевна заедница“, Београд, 1983, посебно поглавјата „Класицизам“ (стр. 305–408) и „Предромантизам“ (стр. 409–518), како и книгата на Јован Деретиќ *Историја на српската литература* („Нолит“, Београд, 1983), посебно поглавјата „Предромантизам (Литературата од Вуково доба)“ стр. 250–305 и „Романтизам“ (стр. 306–361).

– во творечкото прифаќање на народната поезија и во новиот однос кон јазикот, што се забележува во појавата на осијанизмот;⁸

– во внесувањето на ирационални елементи во литературното дело, што значеше бунт против тиранијата на рационалното;

– во стремежот кон митологизација, при што не се ретки ниту примерите на демитологизација или ремитологизација;

– во доминацијата на „оригиналните гении“ (како пример се наведувани Сима Милутиновиќ Сарајлија, кој е нарекуван словенски Осијан, и Петар Петровиќ Његош);

– во паралелното негување на процесите на универзализација и регионализација, при што првиот процес упатува на класицизмот (на вселенските релации), а вториот на можноста од нови „антрополошки откритија“ (на можноста од социјална реализација), што е продукт на развиениот романтизам;

– во преземањето на готови поетски обрасци, но и во истовремениот стремеж инспиративните поттикнувања да се транспонираат во нови поетски форми;

– во појавата на предромантичарската литературна критика, како можност за остварување на новите „преобразувачки процеси“ и

– во паралелната употреба на повеќе видови поетски говор, во обновата на поетскиот говор и во придавањето подеднакво внимание и на конкретната и на латентната енергија на поетскиот говор.⁹

Предромантичарските определби, повеќе отколку со сè друго, се покажани со изборот на основната тема за романтичната поема *Сердарот* – тоа е борбата и жртвувањето на животот за слободата на сопствениот народ од страна на епскиот јунак Кузман Капидан, за кого постојат повеќе епски народни песни, а најубавата од нив – „Кузман Капидан ги сосипува Дебраните и воведува мир и спокојство во Охридскиот округ“, ја запиша познатиот собирач на народни умотворби Кузман А. Шапкарев и интересно ја

⁸ Осијанизмот е компонента на европскиот предромантизам и романтизам, а е настапат врз основа на мистификацијата на шкотскиот писател Џејмс Макферсон *Осијанови песни* (The Works of Ossian), кои во шеесеттите години на XVIII век се објавени како дело на келтскиот пејач Осијан (III век). Широм Европа се јавуваат многу подражавачи и почитувачи, во кои ги вбројуваме Бајрон, Шатобријан, Клопшток, Гете, Хердер, Његош и др. Осијан во тоа време ја доби ласкавата титула „северен Хомер“, додека настојувањата на јужнословенските предромантичари и романтичари одат кон тоа да добијат „домашен Хомер“. Во таа светлина е јасно тоа што Прличев инсистира на титулата „втор Хомер“, која, судејќи според сè, самиот себеси си ја доделува во *Автобиографијата*.

⁹ Бројноста на поетолошките и на поетските апории Прличев ја почувствувал со инстинктот на автентичен творец. Една од нив интересно ја формулира во текстот за просветата, во кој непосредно ги брани основите на емоционалистичката естетика, која е карактеристична за романтизмот:

„Ох, колку се бедни јазиците, колку неверно и мртво ги предаваат мислите и чувствата. Овие мисли се така полни со израз, како што е телото потопло од алиштата, колку што е потопло и срцето што го согрева јазикот со својата топлина, јазикот кој треба да ги изрази овие чувства“.

Цитирано според книгата на Стојан Ристески *Григор Прличев – Нови страници* (Завод за заштита на спомениците на културата и Народно музеј, Охрид 1989, стр. 109).

прокоментира.¹⁰ Предромантичарската определба Прличев ја покажува со тоа што во најголема можна мера отстапува од литературната предлошка, што ја избегнува употребата на творечките постапки што ги негува народниот пејач (освен словенската антитеза на почетокот, во стиховите 1–16), како и употребата на јазикот на народната поезија, што му дава предност на имагинативниот над реалниот свет, што во голема мера го прифаќа оној познат манир на предромантичарите и на романтичарите да ги поетизираат и да ги идеализираат и настаните и јунаците (епски и лирски), што покажува способност за оддалечување на современите историски настани, за нивна актуализација и универзализација, како и истовремена способност за осегашнување на редовите од настани и од асоцијации.¹¹

¹⁰ Освен наведената песна, која содржи 1133 стиха, на овој историски јунак му се посветени уште две песни од зборникот на К. А. Шапкарев: „Осман Мура и Дервиш Мучо напаѓаат на Охридската кааза, но биваат наполно сосипани од Кузман Капидан“ (варијанта од претходно цитираната песна, која содржи 39 стиха) и „Кузман Капидан“ (недовршена песна, содржи 91 стих). Постојат и две песни за други капидани: „Капидан Шико или Капидан Стојан, убиен во Стара Планина“ и „Тодор Капидан и дружината му“.

Во овој случај нас најмногу не интересира коментарот на К. А. Шапкарев како еден вид рецепција на поемата на Прличев *Сердарот*:

„На авторот Грк, можеби, повод да мисли или подобро да мечтае дека Кузман е негов сонародник, Елин, му дава поемата појавена во 1860 год. на грчки јазик со наслов “О Арматолос” во која составувачот нејзин, охриданиецот Бугарин, г. Г. Прличев (таму потпишан Ставридис) го фали и воспева јунаштвото и херојството на истиот тој Кузман. Таа поема, од поетска и јазична гледна точка гледана, е драгоцен камен и неоценлив бисер за грчката литература, според оценките на нејзините грчки рецензенти, по кои нејзиниот автор беше награден и овенчан.

Меѓутоа, по историската и топографската основа се лишува од секоја приближна веројатност, како по настаните што ги опишува, така и по местата каде што тие настани божем се случиле. Впрочем, тоа не е друго освен една висока и богата фантазија на авторот, претставена во неподражавачка поетска уметност, што мошне многу може да им послужи на грчките поети. Ако помнам добро, таа поема кон својот крај има додадени и некои свои белешки, во кои господин поетот, не знам по какви соображенија, ја имал слабоста да подметне дека жителите на Дебарскиот округ по многу нивни признаци се познавале дека биле од грчко (?) потекло, нешто невинитно. Жалам што ја немам пред раце истата книшка (поемата), за да би можел по тоа прашање да претставам нешто поопределено.“ (*Избрани дела*, кн. II, стр. 139–140.).

Во поемата *Сердарот* (стихови 661–664), епскиот јунак Дервиш Муча го спомнува и самиот Прличев, додека во *Автобиографијата* (на стр. 107) укажува на есеизираната основа, значајна во настанувањето на поемата, што значи дека од општо, од егзистенцијално становиште оваа тематика не престанала да биде подеднакво актуелна и во средината на деведесеттите години од минатиот век. На тоа упатува и воодушевувањето на Прличев од исто така овенчаниот грчки поет ГЕОРГИОС ЗАЛОКОСТА (1805–1858) и од неговиот општопризнат спев за епскиот јунак Марко Бочарис.

¹¹ Степенот на актуализација на историските настани најдобро може да се види врз основа на книгата на М и о д р а г С т о ј а н о в и Ќ *Ајдуците и клефтите во народното творештво* (Српска академија на науките и уметностите, Београд, 1984). Книгата на Стојановиќ ни помогнува да го разрешиме и односот на Прличев кон јазикот. Имено, авторот го наведува мислењето на водечкиот грчки писател од тоа време Дионис Соломос (околу кого се собрани Спиридон Трикупис, Александар Ризос Рангавис, Демостен Валаванис, Аристотел Валаоритис и други), кој тврди дека јазикот на јуначките народни песни „треба да се ползува како поттик за формирање на свој поетски израз, а не како веќе достигнато совршенство“. Ова мислење Прличев во потполност го прифатил.

Покажувајќи поетска самосвест, во поемата *Сердарот* Прличев се јавува и како poeta vates, бидејќи во предромантичарската и во романтичарската вдохновеност тој сака да постигне енормна чујност на своите поетски пораки, на она што теоретичарите на поезијата го нарекуваат интенционален или лингвистички лак, што без посредник сведочи за неговата наративна цел, односно за целите кои сака да ги постигне поетот. На крајот, како најзначаен доказ и за предромантичарските и за романтичарските определби на Г. Прличев би сме ја навеле поемата како формална иновација на двете стилски формации. Со изборот на поемата поетот го задоволува и сопствениот творечки нагон, без оглед на тоа дали ја избрал свесно или несвесно, како и потребите на времето, во духот на романтизираната концепција на светот од која произлегла концепцијата која теоретичарите ја нарекуваат „естетски хуманизам“, а на таа категорија Прличев ѝ припаѓа со сите компоненти на сопствената филозофија и психологија на создавањето. Со тоа е потврдена и неговата панкалистичка ориентација во уметноста и во мислата за неа.

III. Елементите на романтизмот

За елементите на романтичарската поетика во делата на Прличев досега пишувавме повеќе пати, а за оваа прилика ќе ги одделиме: огледот „Поемата *Сердарот* во контекстот на европскиот романтизам (Прилог кон литературната генологија)“, студијата „Глобалните идеи на романтизмот во делата на Франце Прешерн, Петар Петровиќ Његош, Иван Мажураниќ и Григор С. Прличев“, како и огледот „Преродбенските идеи во литературните и публицистичките дела на Григор С. Прличев“, кои го сочинуваат интегралниот дел од овој труд.¹² За оваа прилика ќе додадеме дека иманентната поетика на поемата *Сердарот* покажува мошне голем број претпоставки на романтичарската поетика, посебно доколку се работи за некои од глобалните идеи (како што е, на пример, панславистичката идеја или идејата за создавање словенски есперанто),¹³ што Прличев експлицитно ќе го поткрепи со *Автобиографијата* (пишувана 1884–1885) како форма на биографско-мемоарска проза во поширока смисла, со мноштво мемоарско-есеистички и неголем број есеизирани пасажии.

Основната романтичарска идеја ја претставува прифаќањето од Прличев на категоријата „духот на Епохата“ (Geist der Epoche). Следејќи ги мислењата на двајцата најистакнати претставници на европскиот романтизам (Бајрон и Пушкин), по тој повод Прличев ќе запише: „Секој писател треба да пишува по духот на народот свој и на својата епоха“, а тоа значи дека веќе многу завлегол во втората фаза од творештвото (1862–1893), во која од приврзаник на хеленистичката традиција се преобраќа во водечки заговорник на македонската Преродба, во припадник на оние македонски интелектуалци и творци коишто страшно и до крајни граници верно се бореа за афирмација на националното битие (за национална, административна,

¹² Првиот оглед е објавен во нашата книга *Григор Прличев во светлината на романтизмот* (стр. 13–23), како и студијата (стр. 73–93). Вториот оглед не е интегрално објавен. Тој е соопштен најпрво на научниот собир „Преродбенско-револуционерните процеси и личности во Македонија“, одржан во рамките на „XXIII поткозјачки револуционерни литературни средби“ во октомври 1990 година во Куманово. Делови од огледот се објавени во весникот „Нова Македонија“, во две продолженија: „Широчината на ослободувачките идеи“ (год. XLVI, бр. 15712, 20. X 1990, стр. 19) и „Со чувство за пулсот на епохата“ (год. XLVII, бр. 15799, 19. I 1991, стр. 17).

¹³ Книгата на Драги Стефанија *Прличевиот панславизам* е објавена приватно, 1989 година во Охрид.

културна, економска и училишна автономија во Отоманската империја) така што писателот сега се јавува во улога на апсолутен негатор на хеленската традиција и на асимилаторските тенденции на фанариотската олигархија. Изложувањето на преродбенската програма (посебно забележливо во програмскиот текст на *Автобиографијата*, на стр. 95 и во двете песни)¹⁴, како да станува примарна цел во пишувањето на автобиографскиот текст, бидејќи авторот повеќе држи до искажувањето на преродбенските идеи, отколку до оформувањето на сопствената биографска повест.

Набљудувано во поетолошка или во метапоетолошка смисла, романтичарската определба претставува и несекојдневно силна креативна умешност на поетот, евидентна хармонија меѓу поетската идеја и поетската слика (посебно кога се во прашање визуелната и акустичката поетска слика),¹⁵ принципи на закономерно сменување на творечките проседеа, хармонија меѓу морфолошкиот и семантичкиот состав, зачувување на жанровската чистота, бидејќи, по новите истражувања, *романтичната поема Сердарот* може уште попрецизно генолошки да се дефинира како *историска романтична поема* или *поема-панихида*, затоа што поетот во неа континуирано ја мотивирал семејната, општествената, националната и општочовечката панихида за јунакот кој во чисто романтичарски манир претставува олицетворување на трагичниот *херој*, на индивидуа со титански црти во портретот. Благодарејќи на елементите на панихидата, драмската тензија на поемата поетот ја одржува најчесто со промена на епските и на лирските пасажии. односно со статичните и со динамичните мотиви, кои доследно ги гради ерз антитетската слика на светот. Во изразито романтичарските творечки постапки би

¹⁴ Многу претпоставки на преродбенската програма Прличев елиптично ги стегнува во следниот пасаж од *Автобиографијата*, пасаж низ кој одсвонувача она за Зола специфично – обвинувам:

– „Протестирам против тебе, г-не Зарче! Ти не ме гониш за друго освен затоа што сега ти е невозможно да го викаш велегласно по црквите грчкото *Листево* (*вјерују* – заб. Р. В. И.) што си го изустил без да го разбираш. Како што си ме љубел така и сега би ме љубел, ако можеше да го изустив бугарското „Вјерују“. – Протестирам против тебе, г-не Владиков! Сум просветил две твои деца, а ти ме гониш, зашто отворено сум ти велел дека ги како и твоите другари сте поткупени од владиката. – Полесен е мојот протест против тебе, г-не Стружанче! Ти ме гониш, зашто од парите свои дадени Мелетију нема да земеш ни лихва ни капитал. Од гонет калуѓер што можеш да земеш? – Протестирам против Мелетија којшто како што ги уби моите учители така сака и мене да ме убие. – Протестирам против мугесарифинот, зашто ме кани во Дебар, без да јави кој ми е обвинител. – Протестирам и против тебе, славни господине, зашто ме плукаш без да знаеш каква е мојата вина“ (стр. 95).

Иста цел имаат и двете песни на Прличев внесени во *Автобиографијата* како сведоштво за навремено реагирање: „Хиљада и седемстотин шездесет и второ лето“ и „Бога вишњаго да славим и честитаго Царја“, кои се пласирани при самиот крај на автобиографскиот состав (стр. 128–129 и 132–133), па токму поради тоа во нив се крие посебна креативна функција.

¹⁵ На глобалните симболи *писок*, *пискотници* и *тага*, како и на нивните синоними, во поемата *Сердарот* Прличев им посветува бројни стихови: 1, 3–4, 18, 21–24, 25–26, 55, 62, 89–92, 99–100, 103–104, 105, 108, 112, 113, 115, 124, 141, 149, 162, 332, 335, 337, 339–340, 449, 457, 539, 545, 551, 557, 568, 583–584, 601, 621–623, 636, 706, 707, 711–716, 718, 720, 721, 723, 727, 729, 732, 739, 768, 773, 775, 777, 779–780, 783, 793–794, 796, 814, 872, 890, 891 и 901.

Голем дел од овие поетски слики се акустички, додека најубавите визуелни поетски слики се јавуваат во стиховите: 5–16, 19–20, 27–28, 29–44, 45–52, 57–60, 73–76, 85–88, 93–96, 125–128, 153–160, 165–168, 173–180, 205–208, 321–328, 749–752, 837–840 и 861–864.

Како една од творечките закономерности на Прличев се јавува пропесот на хармонизирање на акустичката и на визуелната поетска слика во ист катрен: 17–20, 25–28, 45–48, 49–52, 81–84, 721–724 и на други места. Фреквентноста на одделни лексеми сведочи за значајните интенции на поетот.

го вброиле и процесот на *хибридизација на формата* (на епиката и на лириката), без кој е невозможно настанување на поемата како епско-лирски вид/жанр, што се јавува како потврда на процесот на *педализација на темата*, било да се работи за имажинативниот било за реалниот свет на претставите.

Набљудувано од општ аспект, за односот меѓу елементите на поетиката на класицизмот, на предромантизмот и на романтизмот, според нашето мислење, е пресуден односот меѓу уметничката и фолклорната имажинација. Благодарейќи на несомнениот и повеќестран талент, на најуспешните страници од своето дело, Прличев покажува способност на творец од високо развиениот романтизам (што се гледа посебно во суптилно заплеткуваната и расплеткуваната полемика меѓу мајката Неда и најстариот Гега, во стиховите 433–528, во кои е покажана неисцрпноста на ониричката, на творечката и на јазичната имажинација и контемплација).¹⁶ Со посебна сила таа способност еманира во обидот за дефинирање на општата атмосфера во поемата *Сердарот*, на оној поетски флуид кој, во романтичарски манир, ѝ припаѓа и на сферата на текстовните и на сферата на вонтекстовните содржини (се работи за т.н. „премолчени значења“). Односот меѓу поетскиот и творечкиот субјект, процесот на нивната екстериоризација и интериоризација, исто така го покажува настојувањето на поетот да ја зајакне идеографската основа на романтизмот, бидејќи во прашање се силни индивидуи, кои го репрезентираат не само нациотот туку длабоко се проникнати и со светската хуманистичка идеја. Како претставник на „естетскиот хуманизам“, за Прличев посебно е значајно настојувањето многу да го прошири референцијалниот круг на уметничкото дело, за со *самоговорот* на делото да ја покаже не само неопходноста и убавината туку и трајноста на неговата егзистенција, а тоа на уште еден план го потврдува специфично романтичарскиот однос на продуктивниот и на рецептивниот модел. Меѓу другото, тоа се потврдува и со апологијата на поетскиот говор, што го сочинува една од естетските и од поетолошките определби на Г. Прличев.

Заклучок

Првиот од малобројните, но значајни заклучоци, се однесува на тоа дека поетот доследно останува при некои од глобалните определби, без оглед на изборот на творечкото проседе и без оглед на припадноста на одделна стилска формација. Освен веќе наведената апологија на создавањето и освен панкалистичката ориентација, како естетски и поетолошки константи, прилика е да констатираме дека, воден од автентичен творечки нагон, поетот не ги дели творечките постапки од поетиката на класицизмот, предромантизмот и романтизмот, туку, во манирот на тогашната творечка парадигма, ги набљудува како единствени. Во сите елементи од структурата на делото, тој инсистира на синкретичкото дејство. Со апостериорна анализа и со примена на модерно заснована методологија, се покажува дека пред-

¹⁶ Романтичарски и префинето делува описот на Марија како вета девојка во целиот дел на поемата што ѝ е најзрел посветен, а посебно во суптилно остварениот катрен (стихови 897–900):

„Што в него се насликани од тифка тага траги
ко печат јасен сосема,
И в челото и светлово впечатена е јасно
србта што срце раздира“.

романтичарските и романтичарските претпоставки во сè се доминантни над класицистичките претпоставки, така што во тој поглед остануваат сè помалку дилеми, а во поетолошки поглед сè помалку апории.¹⁷

Сосема прецизната терминологија бара и една дополнителна интервенција. Според нашето мислење, наместо категоријата *класицизам* поправилно би било да се употребува категоријата *неокласицизам*, бидејќи навистина се работи за елементи на обновата на класицизмот. Исто така, смета дека наместо категоријата *предромантизам* попрецизно би било оваа стилска формација да се нарече *проторомантизам*, како што предлага Хенрик Маркјевич, додека во македонската наука за литературата наместо категоријата *преродба* би требало да се употребува категоријата *романтизам*. Во овој труд отстапуваме од примената на ова начело поради тоа што требаше најпрво да се дефинираат теориските разлики меѓу *класицизмот* и *неокласицизмот*, потоа меѓу *проторомантизмот* и *романтизмот*, што би нè одвело кон нови подрачја на оваа проблематика и би барало значително проширување на започнатата анализа.

И со литературниот и со идеолошкиот дискурс Прличев се вклопува во основните настојувања на „духот на епохата“ и на романтизмот како стилска формација. Во функција на изразувањето на глобалните идеи на епохата ги става сите свои интелектуални и креативни потенцијали, така што, според нашето мислење, по таквиот вид на ангажираност не може повеќе да се поставува прашањето дали е тој автентичен претставник и толкувач на романтичарските идеи, туку – во колкава мера и на каков начин неговото литературно и публицистичко дело ги еманира глобалните идеи на романтизмот и творечките постапки од оваа стилска формација? Доколку сега инсистираме на бинарната опозиција *класично* – *романтично*, тогаш, како продукт на романтизмот, во голема мера *посмата* би можеле да ја толкуваме и како свесна или несвесна побуна против крутите стеги на класицистичката поетика, затоа што, во манирот на високоразвиениот романтизам, како естетски идеал Прличев ја зема *убавината*, а како етички – *слободата*, па ослободувањето на креативниот потенцијал е еден од видовите на романтичарската побуна против егзистенцијалните и творечките ограничувања.

На крајот, иако без секако сомнение, може да се констатира дека во Прличев наоѓаме репрезент не само на македонскиот туку и на јужнословенскиот и на балканскиот романтизам; сепак, без објавување на целокупните дела на Григор С. Прличев, невозможно е сосема прецизно да го ситуираме во контекстот на романтизмот. Како силен идеографски, интелектуален, креативен и радијационен центар, од денешна перспектива, Прличев се покажува како еден од најзначајните претходници на Илинден. Како автентичен и повеќестрано надарен творец, тој поседува моќ на антиципација, па токму поради тоа можеме да го вброиме во најтесниот круг творци на кои, според мислењето на Алфред Алфиери, може да им се довери судбината на нацијата, поради тоа што „Судбината на нацијата најпрво и најмногу им се доверува на големите писатели, затоа што тие ја разбудуваат нејзината морална свест“.

¹⁷ За значењето на апориите во секој вид литературна експертиза, а особено во херменеутичката, поопширно пишувавме во огледот „Поетската и поетолошката апоретика“, објавен во новосадската ревија „Поља“, год. XXII, бр. 271, јуни–јули 1991, стр. 17–19.

Ратко К. Јанев

Д-р РАТКО К. ЈАНЕВ е роден 1939 година во Сандански (Бугарија). Студирал на Електротехничкиот факултет во Белград, а докторирал на Природно-математичкиот факултет во Белград. Работи во Меѓународната агенција за атомска енергија во Виена.

Неговите научни истражувања ги опфаќаат областите на атомските заемни дејства, заемните дејства на атомските честици со цврсти тела и контролираната термонуклеарна фузија. Основач е на белградската школа на теоретска атомска физика, која има висока афирмација во светот. Дал фундаментален придонес во физиката на атомските судирни процеси. Особено значаен придонес дал и во атомската физика на термонуклеарната плазма. Соработува и со Природно-математичкиот факултет во Скопје.

За член на Македонската академија на науките и уметностите надвор од работниот состав е избран на 7 октомври 1988 година.

КОНТРОЛИРАНА ТЕРМОНУКЛЕАРНА ФУЗИЈА

1. Генеза на идејата

Кога во дваесеттите и во почетокот на триесеттите години од нашиот век младата квантна физика со романтичен ентузијазам ги освојуваше тајните на новооткриениот микросвет (структурата и заемните дејства на атомите и нивните јадра), Аткинсон и Хоутерманс [1] со своето тврдење (1929) дека енергијата на ѕвездите потекнува од реакции на соединување (фузија) на јадрата на лесните елементи отворија нова димензија на истражувачката фантазија: можат ли условите при кои се одвиваат фузионите реакции во внатрешноста на ѕвездите да се реализираат во лабораторија? Овој скок на сознајниот интерес од микро- кон макросветот носеше и еден практичен контекст: создавање на енергетски извор аналоген со оној кој ги снабдува ѕвездите со енергија. Кога младиот физичар Г. Гамов¹ ја соопшти хипотезата на Аткинсон и Хоутерманс на еден семинар во Ленинград, Бухарин му пришол со предлог да му ја стави на располагање целата електрична енергија на Ленинград секоја ноќ за еден час за реализација на таков фузионен енергетски извор. Здравата смисла за реалност го спречила Гамов да го прифати предлогот. Навистина, Аткинсон и Хоутерманс го имаа зад себе славното откритие на Ајнштајн за врската меѓу масениот дефект во нуклеарните реакции и енергијата која се ослободува при нивното одвивање, но откривањето на најлесните изотопи во природата и специфичните механизми на фузионите процеси дури претстоеше. Деутеронот, еден од двата тешки изотопи на водородот, беше откриен во 1932 г. [2], а во 1934 Радерфорд со соработниците [3, 4] ги произведеа во лабораторија првите фузиони реакции при меѓусебни судири на деутероните, откривајќи го притоа и вториот тежок изотоп на водородот – трициумот. Дури во 1939 г. Ханс Бете [5] даде детална анализа на нуклеосинтезата (фузиониот горивен циклус) во Сонцето, што му ја донесе и Нобеловата награда. Во 1942 г. Е. Ферми², кој веќе имаше успешно реализирана контролирана фисија во лабораториски услови, му предлага на Е. Телер³ да ги испита можностите за создавање енергетски извор врз основа на фузиони реакции со деутериумот. Во своите пресметки Телер прави тривијална грешка и добива негативен резултат. Меѓутоа, фактот дека енергијата која се ослободува при соединувањето на те-

¹ Г. Гамов, меѓу другото, го откри законот на радиоактивното распаѓање на атомските јадра.

² Е. Ферми е создавач на прототип на фисиониот атомски реактор.

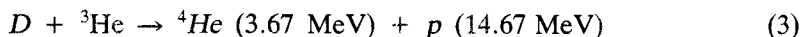
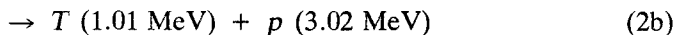
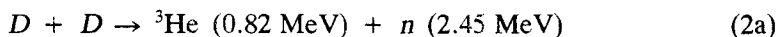
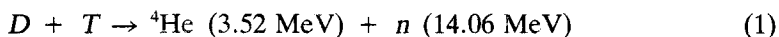
³ Е. Телер подоцна активно учествуваше во создавањето на хидрогенската бомба во САД.

шките изотопи на водородот е многу поголема од енергијата која се добива при фисијата на урановите јадра остана и понатаму крајно привлечен и мотивира испитувања насочени кон создавање на услови за експлозивно одвивање на фузионите реакции. Првите резултати на овие испитувања беа успешно демонстрирани во мај 1951 г. [6], само шест години по Хирошима.

Но идејата за реализација на контролирана термонуклеарна фузија не се напушти. Во почетокот на педесеттите години И. Е. Там и А. Д. Сахаров⁴ [7] во Москва и Л. Спицер [8] во Принстон независно доаѓаат до концептот на магнетски конфинирана високотемпературна плазма како медиум во кој фузионите реакции меѓу тешките изотопи на водородот можат да се одвиваат на контролиран начин. Формулирањето на овој концепт го означил почетокот на интензивните научни испитувања за реализација на контролираната фузија. Овие испитувања, придружени со успеси и разочарувања, денес се наоѓаат во фаза на конструкција на првите („пробни“) експериментални фузиони реактори.

2. Принцип и основни концепти на контролираната термонуклеарна фузија

Идејата што лежи во основата на контролираната термонуклеарна фузија е да се искористи енергијата која се ослободува при одвивање на фузионите реакции меѓу изотопите на лесните елементи во природата.



каде што D и T ги означуваат јадрата на деутериумот и трициумот, а n и p ги означуваат неутронот и протонот. Во заградите се дадени кинетичките енергии на соодветните продукти на реакцијата. Ако околу реакционата комора се наоѓа материјална облога во која реакционите продукти ја дисипираат својата кинетичка енергија, тогаш издвоената топлотна енергија во облогата може на конвенционален начин да се екстрахира од материјалот и понатаму да се трансформира во друг погоден вид (на пр. во електрична).

При практичната реализација на оваа едноставна идеја се наидува на огромни тешкотии. Прво, јадрата D , T , ${}^3\text{He}$ се позитивно наелектриризирани и иницирање на фузионите реакции (1) – (3) претпоставува дека тие поседуваат големи кинетички енергии. Според тоа, за масовно одвивање на реакциите (1) – (3) потребно е соодветна смеса на изотопи да се доведе до температури во интервалот $T \approx 10 - 100 \text{ keV}$ ($1 \text{ keV} \approx 10$ милиони $^{\circ}\text{C}$).

⁴ А. Д. Сахаров е еден од создавачите на советската атомска и хидрогенска бомба.

Остварувањето на таквите високи температури во конечен (и не мал, за реакторски цели) волумен на гас само по себе претставува грандиозна задача. При вакви температури секој гас е наполно јонизиран и се наоѓа во состојба на плазма.⁵

Второ, ако густината на енергијата која во единица на време ја произведуваат фузионите реакции треба да биде доволна да обезбеди нивно автономно одвивање, тогаш густината на „горивната смеса“ треба да биде барем 10^{14} cm^{-3} . Вакви концентрации на горивната гасна смеса при температури од 10 keV создаваат топлотен флуks на сидовите на реакционата комора од $10^7 - 10^8 \text{ W/cm}^2$ што ниту еден материјал не може да го прифати. На тој начин термалната изолација на високотемпературната реакциона смеса од материјалните сидови на реакторската комора е битен предуслов за реализација на контролираната фузија.

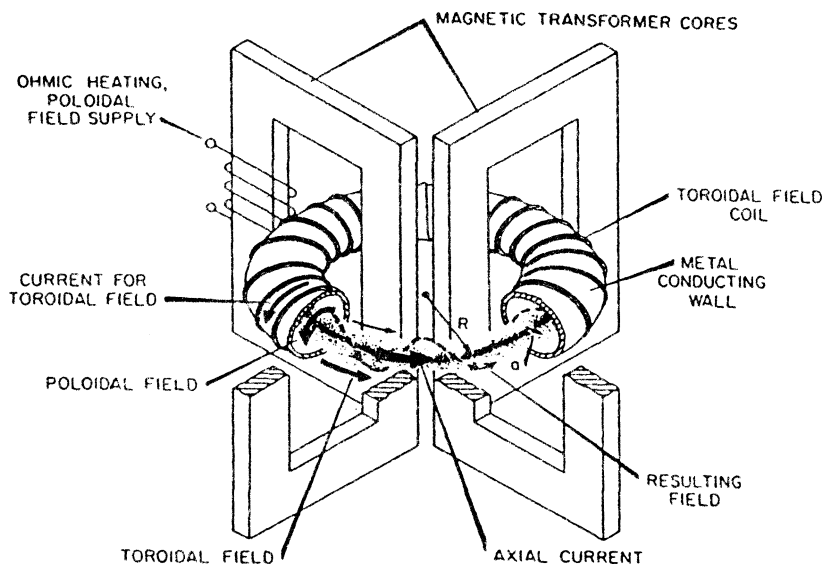
Конечно, енергијата која ќе се внесе во горивната смеса за да ги иницира фузионите реакции и овозможи почеток на нејзиното „горење“ треба во системот да се задржи барем толку долго колку што изнесува карактеристичното време за одвивање на фузионите реакции. За D-T смеса при температура од 10–20 keV и концентрација $n \approx 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ потребното време τ_E за одржување на термалната енергија во системот изнесува неколку секунди.

Според тоа, за реализација на контролираната фузија е неопходно (но не и доволно) реактивната гасна смеса истовремено да задоволува три услови: висока температура T , доволно висока концентрација n и доволно долго време на термална изолација τ_E . Овие услови се комбинираат во еден услов $pnT\tau_E \geq R$, кој ја определува фузионата реактивност на горивната смеса. Од сите потенцијални горивни смеси за фузионен реактор најниска критична реактивност R има D-T смеса, за која $R \approx (3 - 5) \cdot 10^{15} \text{ keV cm}^{-3}\text{s}$. Поради тоа проектите на првите фузиони реактори се базираат на D-T горивниот циклус.

Техничките концепти за реализација на контролираната фузија меѓу себе се разликуваат според начинот на кој се постигнува термална изолација на горивната смеса од сидовите на реакторската комора. За постигнување на оваа цел се следат два основни пристани. Во едниот од нив горивната смеса, во состојба на плазма, се сместува во затворено магнетно поле, така што наелектризираните честички на плазмата (електрони и јони-јадра) вршат спирално движење околу затворените магнетни линии на силата што го ограничува нивното движење кон сидовите на комората. Ова е концептот на Сахаров и Спицер, познат како магнетно ограничување (конфинирање) на термојадрената плазма. Можат да се создадат многу видови магнетни конфигурации во кои движењето на наелектризираните честички на плазмата е ограничено во просторот (тороидални геометрии, магнетни огледала, магнетни мултиполи и сл.). Меѓутоа, ни во еден од нив одржувањето на плазмата не е идеално. Поради меѓусебните заемни дејства, плазмените честички ја менуваат енергијата и моментот, што доведува до нивна дифузија попречно на правецот на магнетното поле кое ги конфинира и до нивното дефинитивно

⁵ Плазма е квазинеутрален гас на електрони и позитивни јони (односно атомски јадра).

напуштање на реакциониот обем (т.е. до неминовен контакт со реакторските сидови). Од гледна точка на одржување на плазмата во затворен обем (како и според други критериуми), најуспешни досега се покажаа тороидалните конфигурации за конфинирање, а меѓу нив системот кој се наречува *токамак*⁶, шематски претставен на сл. 1. Систем на радијално поставени калеми создава тороидално магнетно поле кое го насочува движењето на честичките на плазмата во тороидален правец. Вака создадената струја создава свое полоидално магнетно поле кое го обвива плазмениот столб и врши негова радијална контракција (т.н. „линч“-ефект). Тороидалното и полоидалното поле се суперпонираат и честичките на плазмата ги следат затворените хеликоидални линии на силата на резултантното магнетно поле. При идеални услови (т.е. без судири меѓу честичките) плазмата во ваквото магнетно поле е „замрзната“.



Сл. 1 – Шематски изглед на токамакот

Прикажани се главните конструкциски елементи, правците на тороидалното, полоидалното и резултантното магнетно поле и плазмата (точкасто) во средината на торусот.

Вториот пристап кон реализирањето на условите за контролирана фузија поаѓа од идејата за создавање на густини на горивната смеса кои се илјада пати поголеми од густината на цврстиот водород. При ваквите густини фузионата реактивност $nT\tau_E$ станува наткритична и за релативно мали вредности на параметрите T и τ_E . За создавање на вакви густини на водородните изотопи се користат интензивни ласерски или честични (јонски) снопови кои, паѓајќи концентрично на мали сфери од горивото (пречник 4–5 mm) и предавајќи им ја својата енергија, предизвикуваат „имплозија“

⁶ Акроним од руското име на овој систем: **Т**ороидална **к**амера (комора) на магнетно **к**онфинирање.

на материјалот до потребни густини, загревајќи го во исто време и до високи температури. Проблемите во рамките на овој инерцијален концепт на фузијата се сврзани со создавање на доволно интензивни снопови, рамномерно предавање на енергијата по површината на горивната мета и динамиката на имплозијата. (Овој концепт, всушност, го користи принципот на водородната бомба, само што сега сите параметри на процесот на термојадреното горење можат да се контролираат.)

Магнетниот пристап кон контролираната магнетна фузија, посебно со машините од типот на токамак, денес е најблиску до конечната цел и во понатамошното излагање ние ќе се ограничимо само на него.

Концептот на еден енергетски извор го вклучува во себе и прашањето на горивниот циклус. За фузионен реактор врз основа на D-D реакциите проблемот на горивото не постои: деутериумот се наоѓа во обична вода во доволни количини и неговата екстракција е технолошки едноставна. Трициумот, потребен за D-T фузиониот реактор, во природата не постои и неговото екстерно воведување во реакторскиот систем би имало изразени импликации врз реакторската економичност. Во концептот на D-T фузиониот реактор овој проблем се решава воведувајќи плодносна облога (околу реакторската комора) која содржи литиум. Неутроните создадени во фузионата реакција (1) влегуваат во реакции со јадрата на литиумот произведувајќи трициум. На тој начин фузиониот D-T реактор самиот себеси се снабдува со гориво.

Конечно, фузиониот реактор може да претставува енергетски извор доколку енергијата која ја произведуваат фузионите реакции во единица на време е поголема од енергијата која се внесува во системот за иницирање и поддржување на фузионите реакции, како и од сите енергетски губитоци од системот (во форма на зрачење, термален транспорт и сл.). Овој услов може да се изрази како релација помеѓу параметрите на плазмата n , T и τ_E , која, поедноставена, има вид (за D-T реактор)

$$n\tau_E > \frac{12T}{\alpha_{DT}(T)Q_{DT}} \quad (4)$$

каде што $\alpha_{DT}(T)$ е коефициент на брзината на одвивање на фузионите D-T реакции и Q_{DT} е енергија која се генерира по една фузиона реакција. Условот (4) е познат како Лоусонов критериум (9) за фузионен реактор. Квадратната апроксимација за $\alpha_{DT}(T)$ во областа на T од 10–100 keV го дава условот $n\tau_E T \geq (3-5) \cdot 10^{15} \text{ cm}^3 \text{ s keV}$.

3. Научен контекст на фузионите истражувања

Горенаведениот квалитативен приказ на принципот и основните концепти на контролираната фузија служи да ги осветли само основните идеи. Зад овие едноставни идеи стои извонредно сложената реалност на физичкиот експеримент, која веќе четириесет години претставува големо предизвикување и инспирација на човечкиот ум. Комплексноста на проблемот на

контролираната фузија во концептот на магнетски конфинираната плазма произлегува од низа фундаментални спротивности кои лежат во основата на концептот, а кои мораат позитивно да се решат за остварување на целта. Првата од тие противречности е околноста дека јадрата кои треба да извршат фузиони реакции преку јадрените сили истовремено се и наелектризирани честички и, според тоа, субјекти на долгодосежните електромагнетни заемни дејства. Брзината со која се одвиваат фузионите D-T реакции при температури 10–20 keV изнесува $\sim 10^{16} \text{ cm}^3/\text{s}$, додека процесите на овие честички кои се резултат на нивните кулонски заемни дејства имаат карактеристични брзини на одвивање $10^{-8} - 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$ при истиот опсег на температури. Ако се има предвид дека фузионите реакции генерираат енергија во системот и дека електромагнетните (или „атомски“) процеси ја дисипираат енергијата, тогаш горната разлика од шест до осум редови на величина укажува дека фузионите реакции се одвиваат на фонот на бурни атомски процеси кои течат паралелно. Позитивен енергетски биланс меѓу фузионите и атомските процеси се воспоставува благодареејќи на фактот дека во една фузиона реакција се создава 10^6 – 10^7 -пати поголема енергија отколку што се губи во една атомска реакција. Меѓутоа, овој позитивен биланс може лесно да се загуби доколку горивната смеса не е доволно чиста. Ако во плазмата со температури $\sim 10 \text{ keV}$ се наоѓаат примеси на тешки јони со атомски број $Z \sim 25$ –30 (на пр. железо, никел, бакар и сл.) во концентрацији од само еден процент, нееластичните процеси на честичките на плазмата со овие јони можат целата енергија содржана во плазмата да ја претворат во електромагнетно зрачење. Оваа радијациона енергија, се разбира, засекогаш е изгубена од системот. Дури и ако плазмата е наполно чиста, при високите температури, неопходни за одвивање на фузионите реакции, електроните континуирано ја губат енергијата при далечните заемни дејства со јадрата (сопирачко зрачење), која расте со порастот на температурата. Во реалните експериментални плазми примесите не можат да се избегнат, како што не може да се избегне (поради попречната дифузија) ни заемното дејство на плазмата со сидовите на реакторската комора (што и претставува извор на примесите во плазмата). Контролата на заемното дејство на плазмата со реакторските сидови, како и на дифузијата на примесните јони во внатрешноста на плазмата, претставува еден од критичките проблеми во создавање на термојадрениот реактор [10]. Во извесна смисла, проблемот на примесите е инхерентен на концептот на термонуклеарната фузија како енергетски извор. Имено, и самите D-T и D-D фузиони реакции (види (1) и (1.2a)) произведуваат примеси ^4He и ^3He , соодветно. Иако овие примеси ги зголемуваат радијационите губитоци на плазмата барем за фактор четири (сопирачкото зрачење е пропорционално на квадратот на набојот на јадрото), нивниот основен негативен ефект е во „разблажувањето“ на горивната смеса (т.е. ефективно снижување на концентрацијата n на водородните јадра, смалување на вредноста на производот nT и, евентуално, нарушување на Лоусоновиот критериум). Бидејќи магнетното поле тежи да ги „зароби“ јадрата ^4He и ^3He во реакциониот обем, нивната екстракција од системот претставува вонредно сложен научно-технолошки проблем. Влијанието на атомските процеси врз енергетскиот биланс на фузионите реактори, како и врз други аспекти на нивната реализација, детално е анализирано во трудовите [11–13].

Друга внатрешна противречност во магнетниот концепт на контролираната фузија е фактот дека магнетски конфинираната плазма е инхерентно далеку од состојбата на термодинамичка рамнотежа. Тоа е последица на условот за квазинеутралноста на плазмата, кој мора да биде задоволен за да се придвижат силните електростатички сили кои постојат во наелектризираниот гас. Кулоновите судири меѓу честичките, кои се стремат да ја вратат плазмата во термодинамичка рамнотежа, мораат да ја нарушат нејзината конфинираност. Тоа доведува до дифузија на плазмата попречно на магнетното поле, што се манифестира во честични и енергетски губитоци. Меѓутоа, многу посериозни се последиците од присуството на слободна енергија во системот кој не е во термодинамичка рамнотежа. Овие последици се искажуваат како нестабилности на плазмата. (Стабилност на плазмата во магнетното поле може да се обезбеди ако кинетичкиот и магнетниот притисок се постојано еднакви во секоја точка на обемот на плазмата.) Во магнетизираната плазма постојат три извори на слободна енергија кои се стремат да воспостават термодинамичка рамнотежа: енергија на експанзија (поради неуниформноста во распределбите на температурата и густината на плазмата), магнетна слободна енергија (поради дијамагнетизмот на плазмата) и немаксвеловски карактер на функцијата на распределбата по брзините (слободна енергија во просторот на брзините). При мали пертурбации на соодветните физички величини кои ја карактеризираат состојбата на плазмата (распределба на густината и температурата, функција на распределбата на брзините итн.) сите овие извори на слободна енергија доведуваат до нестабилности на плазмата и до нарушување на нејзината конфинираност. Овие нестабилности истовремено се придружени и со губитоци на енергија и честички од системот. Некои од овие нестабилности имаат тенденција кон неограничен пораст, што доведува до потполно разорување на конфинираноста.

За да се спречи оваа природна склоност на конфинираната плазма кон нестабилност, на нејзината динамика ѝ се наметнуваат определени ограничувања. Првото од нив следи од Лиувилевата теорема, според која елемент на фазниот флуид, кој се движи во фазниот простор под дејство на Лоренцовата сила, не го менува својот обем. Оваа теорема може да се изрази со релацијата

$$\frac{\delta}{\delta t} \int G(f) d\vec{x} d\vec{v} = 0, \quad (5)$$

каде што $f(\vec{x}, \vec{v}, t)$ е функција на распределба во фазниот простор $(\vec{x}, \vec{v})$, а $G(f)$ е било каков функционал од f . Од оваа теорема непосредно следи и равенката на Власов за функцијата f [14]. Состојбите на плазмата кои се дозволени според Лиувилевата теорема не мораат истовремено да бидат и состојби со минимум енергија. Ова е спротивно на H -теоремата на Болцман.

Адијабатските инваријанти (на пример магнетниот момент во конфигурацијата на магнетните огледала или хелицитетот во тороидалните магнетни конфигурации) исто така претставуваат ограничувања на динамиката на плазмените честички. Конечно, силно ограничување на плазмената динамика обезбедува и Омовиот закон, кој во затворените конфигурации ги ограничува како магнетната слободна енергија така и слободната енергија на експанзијата на плазмата („замрзната“ плазма). Нестабилностите на конфинираната плазма се појавуваат на две нивоа [14, 15]: макро- (или магнетно-хидродинамички) нестабилности на плазмата како целина и микро-нестабилности (на растојанија по ред на величина на Ларморовиот радиус на честичките на плазмата). Магнетно-хидродинамичките нестабилности ја определуваат глобалната стабилност на конфинираната плазма, додека микро-нестабилностите се одговорни за аномалните процеси на пренос на честичките и енергијата попречно на магнетното поле и го определуваат времето на одржувањето на енергијата во системот (τ_E). Тороидалната геометрија на конфинираната плазма во токамакот доведува до низа специфични (т.н. неокласични) ефекти во транспортот на плазмените честички, до формирање на „магнетни“ островчиња на периферијата на плазмата и сл. Микронестабилностите, кои во перифериската плазма се појавуваат поради разни нехомогености, предизвикуваат поврзување на магнетните островчиња, што доведува до ергодизација на магнетното поле и до нарушување на конфинираноста на плазмата. Магнетните линии на силата заемно се испреплетуваат, периодичноста на траекториите на честичките на плазмата се руши и нивното движење станува хаотично. Појавата на детерминистички хаос на периферијата на плазмата е само еден од изразите на нелинеарната динамика на плазмата во оваа област. Друга манифестација на ваквата динамика е појавата на силни турбулентности на плазмениот флуид.

Изнесените два примера на внатрешни противречности во концептот на магнетски контролираната термонуклеарна фузија илустрираат како самата природа се „спротивставува“ на реализација на овој грандиозен потфат. Оваа ситуација ѝ е дијаметрално спротивна на онаа која постоеше при реализацијата на фисионите нуклеарни реактори. Атомските јадра на фисионото гориво поседуваат природна склоност кон цепање; за иницирање на фисионите реакции потребни се почетни неутрони со релативно ниски енергии, а контролата на верижниот процес на нивното одвивање („горење“) се сведува на контрола на енергиите на секундарните неутрони (нивната способност да предизвикуваат нови реакции) и редукција на нивниот број (со помош на разни апсорбери).

Сепак, постојат одредени аспекти во концептот на магнетски контролираната фузија кои укажуваат на определена „благодинаклоност“ на природата кон овој човеков напор. Еден од нив е особината на магнетски конфинираната плазма да се „самоорганизира“ [16]. Оваа особина на плазмата произлегува од постоењето на определени физички величини кои при нејзината еволуција се стремат да останат непроменети (интеграли на движењето). Во тороидалната плазма такви интеграли на движењето се вкупната струја која тече низ плазмата, хеликоидалноста на магнетното поле, лонгитудиналниот магнетен момент и уште некои други. Конзервацијата на овие величини обезбедува плазмата да се стреми кон определени рамнотежни

конфигурации со минимална магнетна слободна енергија. При појавата на пертурбации, кои се стремат да ја изведат плазмата од вакви релаксациони состојби, се јавуваат обратни спреги кои, спротивставувајќи се на овие промени, ги модифицираат параметрите на плазмата така што таа останува во својата релаксациона состојба. Плазмата може да egzистира во повеќе релаксациони состојби (дефинирани со конзервација на различни интеграли на движењето) во кои квалитетот на конфинираноста на плазмата (на пр. времето τ_E на одржување на енергијата) е различен. Во релаксираната состојба на плазмата во токамакот, при која истовремено се минимизирани магнетната енергија, топлотната енергија и хеликоидалноста (при конзервација на вкупната струја), времето на одржувањето на енергијата во плазмата е најдолго. Особината на „самоорганизирање“ на плазмата, меѓутоа, не подразбира дека плазмата може сама од себе да дојде во релаксациона состојба во која вредностите на сите интеграли на движењето се минимизирани. Во ваква состојба плазмата може да се доведе при обезбедување на определени услови.

На нивото на техничката реализација на контролираната термонуклеарна фузија се појавуваат низа нови научно-технолошки проблеми, од кои некои имаат изразен интердисциплинарен карактер [10]. Најважните меѓу нив се сврзани со загревањето на плазмата до термонуклеарни температури (10–20 keV), со континуелното отстранување од реакторската комора на хелиумот и вишокот на топлотна енергија, со контролата на заемното дејство на плазмата со сидовите на реакторската комора и дифузијата на примесите (кои се генерираат при тоа заемно дејство) кон внатрешноста на плазмата, со транспортот на неутроните и топлотниот флуks во облогата на фузиониот реактор, со екстракцијата на трициумот од облогата и неговото процесирање, со технологијата на огромните суперпроводни магнети и сл. Посебно критичен е проблемот на адекватни материјали за реакторските компоненти кои директно се изложени на дејството на топлотните и честичните флуkсови кои доаѓаат од реакторската плазма. Напредокот на испитувањата во сите овие области го определува напредокот во реализацијата на контролираната фузија. Научните дисциплини кои се вклучени во решавањето на горните проблеми на контролираната фузија ги опфаќаат: физиката на плазмата, атомската и нуклеарната физика, класичната електромагнетика и термодинамика, науката за материјалите, математиката итн.

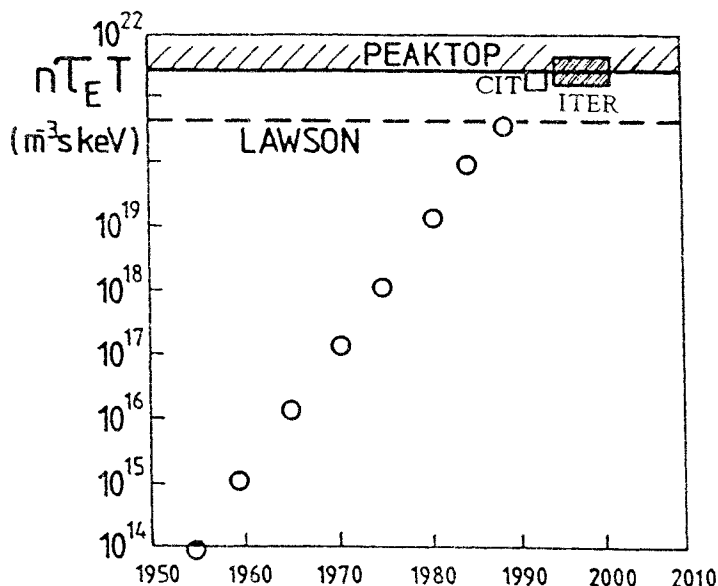
Притоа, неопходна е синтетичка примена на достигнувањата во овие дисциплини за решавање на поставените проблеми. Еден од таквите примери е загревањето на плазмата со помош на интензивни снопови на неутрални водородни атоми. Заемното дејство на ваквите снопови со плазмата и механизмите на предавање на енергијата и моментот од атомскиот снап кон плазмата вклучуваат богат спектар на атомски процеси [17].

4. Резултати на истражувањата и перспектива

Напредокот во истражувањата на контролираната термонуклеарна фузија може да се карактеризира со три синтетички параметри:

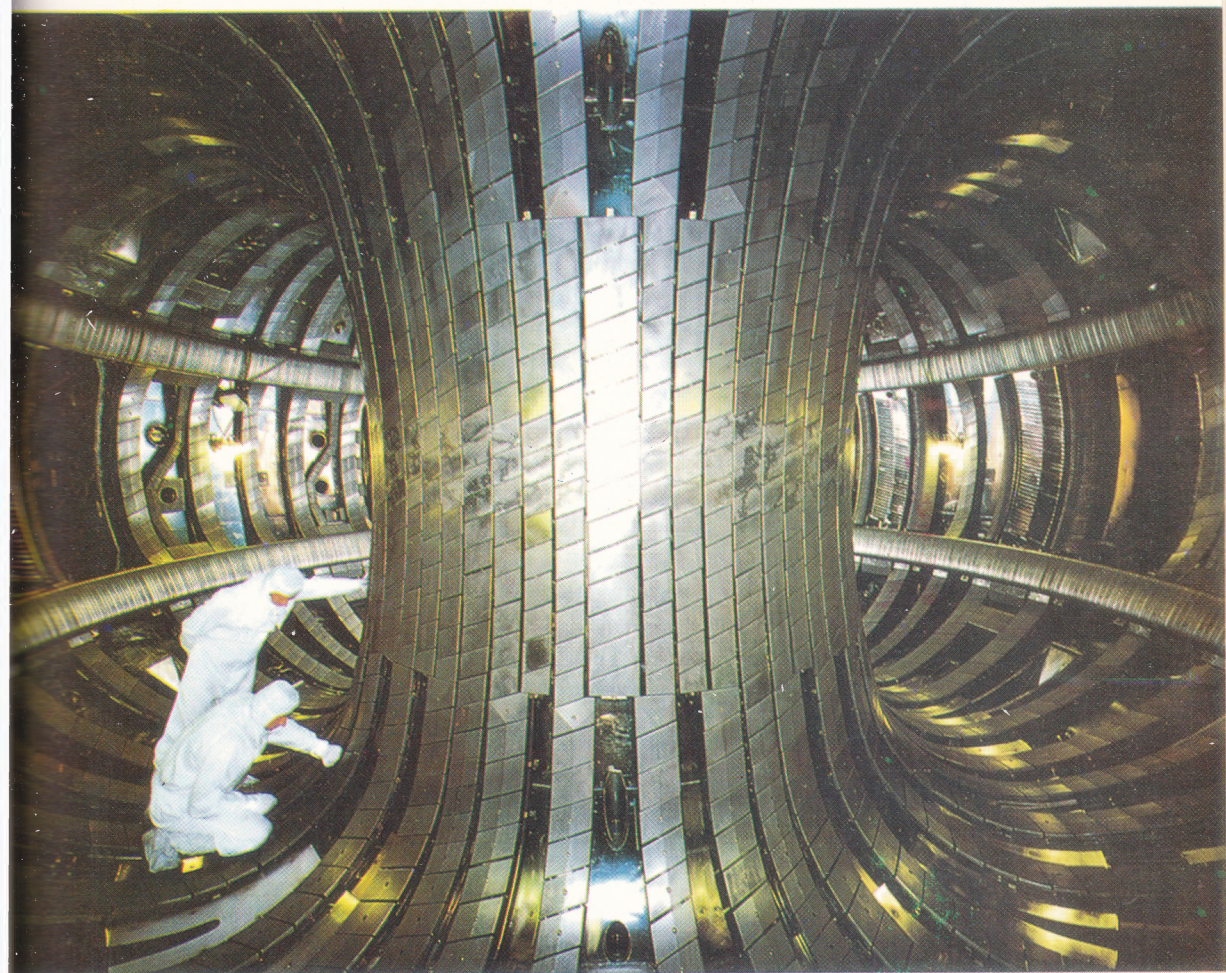
$$\beta = \frac{nT}{B^2/2\mu_0}, \quad Q = \frac{P_f}{P_g}, \quad R = n\tau_E T, \quad (6)$$

каде B е интензитет на магнетното поле (μ_0 е магнетна пермеабилност на вакуумот), P_f и P_g се, соодветно, фузиона сила и сила која се троши за поддржување на горењето. Параметарот β е мерка за квалитетот на конфинурањето, параметарот Q е фактор на мултипликација на силата во фузионата машина, а параметарот R ја карактеризира реактивноста на плазмата. За да работи фузионата машина како енергетски извор, вредностите на горните параметри треба да бидат над некои критични граници. Порано видовме дека критичната вредност на параметарот R е околу $(3-5) \cdot 10^{15} \text{ cm}^3 \text{ s keV}$. Фузионата машина ќе произведува повеќе енергија во единица на време отколку што троши ако е $Q > 1$, а конфинурањето е задоволително (т.е. плазмата е стабилна) доколку $\beta > 0,1$. Овие параметри, се разбира, меѓусебно се поврзани. Во денешната генерација на фузиони машини од типот на токамак, добиени се следните вредности на горните параметри (во текот на 1989–1990 година): $\beta = 0,13$, $Q \approx 0,8$, $R \approx 0,9 \cdot 10^{15} \text{ cm}^3 \text{ s keV}$. Постигнување на вредноста $Q \approx 1$ се очекува во непосредна иднина (во рамките на експериментот Joint European Torus – JET на Европската заедница). Напредокот во постигнувањето на фузионата реактивност е илустриран на сл. 2. За да се добие претстава за димензиите на денешните фузиони машини, на сл. 3 е даден изгледот на внатрешноста на токамакот JET. Во тек се



Сл. 2 – Напредок во фузионите истражувања мерен преку остварување на фузионата реактивност.

Отворените кругови се вредностите на $nT_E T$ добиени до 1990 во разни токамаки. Прикажани се вредностите на овој параметар за остварување на Лоусоновиот критериум за горење на D-T смесата и проектираните вредности за реакторите Compact Ignition Tokamak (CIT) и International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER)



Сл. 3

Изглед на внатрешноста на токамакот ЈЕТ.

проектите на неколку пробни фузиони реактори на национално ниво (Burning Plasma Experiment – BPX во САД, Next European Torus – NET во Европската заедница, Опитен термојадрен реактор – OTR во Советскиот Сојуз, Fusion Experimental Reactor – FER во Јапонија), во кои треба да се реализира долго горење на фузионата плазма, со вредности на параметарот Q во интервалот 5–10. Истовремено, во оваа серија на фузиони експерименти треба да се демонстрира инженерско-технолошката реализабилност на фузијата, како и нејзината еколошка прифатливост. Најамбициозен проект во следната генерација на фузиони реактори претставува проектот International Thermonuclear Experimental Reactor – ITER [10], кој под покровителство на Меѓународната агенција за атомска енергија заеднички го реализираат Европската заедница, САД, Јапонија и СССР. Овој проект треба да се заврши до 1996, а изградбата на реакторот до крајот на оваа деценија. Ваквата временска скала е условена со развитокот на потребните технологии.

5. Неколку заклучни мисли

Целта на фузионите истражувања е да се создаде енергетски извор кој на глобално ниво практично засекогаш би го решил прашањето на енергијата. Оваа цел е грандиозна и ги заслужува сите неопходни напори. Од научно гледиште не постојат принципиелни препреки за остварување на оваа цел. Тоа меѓутоа не значи дека сите научно-технолошки проблеми сврзани со реализацијата на контролираната термонуклеарна фузија се решени. Напротив, постои уште цела низа сериозни задачи, особено во технолошката сфера, кои имаат критично влијание на динамиката на реализација на фузиониот реактор. Оптимизацијата на економските и еколошките параметри на фузиониот реактор претставува исто така широка област за испитување.

Иако практичниот карактер на поставената цел доминантно ја обезбедува целата активност сврзана со фузијата, треба да се нагласи дека нејзините сознајни аспекти претставуваат не помало предизвикување за човечкиот ум. Магнетски конфинираната плазма е своевиден физички објект, чијашто структура и феноменологија се вонредно богати и сè уште недоволно испитани. Самосогласен во поглед на внатрешните заемни дејства, но истовремено и далеку од термодинамичката рамнотежа, овој динамички систем има мноштвена природа и пројавува необично широк спектар на особини. Магнетски конфинираната термонуклеарна плазма истовремено претставува: мноштво на наелектризирани честички чии заемни дејства се далекодметни (кулонски гас), наелектризиран флуид со нехомогена внатрешна структура и средина во која непрекинато течат процеси на трансформирање на честичките и енергијата (термонуклеарни реакции). Ваквиот систем го поддржува развитокот на сложени нелинеарни процеси, кои на нивото на динамиката на индивидуалните честички се манифестираат како детерминистички хаос (во периферната област на плазмата, каде магнетното поле е ергодиено [18]), а на нивото на динамиката на флуидот се пројавуваат како силни турбуленции [19]. Колективното поведение на системот се карактеризира со голем број на разновидни моди на побудување, чии меѓусебни заемни дејства се честопати причина за нелинеарните ефекти. Честичните и колективните аспекти на плазмата можат да се најдат и во своевидна интерферен-

ција: група на честички од високобрзинскиот дел на Максвеловата распределба на брзините може да стапи во директно заемно дејство со некој од колективните моди на плазмата (плазмените осцилации) и да размени енергија со него. (Овој љубопитен, и единствен, ефект се користи при загревање на фузионата плазма со радиофреквентно зрачење доведено однадвор.)

Во последните две децении, со појавата на супермоќните компјутери, теоретската мисла во физиката сè повеќе се ориентира кон испитување на нелинеарните појави во природата. Светот на овие појави е несразмерно побогат од оној кој се опишува со линеарни оператори (а тоа е светот на класичната и квантната физика). Нелинеарната динамика го даде клучот да се навлезе во светот на нерегуларноста и од него да се изведе детерминистичкиот свет. Магнетски конфинираната плазма е само еден од мноштво-то физички системи со есенцијално нелинеарна динамика.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. R. E. Atkinson, F. G. Houtermans, *Z. Phys.*, 54, 656 (1929).
2. H. C. Urey, F. G. Brickwedde, G. N. Murphy, *Phys. Rev.* 39, 164L (1932).
3. E. Rutherford, *Science* 80, 221 (1934).
4. M. L. Oliphant, P. Hartek E. Rutherford, *Nature* 133, 413 (1934).
5. H. A. Bethe, *Phys. Rev.* 55, 434 (1939).
6. H. York, „*The Advisors*“ (Freeman, San Francisco, 1976).
7. I. E. Tamm, A. D. Saharov, во книгата: *Plasma Physics and the Problem of Controlled Thermonuclear Reactions* (M. A. Leontovich, ed.), Vol. 1, стр. 1–47 (Pergamon Press. Oxford, 1961).
8. L. Spitzer, во: USAEC Report, WASH-115, стр. 12 (Superintendent of Documents, U. S. Govt. Printing Office, Washington D. C., 1952).
- 9: J. D. Lawson, *Proc. Phys. Soc.* B70, 6 (1957).
10. ITER Concept Definition, Vol. 2 (IAEA ITER Documentation Series, No. 3, Vienna, 1989).
11. R. K. Janev, *J. de Physique*, 50, C1-421 (1989).
12. R. K. Janev, M. F. A. Harrison, H. W. Drawin, *Nucl. Fusion* 29, 109 (1989).
13. R. K. Janev, *Comments At. Mol. Phys.* (1991; во печат).
14. K. Miyamoto, *Plasma Physics for Nuclear Fusion* (MIT Press, Cambridge, Mass. 1976).
15. R. K. Janev, *Контролисана термонуклеарна фузија*, СФИН-II, 1 (1989).
16. B. B. Kadomtsev, *Comments Plasma Phys. Contr. Fusion* 11, 153 (1987).
17. R. K. Janev, C. D. Boley, D. E. Post, *Nucl. Fusion* 29, 2125 (1989).
18. A. B. Rechester, T. H. Stix, *Phys. Rev. Lett.* 36, 587 (1976).
19. Б. Б. Кадомцев, *Коллективные явления в плазме* (Наука, Москва, 1988).

Љупчо Серафимов

Д-р ЛЈУПЧО СЕРАФИМОВ е роден на 9 февруари 1930 година во Охрид. Студирал на Медицинскиот факултет во Скопје и во Загреб, каде што во 1956 година дипломирал. Специјализацијата по ортопедија ја завршил на Медицинскиот факултет во Скопје. Докторската дисертација ја одбранил на Медицинскиот факултет во Загреб во 1972 г. Работи како редовен професор по ортопедија на Медицинскиот факултет во Скопје и е директор на Клиниката за ортопедски болести.

Научната дејност ја врши во областа на фундаменталната и апликативната ортопедија, а посебно во подрачјата на теоретски и апликативни биохемиски испитувања на локомоторниот систем (особено детскиот колк), фундаментални и апликативни промени кај тоталните протези на колкот и другите зглобови (особено коленото), примена на масивни хомотрансплантати во реконструктивната хирургија (особено колкот и коленото), егализација на долните екстремитети по пат на елонгација и абревијација, динамички операции со транспозиции на тетивите и корекција и деформитети на стопалото.

За дописен член на Македонската академија на науките и уметностите е избран на 7 мај 1991 година.

THE ROLE OF BIOMECHANICAL FACTORS IN FUNCTIONAL ADAPTATION OF CHILDREN'S HIP JOINT*

There are many observations, evidences and proofs – clinical, experimental, neurological – which suggest that the biomechanical factors play an important role in the development and maintenance of the shape, size, structure and space orientation of both the anatomical components of the hip joint – the acetabular complex and the upper part of the femur.

Clinical evidence derives from the non-surgical treatment of congenital dislocation of the hip (CDH). It is well known that the treatment of children with CDH is performed by mechanical means. After reduction of the femoral head into the acetabulum the joint is kept in a position of flexion, abduction and neutral rotation. By flexion we produce stabilization of the joint in the sagittal plane, by abduction – in the frontal plane, and by neutral rotation – in the horizontal plane. This position will produce corrective development on both anatomical components of the joint (Salter 1961, Bertrand 1962, Coleman 1978, Ponseti 1978).

Experimental evidence is well recognized from the classical experiments performed by Wilkinson and Salter. They have proved that the basic anatomical features in CDH – antetorsion of the femoral neck, and the antero-lateral acetabular dysplasia – can be experimentally produced and corrected, simply by the application of deformational or correctional forces on the hips of young experimental animals (Salter 1961, Wilkinson 1962).

Neurological evidence is well known from the typical radiological findings in the hips of children with flaccid or spastic paralysis around the hip joint.

Flaccid paralysis of abductor muscles, or spastic paralysis of adductor muscles, results in valgus deformity of the femur with subluxation of the femoral head and maldevelopment of the acetabulum (Siffert 1983, Drennan 1983, Root 1983).

The study of these interesting phenomena has not only an important theoretical significance for the better understanding of fundamental problems of bone growth, remodelling and functional adaptation, but also an important practical significance for the rational selection of optimal methods of treatment in various abnormal conditions of the hip joint in children and adolescents.

Functional adaptation of the osteo-articular system starts from the beginning of its formation and continues throughout the whole life. It is obvious that the dynamic of such adaptation and transformation is the most expressive during

* This lecture is based on a biomechanical investigation performed at the Clinic for Orthopaedic Surgery, University of Skopje – by the author and some of his colleagues in collaboration with the Faculty of Civil Engineering, Department of Theory of Structures.

the period of rapid growth of the skeletal structures, that means during childhood and adolescence. The most important studies are those of the functional adaptation of the hip joint in the most frequent abnormal condition known as CDH.

The biomechanical relationship between the bone and joint and its mechanical function is expressed by the concept of functional adaptation (Kummer 1968, 1972, 1973, Pauwels 1960, 1965). Basically the functional adaptation of the bone occurs in two different ways: adaptation by growth in width and adaptation by growth in length (Pauwels 1960, Kummer 1972).

By means of these fundamental biomechanical principles it is possible in many cases to understand and explain some anatomical features which are present in CDH and other abnormal conditions of the hip.

BIOMECHANICAL RELATIONS IN THE HIP JOINT

1. BIOMECHANICAL RELATIONS IN THE NORMAL HIP

By the theory of strength of materials, we have made a quantitative and qualitative analysis of the stress distribution in the epiphyseal plate, that is the zone of growth, in the upper part of the femur.

One of the important biomechanical features of a normal hip joint is its mechanical stability in a functional weight-bearing position. This stability depends on the normal anatomical forms of the acetabulum and the femoral head, particularly on their normal position and orientation in space relations.

a) *Frontal plane*

The normal biomechanical relations in an anatomically normal hip joint in the frontal plane are shown on Figure 1.

The centre of the femoral head (CC) and the centre of the acetabulum (CA) are both located at one single point. The acetabulum covers the femoral head concentrically and symmetrically. It is under the mechanical control of the acetabulum. The resulting force R which is passing through the common centre of the femoral head and acetabulum concludes an angle of 16° with the vertical line (Pauwels 1965).

The epiphyseal plate, that is the zone of growth of the upper part of the femur, is directed perpendicularly to the resulting force R . The zone of growth of the epiphyseal plate is shown by the section (a-a).

The section is defined as follows:

Cross-sectional area F

$$F = r^2 \cdot \pi, \quad r = 2.6 \text{ cm},$$

$$F = 2.6^2 \cdot 3.14,$$

$$F = 21 \text{ cm}^2.$$

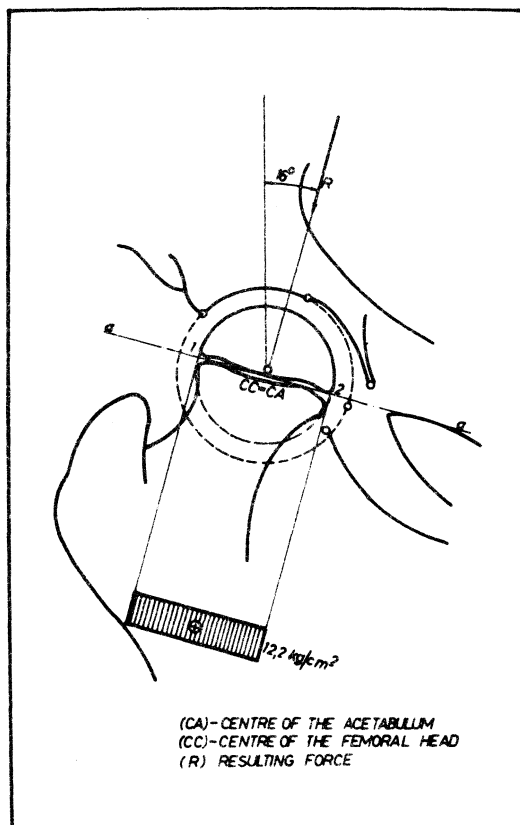


Fig. 1 - Qualitative and quantitative analysis of stresses in the zone of growth in the normal hip in the frontal plane

The resulting force R (16th walking phase by Fisher) is 258 kg (Pauwels 1965).

At a normal hip joint the resulting force passes through the common centre of the femoral head and the acetabulum and it is perpendicular to the section (a-a). So the stresses σ in the zone of growth are given by the formula

$$\sigma = \frac{R}{F}, \quad \sigma = \frac{258}{21} = 12.5 \text{ kg/cm}^2.$$

The stress distribution is uniform across the cross-sectional area (a-a) and its magnitude is 12.5 kg/cm².

The biomechanical repercussions of the uniform stresses in the zone of growth in the frontal plane result in a normal development of the neck-shaft angle of the femur.

b) *Sagital plane*

The normal biomechanical relations in an anatomically normal hip joint in the sagital plane are shown in Figure 2.

In this case again the centre of the femoral head (CC) and the centre of the acetabulum (CA) are both located at one single point. The femoral head is under the mechanical control of the acetabulum.

The resulting force R which is passing through the common centre of the femoral head and the acetabulum concludes an angle of 10° with the vertical line. The zone of growth defined by the section (a-a) is orientated perpendicularly to the force R .

Since the resulting force is passing through the common centre of the femoral head and the acetabulum and it is perpendicular to the cross-section (a-a), the stresses σ are given by the formula

$$\sigma = \frac{R}{F} .$$

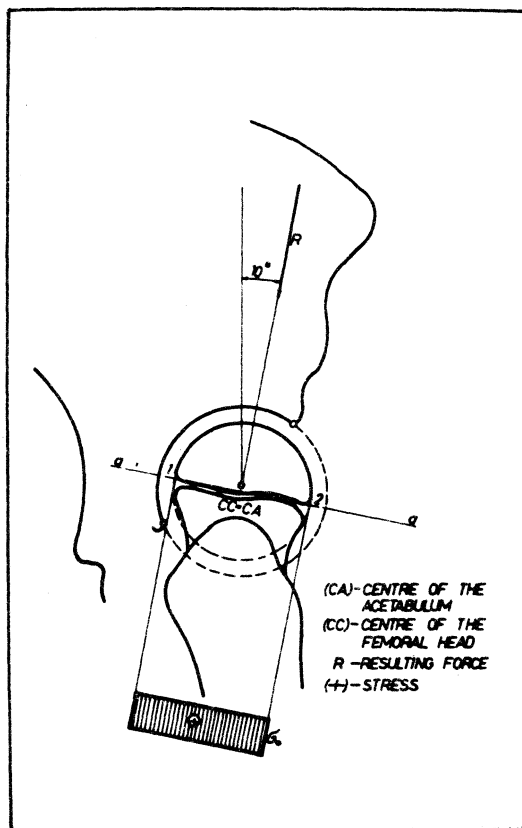


Fig. 2 - Qualitative analysis of stresses in the zone of growth in the normal hip in the sagital plane

In the sagittal plane, as in the frontal, the stresses are uniformly distributed across the entire cross-sectional area (a-a).

The biomechanical repercussions of the uniform stresses in the zone of growth in the sagittal plane result in a normal development of the antetorsional angle of the femur.

2. ECCENTRICITY IN THE DYSPLASTIC HIP JOINT

One of the important anatomical and biomechanical features of CDH is the eccentricity of the centre of the femoral head in relation to the centre of the acetabulum. In dislocation and subluxation of the hip, the centres of the acetabulum and of the femoral head are not at the same point, as they are in the normal hip (Müller 1957). The gradual development of the subluxation of the hip leads to lateral, anterior and proximal migration of the centre of the femoral head in relation to the centre of the acetabulum. Thus we get the *phenomenon of eccentricity* (Serafimov 1973).

The author's own research into the state of centricity in congenital dysplasia of the hip has revealed in this anatomical situation the presence of a latent eccentricity. The eccentricity becomes manifest during the functional activity of the joint, that is walking and weight-bearing (Figs. 3 and 4).

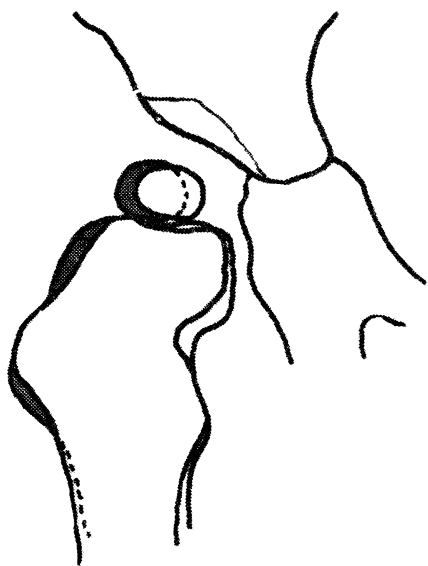


Fig. 3 - Comparative drawings made from X-rays of small hip dysplasia with and without loading. Lateralisation and proximalisation of the femoral head and eccentricity are visible

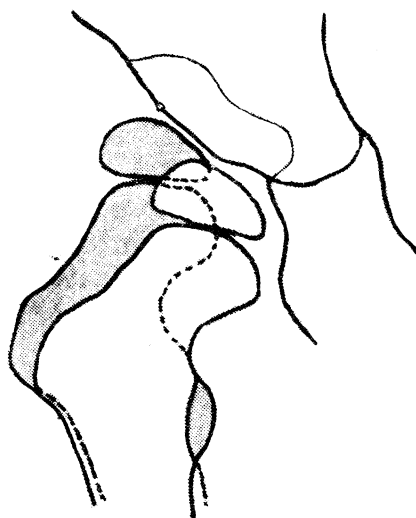


Fig. 4 - Comparative drawings made from X-rays of very pronounced hip subluxation with and without loading. Lateralisation and proximalisation of the femoral head and marked eccentricity are clearly visible

In dislocation and subluxation there is a presence of a *manifest eccentricity*, and in dysplasia there is a presence of a *latent eccentricity*. The latter becomes manifest in the functional position of weight-bearing. Stability of the hip joint is decreased.

On the basis of our own studies we conclude that eccentricity is a very important anatomical feature in the CDH and that it has serious biomechanical repercussion and effects on both components of the hip joint (Serafimov 1973).

3. BIOMECHANICAL RELATIONS IN THE DYSPLASTIC HIP

One of the very important biomechanical features of a dysplastic hip joint is its mechanical instability, especially in a functional weight-bearing position. This instability is the result of the abnormal anatomical conditions of both components of the hip joint, especially of the acetabulum, with its abnormal anterolateral space orientation (Salter 1961).

The most frequent and very important anatomical feature of CDH is the antero-lateral dysplasia of the acetabulum (Salter 1961), with corresponding antero-lateral deformity of the upper part of the femur (Serafimov 1973). The latter is usually a combination of a postero-medial anatomical defect of the femoral head and anterolateral deformity of the femoral neck, which consists of antetorsion and valgisation of the femur (Bertrand 1962, Serafimov 1973).

The type and degree of the anatomical defects and present deformities are the result of the disturbed biomechanical relations in the dysplastic hip joint, which produce disturbed growth and development on the articular surfaces of the joint and particularly on the upper part of the femur.

a) *Frontal plane*

The quantitative and qualitative biomechanical relations in one dysplastic hip joint in the front plane are shown on Figure 5.

The centre of the femoral head (CC) and the centre of the acetabulum (CA) are not situated at the same point. Lateral and proximal migration of the centre of the femoral head (CC) in relation to the centre of the acetabulum (CA) occurs and eccentricity develops.

The eccentricity is the smallest in dysplasia and the greatest in dislocation of the hip. In the case of dysplasia and subluxation of the hip the acetabulum covers the femoral head partially and asymmetrically, while in the case of dislocation, the femoral head remains outside the mechanical control of the acetabulum.

The resulting force R which is vertical to the cross-sectional area ($a-a$) does not pass through the centre of the femoral head (CC) but through the centre of the acetabulum (CA), which is situated medially from the centre of the femoral head.

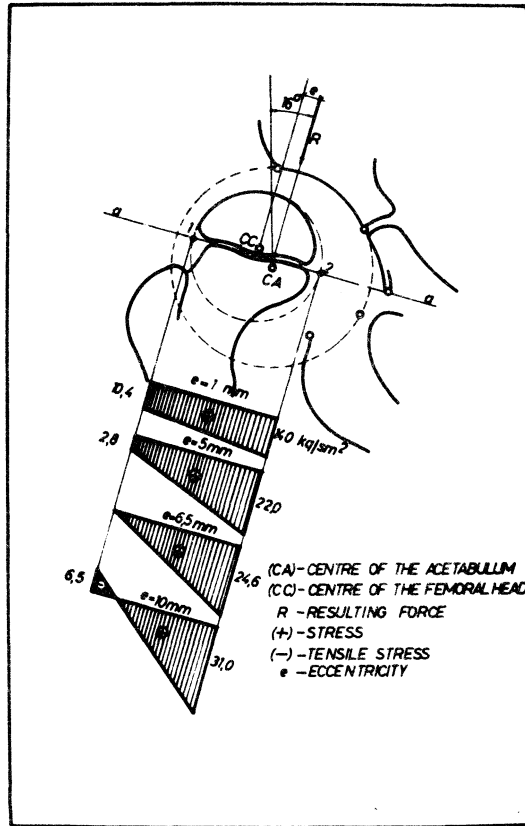


Fig. 5 - Quantitative and qualitative analysis of stresses in the zone of growth in hip subluxation in the frontal plane

Due to the presence of eccentricity (e), stresses in the zone (a-a) can be calculated by the formula

$$\sigma_{1,2} = \frac{R}{F} \pm \frac{R \cdot e}{W}$$

R = force

T = area

W = section modulus

e = eccentricity

Table 1 shows the stresses $\sigma_{1,2}$ in the case of lateralisation of the centre of the femoral head (CC) with eccentricity (e) from 0.0 to 1.0 cm.

It can be seen from Table 1 that by increasing of the eccentricity (e) in the frontal plane the stresses are increased linearly in the medial part of the cross-section (a-a) (Table 1).

Biomechanical repercussions of the lateral eccentricity due to lateral dysplasia of the acetabulum result in the development of an increased neck-shaft angle and valgisation of the femur occurs (Fig. 6 A-B).

T a b l e 1

Diagram (number)	e cm	q_1 kg/cm ²	q_2 kg/cm ²
1	0.00	12.2	12.2
2	0.1	10.4	14.0
3	0.5	2.8	22.0
4	0.65	0.0	24.6
5	1.0	- 6.5	31.0



Fig. 6A - Increase in the neck-shaft angle of the femur due to lateral dysplasia of the acetabulum



Fig. 6B - Antetorsional angle is not increased due to minimal anterior dysplasia of the acetabulum

b) *Sagital plane*

Biomechanical relations in a case of one dysplastic hip joint in the sagital plane are shown in Figure 7.

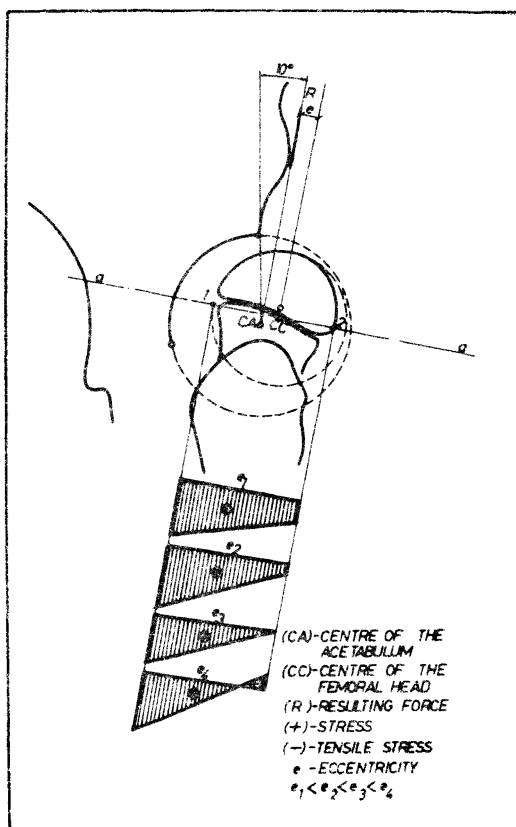


Fig. 7 - Qualitative analysis of stresses in the zone of growth in hip subluxation in the sagittal plane

Eccentricity (e) takes place in this plane, too. The centres of the femoral head (CC) and of the acetabulum (CA) are not situated at the same point. Anterior and proximal migration of the centre of the femoral head (CC) occurs in relation to the centre of the acetabulum (CA). The amount of the eccentricity is proportional to the degree of subluxation or dislocation of the hip.

The resulting force R , which is vertical to the cross-sectional area (a-a), does not pass through the centre of the femoral head (CC), but through the centre of the acetabulum (CA), which is situated behind the centre of the femoral head.

Due to the presence of eccentricity (e), stresses in the zone (a-a) can be calculated by the formula

$$\sigma_{1,2} = \frac{R}{F} \pm \frac{R \cdot e}{W} ; \quad \sigma_0 = \frac{R}{F} .$$

$$\sigma_1 = \frac{R}{F} + \frac{R \cdot e}{W} = \frac{R}{F} \left(1 + \frac{F}{W} \cdot e \right) = \sigma_0 \left(1 + \frac{F}{W} \cdot e \right).$$

$$\sigma_2 = \frac{R}{F} - \frac{R \cdot e}{W} = \frac{R}{F} \left(1 - \frac{F}{W} \cdot e \right) = \sigma_0 \left(1 - \frac{F}{W} \cdot e \right).$$

In the case $e_1 < e_2 < e_3 < e_4$.

It can be seen that by increasing of the eccentricity in the sagital plane (e) the stresses are increased linearly to the posterior part of the cross-section (e-e).

The biomechanical repercussions of the anterior eccentricity due to anterior dysplasia of the acetabulum, or to dysplasia in the sagital plane, result in the development of an increased antetorsional angle and antetorsion of the femur occurs (Fig. 8 A-B).



Fig. 8A - Increase in the neck-shaft angle of the femur due to lateral dysplasia of the acetabulum



Fig. 8B - Increase in the antetorsional angle of the femur due to anterior dysplasia of the acetabulum

4. SPACE BIOMECHANICAL RELATIONS IN NORMAL AND DYSPLASTIC HIP JOINT

The biomechanical relations in a normal and in a dysplastic hip joint can be analysed best in space relations because it is a matter of the combined interaction of the forces, which are of largest magnitude in the frontal and sagittal plane.

As an example we present a space qualitative analysis of the stress distribution and its magnitude in the zone of growth of the upper part of the femur.

The cross-sectional area of the zone of growth is approximated by a circular cross-section with diameter (d), (Fig. 9).

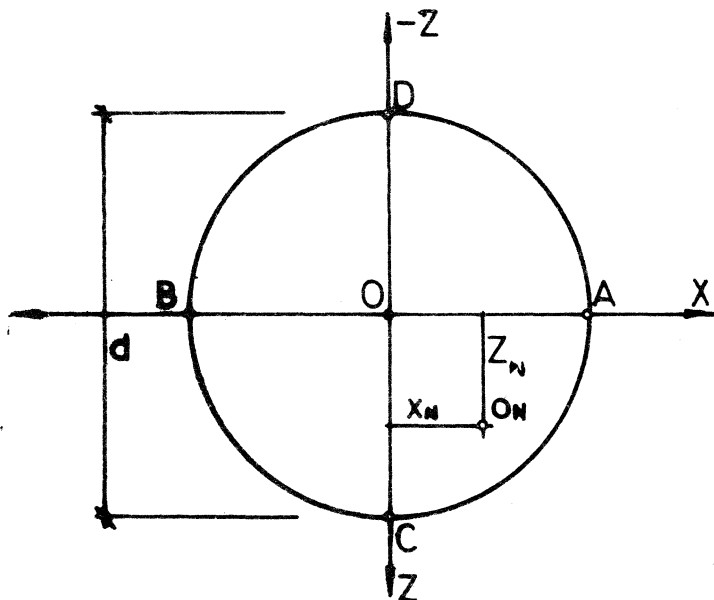


Fig. 9 – Cross-sectional area of the zone of growth with diameter (d)

It is supposed that the resulting force acting in the frontal (xOy) and in the sagittal (zOy) plane is perpendicular to the cross-section.

$O_N (x_N, z_N)$ is the point of application of the resulting force N .

The cross-section is defined by:

$$\text{Cross-sectional area } F = \frac{\pi d^2}{4}.$$

$$\text{Second moment of inertia } I_x = I_z = \frac{\pi d^4}{64}. \quad (1)$$

$$\text{Radius of inertia } i_x = i_z = \frac{d}{4}.$$

The normal stresses are obtained using the formula

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M_x}{I_x} z + \frac{M_z}{I_z} x, \quad (2)$$

where

$$M_x = N z_N, \quad (3)$$

$$M_z = N x_N.$$

By inserting in the expression (2) the moments given by expression (3) we arrived at

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{N}{I_x} z_N z + \frac{N}{I_z} x_N x,$$

or

$$\sigma = \frac{N}{F} \left(1 + \frac{F}{I_x} z_N z + \frac{F}{I_z} x_N x \right), \quad (4)$$

for

$$i_x^2 = \frac{I_x}{F} \quad \text{and} \quad i_z^2 = \frac{I_z}{F} \quad (5)$$

from (4) we get

$$\sigma = \frac{N}{F} \left(1 + \frac{1}{i_x^2} z_N z + \frac{1}{i_z^2} x_N x \right). \quad (6)$$

If we denote with

$$\sigma_0 = \frac{N}{F}, \quad (7)$$

for the circular cross-section from expression (1) we have

$$i_x = i_z = \frac{d}{4} = \frac{r}{2},$$

expression (6) can be written in the following form:

$$\sigma = \sigma_0 \left(1 + \frac{4}{r^2} z_N z + \frac{4}{r^2} x_N x \right). \quad (8)$$

Expression (8) is used to determine the stresses at any point $M(x, z)$ of the cross-section if the point of application of the force is the point $O_N(x_N, z_N)$.

Of particular interest are the stresses on the contour points A, B, C and D.

Point A ($r, 0$)

$$\sigma_A = \sigma_0 \left(1 + \frac{4}{r} x_N \right); \quad (9)$$

point B ($-r, 0$)

$$\sigma_B = \sigma_0 \left(1 - \frac{4}{r} x_N \right); \quad (10)$$

point C ($0, r$)

$$\sigma_C = \sigma_0 \left(1 + \frac{4}{r} z_N \right); \quad (11)$$

point D ($0, -r$)

$$\sigma_D = \sigma_0 \left(1 - \frac{4}{r} z_N \right). \quad (12)$$

A calculation was performed to determine the magnitude of the stresses at the points A, B, C and D, when the point of application of the force is in the quadrant ($-zOx$) that is the posteromedial quadrant, which resembles the situation on CDH (Fig. 10).

Table 2 shows the stresses for different values of the co-ordinates of the point of application of the force N determined by formulae (9) to (12) at the points A, B, C and D as functions of the stress $\sigma_0 = N/F$ (Table 2).

The stresses for the particular cases given on Table 2 are shown in Diagrams (1-8).

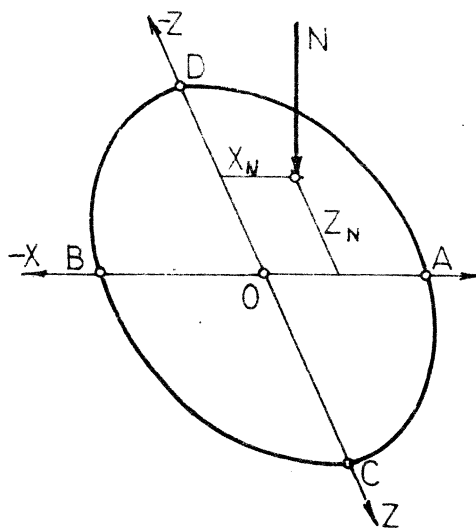
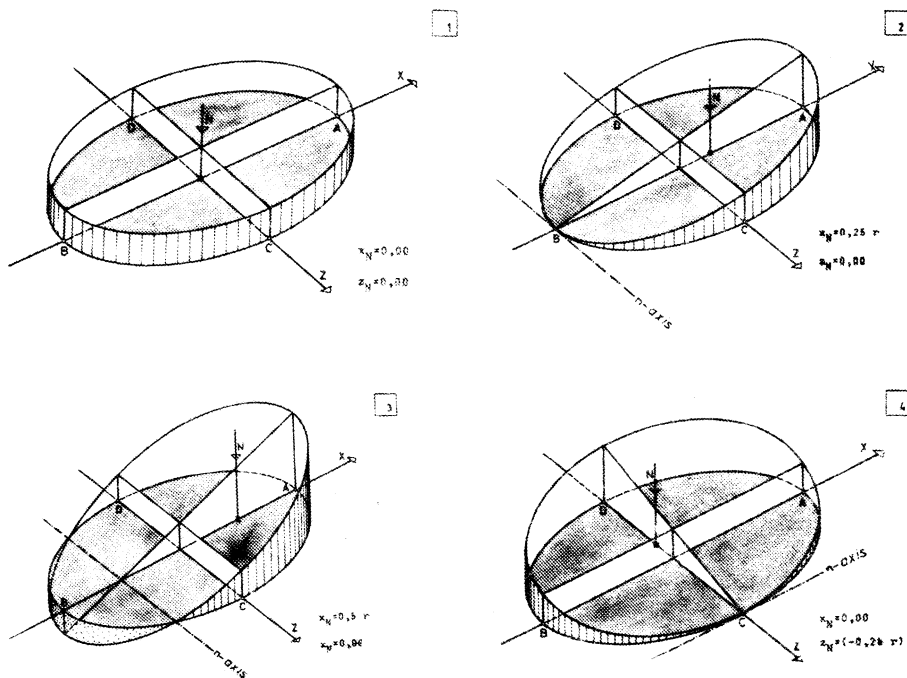


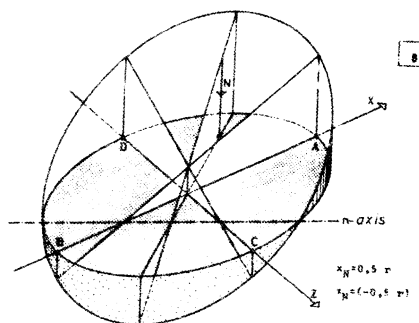
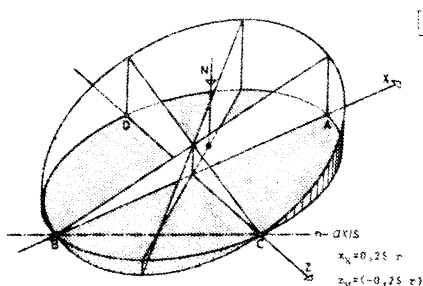
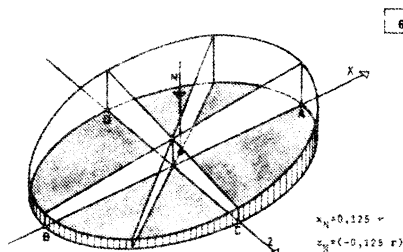
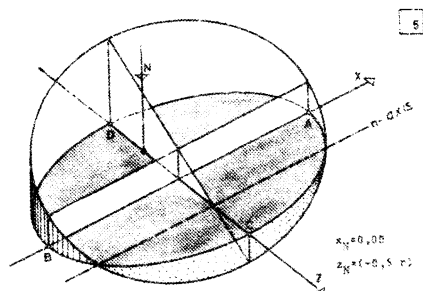
Fig. 10 - Cross-sectional area of the zone of growth with application of the force in the postero-medial quadrant

Table 2

Diagram number	Point of application of the force		σ_A	σ_B	σ_C	σ_D
	x_N	z_N				
1	0,00	0,00	σ	σ	σ	σ
2	0,25r	0,00	2σ	0	σ	σ
3	0,5 r	0,00	3σ	$-\sigma$	σ	σ
4	0,00	-0,25r	σ	σ	0	2σ
5	0,00	-0,5 r	σ	σ	$-\sigma$	3σ
6	0,125r	-0,125r	$1,5\sigma$	$0,5\sigma$	$0,5\sigma$	$1,5\sigma$
7	0,25r	-0,25r	2σ	0	0	2σ
8	0,5 r	-0,5 r	3σ	$-\sigma$	$-\sigma$	3σ

Diagrams (1-8)





It can be seen from the space diagrams that the stresses in the analysed zone of growth are rapidly increased by increasing the eccentricity of the point of application of force N .

Since in the case of CDH there is an antero-lateral eccentricity of the centre of the femoral head, it follows that the stresses are increased in the postero-medial part of the epiphyseal plate of the upper part of the femur.

Qualitative analysis of the influence of the antero-lateral eccentricity on the distribution of stresses in the proximal zone of growth of the femur shows that by increasing the eccentricity the stresses in the postero-medial part of the epiphyseal plate are increased and the stresses in the antero-lateral part of the same plate are decreased. In the case of greater eccentricity in the antero-lateral part of the epiphyseal plate tensile stresses can take place.

The final effect of such biomechanical influence is the development of a typical antero-lateral deformity of the upper part of the femur, which consists of valgus and antetorsion.

The antero-lateral femoral deformity in CDH is a result of an active response of the normal epiphyseal cartilage to abnormal mechanical relations in the hip. The cartilage reacts asymmetrically by increased growth in places of increased stresses.

However, when the stresses are increased beyond the limits of biological tolerance, or when the biological quality of the epiphyseal plate cartilage is reduced, the growing cartilage reacts passively, with an asymmetrical reduction of growth, and passive deformity of the bone develops.

Thus, the quantitative values of the stresses in the zone of growth and the qualitative values of the growing cartilage may produce two opposite effects in the growth of the upper part of the femur. These effects are known as phenomena of active adaptation and passive deformation of the bone during the growth period.

In favour of this theory are the postoperative events in a girl with CDH presented on Figures 11-A and 11-B.

At the age of seven, derotational osteotomy was performed due to a congenital subluxation of the hip. Shortly after the operation, due to an infection which was not related to the operation, treatment with antibiotics was introduced (Terramycin), which marked the bones at that stage (Fig. 11-A).

Nearly two years after the operation we can see recurrence of the deformity due to asymmetrical growth of the epiphyseal plate. The growth is increased medially in the frontal plane and revalgisation of the femur occurs (Fig. 11-B).

The operation on the femoral side did not produce an adequate response of the acetabulum. Its adaptive potential was limited and incomplete, residual dysplasia persisted, deformational forces were still present, and typical deformity redeveloped. In Figure 11-B we can see where the recurrence of the deformity



Fig. 11A - Derotational osteotomy in a case with subluxation of the hip with marked zone of growth by means of antibiotics



Fig. 11B - Nearly two years later revalgisation of the femoral neck occurs due to increased asymmetrical growth medially

occurred, that is medially in the frontal plane. If the operation was performed on the acetabular side, the sequence of events would be quite different, a decrease in the femoral deformities would take place.

If this theory is correct, then the operation, which will produce space correction of the antero-lateral anatomical defect of the acetabulum and concentric stability of the hip joint, ought to produce a gradual correction or decrease in the typical anatomical deformity of the upper part of the femur.

In other words, surgical correction of the anatomical defect of the acetabulum, which is responsible for the typical deformity of the upper part of the femur, ought to enable, in many cases, a spontaneous correction of such a deformity.

In our opinion such a surgical correction is possible by means of innominate osteotomy, which redirects the whole acetabular complex laterally, anteriorly and distally.

5. BIOMECHANICAL FEATURES OF INNOMINATE OSTEOTOMY

Anatomical antero-lateral dysplasia of the acetabulum in small children could be entirely corrected by means of innominate osteotomy, because it redirects the entire acetabular complex into a normal position towards laterally, anteriorly and distally (Salter 1961).

The space stability and concentric reduction of CDH, achieved by innominate osteotomy, produce new biomechanical relations in the operated hip. The antero-lateral latent or manifest eccentricity is now transformed into a stable centricity. The mobile centre of rotation is transformed into a fixed centre of rotation (Figs. 12 and 13).

After the operation the mechanical forces are acting on the reduced, but previously deformed upper part of the femur.

During the early period after the operation the section (a-a) of the epiphyseal plate in both frontal and sagital planes is not directed perpendicularly to the resulting force R , as it is in the normal hip.

If the resulting force is not perpendicular to the epiphyseal plate, then the result is quantitative and qualitative changes in stress distribution across the cross-sectional area (a-a).

In Figure 14 the resulting force R concludes an angle α with the section (a-a). Therefore the resulting force R could be divided into a perpendicular component N and a tangential component S .

The perpendicular component N is:

$$N = R \sin \alpha .$$

and the tangential component is:

$$S = R \cos \alpha .$$

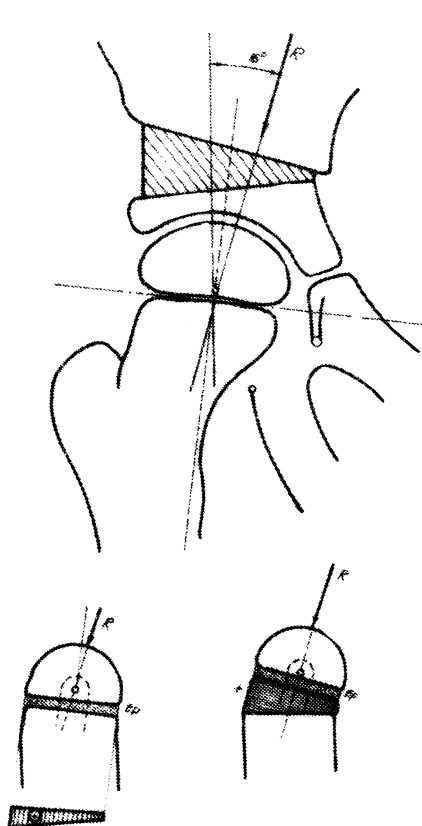


Fig. 12 - Qualitative analysis of the stresses in the zone of growth in the frontal plane after surgical correction of the acetabulum by means of innominate osteotomy

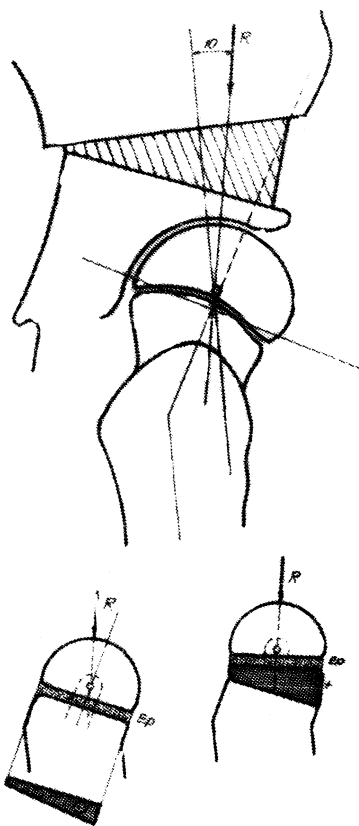


Fig. 13 - Qualitative analysis of the stresses in the zone of growth in the sagittal plane after surgical correction of the acetabulum by means of innominate osteotomy

Since the point of application of the resulting force R is at a distance (h) from the section $(a-a)$, then, from the force S will appear a moment M . It is:

$$M = Sh .$$

The stresses in the zone of growth are given by the formula

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W} .$$

By inserting the moment M in the previous formula it can be written in the following form:

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{F} \pm \frac{Sh}{W} ,$$

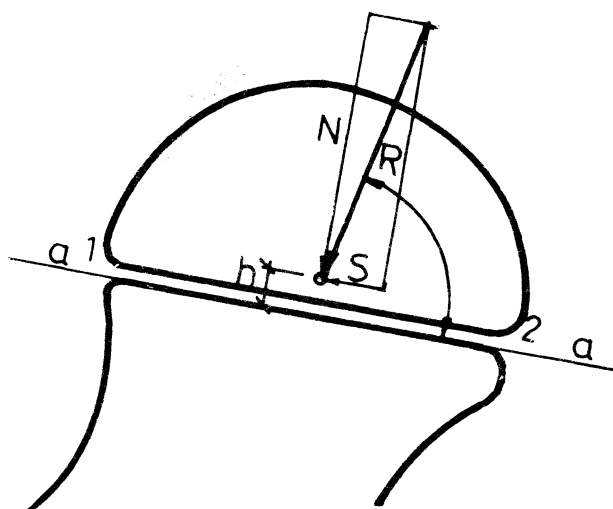


Fig. 14 - Scheme of action of the resulting force on the zone of growth after operation

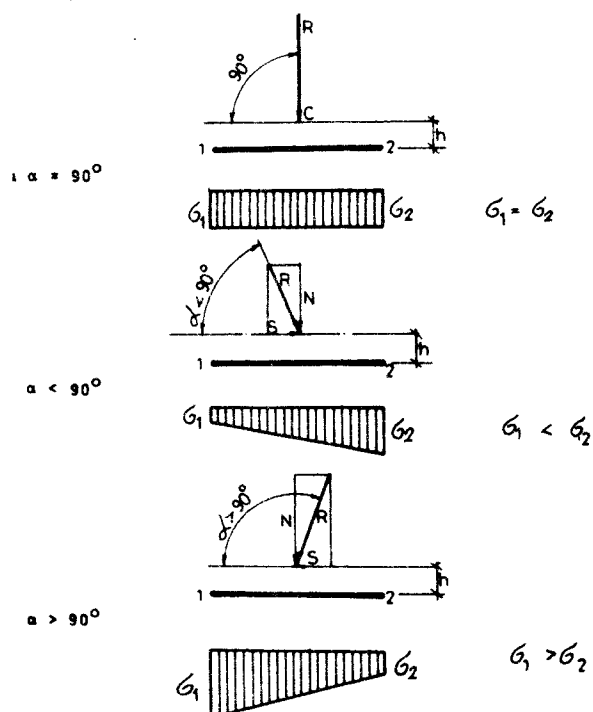


Fig. 15 - Distribution of stresses in the zone of growth in relation to the angle of action of the resulting force

or

$$\sigma_{1,2} = \frac{R \sin \alpha}{F} \pm \frac{R \cos \alpha}{W} h ,$$

$$\sigma_{1,2} = R \left(\frac{\sin \alpha}{F} \pm \frac{\cos \alpha}{W} h \right) ,$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{R \sin \alpha}{F} \left(1 \pm \frac{F}{W} h \cot \alpha \right) .$$

Depending on the magnitude of the angle α the stresses are:

For $\alpha < 90^\circ$ - $\sigma_1 < \sigma_2$.

For $\alpha > 90^\circ$ - $\sigma_1 > \sigma_2$.

In the Figure 15 they are shown graphically.

After the operation the distribution of stresses in the zone of growth are both quantitatively and qualitatively opposite to those before the operation.

In the early period after the operation the new mechanical relations produce increasing in the stresses in the antero-lateral part of the epiphyseal plate. The result is corrective asymmetrical growth of the upper part of the femur.

The postoperative stimulation of the growth in the lateral part of the epiphyseal plate (frontal plane) produces a gradual decrease of the angle of inclination and partial varisation of the femur (Fig. 12).

The same stimulation in the anterior part of the epiphyseal plate (sagital plane) produces a gradual decrease in the torsional angle and reduction of the antetorsion of the femur (Fig. 13).

In the space relations surgically corrected antero-lateral dysplasia of the acetabulum biomechanically produces a gradual decrease in the angles of inclination and antetorsion of the femur.

Such a correction would be possible, when the deformity of the femur is not extreme, when the mechanical stresses are in the limits of biological tolerance, when the response of the epiphyseal cartilage is normal, and when the operation is performed during the rapid growth of the hip, that is during the early life of the children.

According to our experience innominate osteotomy can produce a biomechanical correction of the angle of antetorsion between 8-34 degrees (mean 22) and the angle of inclination between 2 - 18 degrees (mean 9,5) (Serafimov 1973).

These corrective effects of innominate osteotomy can be seen in the X-rays of an illustrative case of CDH, before and two years after the operation (Figs. 16 A, B, C, D).

The operation produces an increase in the contact articular surfaces between the acetabulum and femoral head, which subsequently leads to the symmetrical growth of the joint cartilage, with remodelling of the shape of the femoral head.

Surgical correction of the anatomical defect in the acetabulum by means of innominate osteotomy in small children is a relatively easy surgical problem. It enables practically the entire correction of the acetabular dysplasia, but derotational or varisational osteotomy of the femur after the second year of life does not lead to complete correction of the anatomical defect of the acetabulum.

The postponement of surgical correction of the acetabulum leads to greater surgical problems than the postponement of the surgical correction of the femur.



Fig. 16A - Increase in the neck-shaft angle in CDH due to lateral acetabular dysplasia



Fig. 16B - Spontaneous decrease in the neck-shaft angle two years after innominate osteotomy



Fig. 16C - Increase in the antetorsional angle in CDH due to anterior acetabular dysplasia



Fig. 16D - Spontaneous decrease in the antetorsional angle two years after innominate osteotomy

For that reason innominate osteotomy should be used as a primary method for surgical treatment of CDH, because in many cases it will eliminate the need for surgical correction of the femur.

With increasing of the age innominate osteotomy could be combined with various femoral osteotomies according to the type and degree of femoral deformities.

In cases with severe forms of acetabular dysplasia, usually in older children and adolescents, additional correction of the acetabulum is necessary. Our method of double acetabular correction is a method which could meet such a demand.

BIOMECHANICAL ANALYSIS BY MEANS OF FINITE ELEMENT METHOD

Biomechanical analysis of the stresses and state of deformations of the normal and dysplastic hip joint could be carried out also by means of the finite element method (FEM) which has many advantages in comparison with traditional mathematical or photoelastic methods (Zienkiewicz 1977, Harris et al. 1978, Prilepčanska 1981, Carter et al. 1982, Huiskes 1983). By means of this method a two-dimensional stress analysis of the hip joint structures was performed.

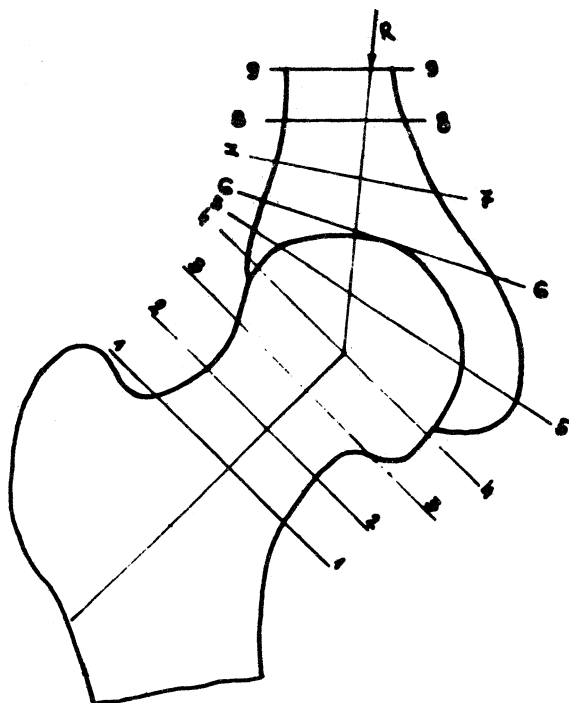


Fig. 17 – Scheme of the hip joint divided into nine cross-sections

For the purpose of this analysis the hip joint was considered as a construction consisting of nonhomogenous material with changeable thickness in different cross-sections.

To define the geometry of the hip into a mathematical model the joint was divided into nine cross-sections. The largest cross-section passed through the both components of the joint. That is section five (Fig. 17).

This mathematical model defined by the method described was applied on the hip joint of a child aged three years. For this purpose, by the theory of similarity, the dimensions of the hip were proportionally diminished, as well as the resulting force acting on the joint.

For the purpose of this analysis the hip joint was discretised with mesh of 86 elements and 299 joints. The analysis was performed with two-dimensional isoparametric elements with 8 nodes, and 16 degrees of freedom.

Using this model an analysis for two different anatomical conditions of the hip joint was performed: normal and dysplastic. Both conditions were discretized by the same number of elements (86) from which the stress conditions in the characteristic sections were obtained.

1. STRESS CONDITION IN A NORMAL HIP

In Figure 18 a scheme of discretisation of a normal hip is presented and in Figure 19 the stress condition in the characteristic sections, as well as in the contact joint surfaces, which are of particular interest.

From these Figures it can be seen that in a normal hip the stress condition is relatively symmetrical with a moderate increase in the stresses in the central region, where the line of force action is, whereas in the peripheral regions the stresses are about 30-40% smaller.

2. STRESS CONDITION IN A DYSPLASTIC HIP

In Figure 20 a scheme of discretisation of a dysplastic hip is presented, and in Figure 21 the stress condition in the characteristic sections.

From these Figures it can be seen that in a dysplastic hip the stress condition is quite different in comparison to that of the normal hip. The difference is both qualitative and quantitative. With the gradual migration of the femoral head proximally and laterally, and the decrease in the contact between the joint surfaces of the acetabulum and the femoral head, the stresses are significantly increased in the medial part of the femoral head and lateral part of the acetabulum. In this region they are nearly doubled in comparison to the maximal stresses in the normal joint.

Per analogy it could be determined that with further migration of the femoral head laterally and a decrease in the contact joint surfaces, further concentration of the stresses will result.

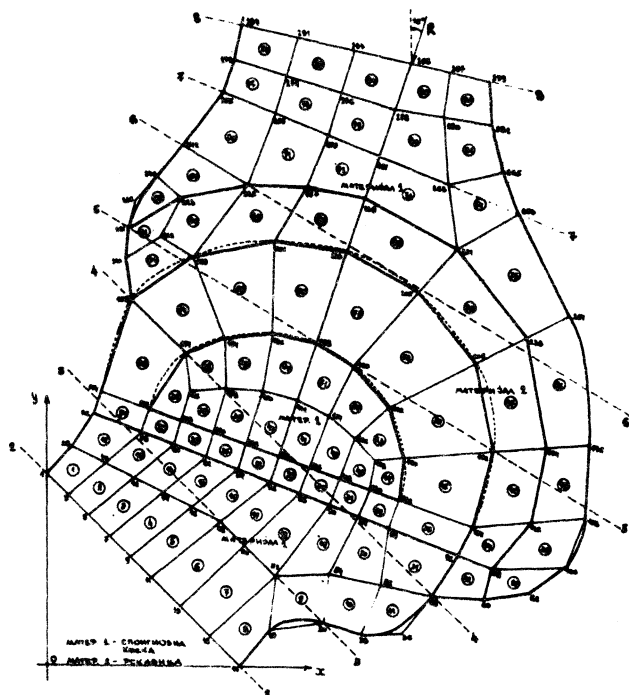


Fig. 18 - Scheme of discretisation of the normal hip

3. STATE OF DEFORMATIONS IN THE CONTACT JOINT SURFACES

The most interesting are the states of deformation of the femoral head and acetabulum in a normal and dysplastic hip, during functional activity with weight-bearing of the joint.

In Figure 22 a scheme of the state of deformations in a normal hip is presented.

From this figure it can be seen that in the normal hip there is a tendency to medialisation and centralisation of the femoral head into the acetabulum with discrete medial and distal deformations of both anatomical components of the joint. On the femoral head there is a tendency towards its better sphericity and on the femoral neck a tendency towards its varisation. On the other hand, on the acetabulum there is a tendency towards its better deepening medially and sloping laterally.

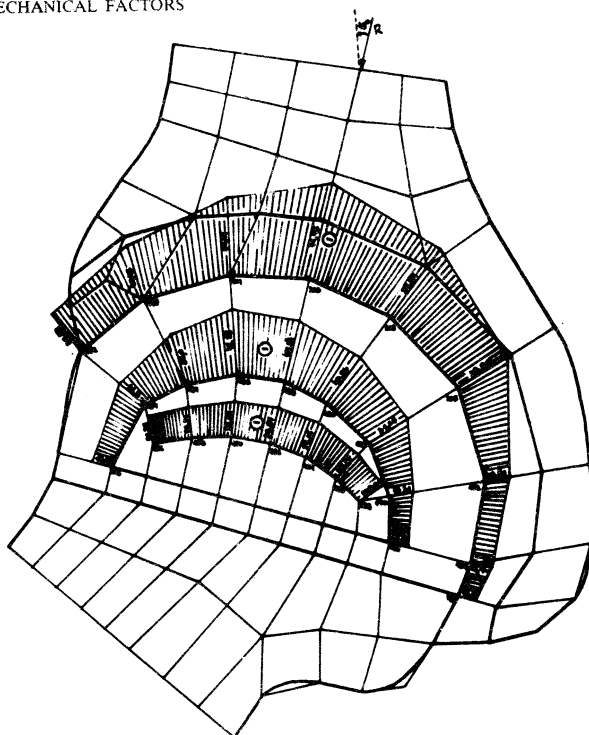


Fig. 19 – Stress conditions in the characteristic sections of a normal hip

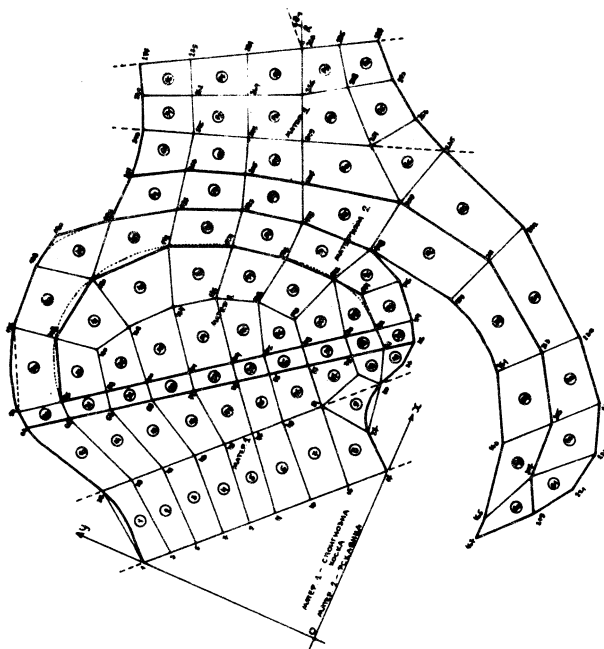


Fig. 20 – Scheme of discretisation of a dysplastic hip

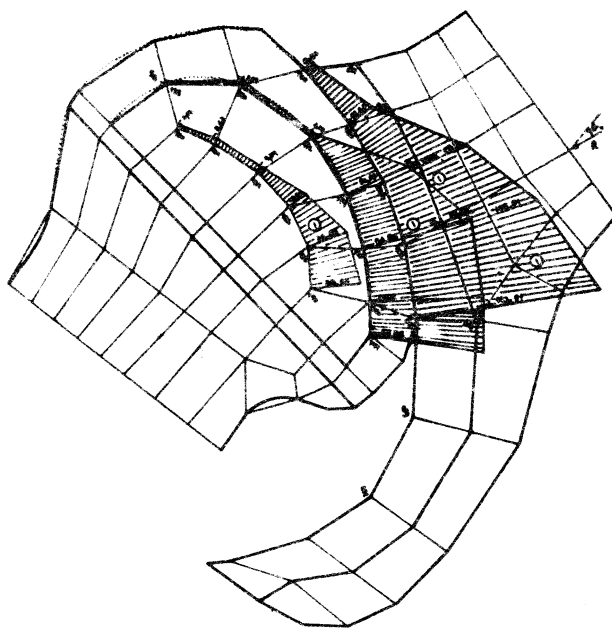


Fig. 21 – Stress conditions in the characteristic section of a dysplastic hip

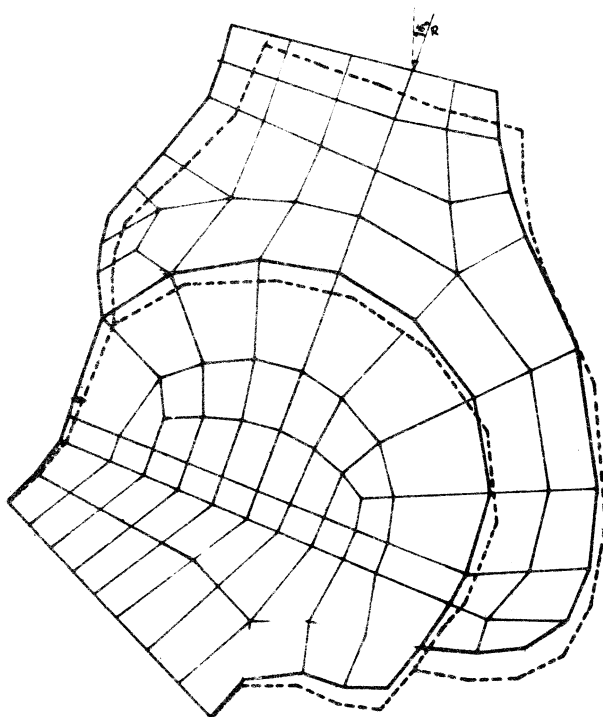


Fig. 22 – States of deformation on the femoral head and the acetabulum in a normal hip.

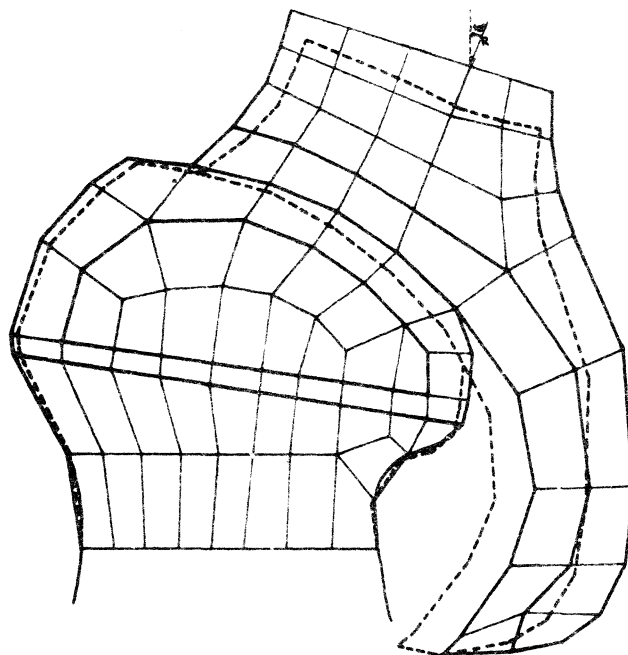


Fig. 23 – States of deformation on the femoral head and the acetabulum in a dysplastic hip

In Figure 23 a scheme of the states of deformation in a dysplastic hip are presented.

From this figure it can be seen that in the dysplastic hip there is a tendency of lateralisation, proximalisation with eccentricity of the femoral head from the acetabulum with lateral and proximal deformations of both anatomical components of the joint. On the femoral head there is a tendency towards defective deformity medially, productive deformity laterally, and on the femoral neck a tendency towards its valgisation. On the other hand, on the acetabulum there is a tendency towards its shallowing medially and flattening laterally.

These theoretical analyses are very close to the anatomical and radiological features of the acetabulum and upper part of the femur in CDH.

MODEL FOR LIMITS OF FUNCTIONAL ADAPTATION

Obviously the biological response of the supportive structures of the hip joint to the mechanical influences are within certain biological limits. Probably this response is a function between the age of the patient and the biological potency of the tissues.

Every alteration of the biomechanical forces inevitably will produce alteration in the growth, shape, size and structure of the supportive tissues which are under their influence. These alterations will demonstrate gradual, but progressive quantitative and qualitative anatomical changes.

The final effect of the biomechanical forces' action depends on whether they are within the limits of biological tolerance of the anatomical structures, or beyond such limits.

The action of biomechanical forces within the limits of biological tolerance will produce an active response in the supportive structures, with active adaptation and remodelling.

Contrarily, the action of the biomechanical forces beyond the limits of biological tolerance will produce a passive response in these structures, with passive deformation or, in the end, with destruction.

The biological response of the supportive tissues (bone and cartilage) towards alterations of the biomechanical forces and their effects – the stresses, could be manifested in three manners. They are:

- *Active reaction* – with stimulation of growth and remodelling and therefore with increasing in the size and hypertrophy;
- *Passive reaction* – with inhibition of growth and remodelling and therefore with decreasing in the size and hypotrophy;
- *Combined active and passive reaction* – with stimulation of growth and remodelling in some areas and inhibition in others.

These biological effects could be divided into five stages: They are:

- *The first stage* should be *stimulation* of growth,
- *The second stage* should be *inhibition* of growth,
- *The third stage* should be *depression* of growth,
- *The fourth stage* should be *deformation* of the structure – which could be *reversible* and *irreversible*,
- *The fifth stage* should be *destruction* of the structure – which could usually be *gradual* and rarely *sudden*.

Here are some examples:

Case 1. A small child with congenital subluxation of the hip with severe inhibition, depression and deformation of the femoral head and neck (Fig. 24 A).

After open reduction and innominate osteotomy, 19 months later, remodelling of the medial part of the femoral head and correction of the femoral neck is clearly visible (Fig. 24 B). At typical case of reversible depression of the growth and reversible deformation of the structure.



Fig. 24A - Congenital subluxation of the hip with inhibition and depression of the growth with deformation of the femoral head and neck



Fig. 24B - After open reduction and innominate osteotomy reversible and corrective growth and remodelling of the femoral head and neck

Case 2. A child with high congenital dislocation of the hip with depression of the growth deformation and hypotrophy of the femoral head, neck and whole femur (Fig. 25 A).

After traction, open reduction and innominate osteotomy, 9 years later, nearly complete normalization of the femur (Fig. 25 B). A typical case of reversible inhibition and depression of the growth and reversible hypotrophy.



Fig. 25A - High congenital dislocation of the hip with depression of the growth, deformation and hypotrophy of the whole femur



Fig. 25B – After open reduction and innominate osteotomy nine years later nearly complete normalisation of the size and structure of the femur

CONCLUSIONS

By means of fundamental biomechanical principles it is possible to predict, prevent or correct by rational methods of treatment many abnormal anatomical conditions of the hip joint.

REFERENCES

1. Bertrand P., 1962, *Malformations luxantes de la hanche*, Doin, Paris.
2. Carter D. R., Vasu R. and Harris W.H., 1982, *Stress distributions in the acetabular region – II. Effects of cement thickness and metal backing of the total hip acetabular component*. J. Biomech. 15, 165–170.
3. Coleman S. S., 1978, *Congenital dysplasia and dislocation of the hip*. C. V. Mosby, St Louis.
4. Coleman S. S., 1987, *The operative management of congenital dislocation of the hip*. Current Orthopaedics 3 : 275 – 283.
5. Crowninshield R. D., Jonston R. C., Andrews J. G. and Brand R. A., 1978, *A biomechanical investigation of the human hip*. J. Biomech. 11, 75–85.
6. Drennan C. J., 1983, *The hip in myelomeningocele*. In: *Management of Hip Disorders in Children* (Katz F. J. and Siffert S. R. eds), Chapter 11, pp. 195–208. Lippincott Company, Philadelphia, Toronto.
7. Fisher O., 1899, *Der Gang der Menschen*. Teubner, Leipzig.
8. Goel V. K. and Svensson L.N., 1977, *Forces of the pelvis*. J. Biomech. 10, 195 – 200.
9. Harris L.J., Chao R., Bloch R., Weingarten V., 1978, *A three-dimensional finite element analysis of the proximal third of the femur*. Proceedings of 24th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society, p. 16, ORS Chicago.

10. Huiskes R., Janssen J.D. and Slooff T. J., 1981, *A detailed comparison of experimental and theoretical stress analyses of a human femur*. Mechanical Properties of Bone (edited by Cowin S.) AMD - Vol 45, pp 211-234. American Society of Mechanical Engineers, New York.
11. Huiskes R., 1983, *Principles and methods of solid biomechanics. Functional Behaviour of Orthopaedic Biomaterials*. Vol 1. *Fundamentals* (edited by Ducheyne P. and Hastings G.), chapter 5, CRC Press, Boca Raton, FL.
12. Huiskes R. and Chao E. Y. S., 1983, *A survey of finite element analysis in orthopaedic biomechanics: The last decade*. J. Biomechanics, 16 : 385 - 409.
13. Kummer B., 1966, *Photoelastic studies on the functional structure of bone*. Folia biotheoretica VI, 31-40.
14. Kummer B., 1968, *Die Beanspruchung des menschlichen Hüftgelenks*. 1. Allgemeine Problematik. Z. Anat. Entwickl.-Gesch. 127, 277-285.
15. Kummer B., 1972, *Biomechanics of bone: mechanical properties, functional structure, functional adaptation*. In: "Biomechanics: Its Foundations and Objectives" (Fung Y. C., Perrone N., and Anliker M., eds) pp. 237-271. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall Inc.
16. Kummer B., 1973, *Bone remodelling as a function of mechanical stress*. Yugoslav Academy of Sciences and Arts, Zagreb, RAD 366 : 5-20.
17. Müller M. E., 1957, *Die hüftnahen Femurosteotomien*. Thieme, Stuttgart.
18. Pauwels F., 1960, *Eine Theorie über den Einfluss mechanischer Reize auf die Differenzierung der Stützgewebe*. Z. Anat. Entwicklungsgesch. 121 : 478-515.
19. Pauwels F., 1965, *Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York.
20. Pauwels F., 1965, *Funktionelle Anpassung des Knochens durch Langenwachstum*. In: „Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates“, pp. 400-408. Springer, Berlin, - Ges. Abh.
21. Pauwels F., 1976, *Biomechanics of the normal and diseased hip*. Berlin-Heidelberg-New York. Springer-Verlag.
22. Pauwels F., 1980, *Biomechanics of the locomotor apparatus*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York.
23. Ponseti I. V., 1978, *Growth and development of the acetabulum in the normal child*. Journal of Bone and Joint Surgery 60-A : 575-585.
24. Prilepcanska-Foteva Z., 1981, *The influence of eccentricity in congenital dysplasia of the hip (CDH) on the growth and shape of the femoral head*. Doctoral Thesis, University of Skopje.
25. Root L., 1983, *Hip deformity in cerebral palsy*. In: "Management of Hip Disorders in Children" (Katz F. J. and Siffert S. R., eds). Chapter 10, pp 183-194. Lippincott Company, Philadelphia, Toronto.
26. Salter R. B., 1961, *Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip joint*. Journal of Bone and Joint Surgery 43-B : 518-539.
27. Serafimov Lj., 1973, *Eccentricity by CDH and its relation to the antero-lateral deformity of the upper part of the femur*. Yugoslav Academy of Sciences and Arts, Zagreb, RAD 366 : 179-187.
28. Serafimov Lj., 1973, *Biomechanical influence of the innominate osteotomy on the growth of the upper part of the femur*. Yugoslav Academy of Sciences and Arts, Zagreb, RAD 366 : 189-198.
29. Siffert S. R., 1983, *Patterns of deformity of the developing hip*. In: "Management of Hip Disorders in Children" (Katz F. J. and Siffert S. R., eds). Chapter 4, pp. 73-91. Lippincott Company, Philadelphia, Toronto.
30. Wilkinson J. A., 1962, *Femoral anteversion in the rabbit*. J. Bone and Joint Surgery, 44-B : 386-393.
31. Zienkiewicz O. C., 1977, *The finite element method*, 3rd edition. McGraw-Hill, London.

Б И Б Л И О Г Р А Ф И Ј А

НА ДОП. ЧЛЕН ЛУПЧО СЕРАФИМОВ

1960

Rendgenološka dijagnoza antetorziје vrata femura kod kongenitalne luksacije kuka / D. Antevski, S. Ralev. – Zbornik radova IV kongresa radiologa FNRJ : Skopje 1960 str. 203–207.

1961

За современата епидемија на повредите / Б. Драгоевиќ, Ст. Ралев. – Македонски медицински преглед – Скопје, 1961, XV, стр. 193–199.

Проблеми на хирургијата на коскените тумори / П. Тофовиќ, Л. Деновски, Д. Жерајиќ. – VI конгрес на лекарите на НРМ : Скопје 1961.

Проблемот на полиомиелитисот во НРМ од ортопедска гледна точка / С. Ралев. – VI конгрес на лекарите на НРМ : Скопје, 1961.

1962

Povrede ekstremiteta / P. Karagjozov, L. Denovski. – Zbornik radova II interseksijskog sastanka hirurga : Sarajevo 1962, str. 547–552.

Problemi terapijskih indikacija kod koštanih tumora / P. Tofović, D. Kaftandžiev. – I kongres kancerologa Jugoslavije: Beograd, 1962.

Uzroci rahitičkih deformiteta i problem njihovog lečenja u SR Makedoniji: (Izvod). - Radovi III kongresa ortopeda i traumatologa SFRJ : Zagreb, 10–13.X 1962, стр. 220.

1964

Prilog za preciznije izvođenje operativnih korekcija kod angularnih deformacija kolena i sprečavanje neurovaskularnih komplikacija. – III ortopedsko-traumatološki dani Jugoslavije : Beograd, 1964.

Tranzistorne kompresivne i distrakcione povrede n. peroneusa kod ortopedskih operacija kolena / S. Ralev. – I kongres neurohirurga Jugoslavije : Novi Sad, 1964.

1966

Оперативно лекување на зголемената антеторзија на вратот на фемурот / Д. Кепески, Ст. Ралев, Б. Спасов. – Македонски медицински преглед – Скопје, 1966, XXI, 3, стр. 37–43.

Стручни впечатоци од студискиот престој во Англија. – Македонски медицински преглед – Скопје, 1966, XXI, 3, стр. 81–88.

1967

Актуелни дијагностички проблеми на конгениталната дисплазија на колкот кај деца во најраната возраст. – Македонски медицински преглед. – Скопје, 1967, XXII, 4, стр. 131–134.

Повреди на 'рбетниот столб / П. Тофовик, Д. Кафтаниев. – Македонски медицински преглед. – Скопје, 1967, XXII, 3, стр. 105–112.

Придонес на Salter-овата операција во хирушкото лекување на ацетабуларната дисплазија / Ст. Ралев, Б. Такашманов, К. Ветеровски. – Zbornik IV kongresa Udruženja ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Ljubljana 1967, стр. 457–462.

Современите погледи за динамиката на формиранјето на калусот и лекувањето на псеудоартрозите на долгите коски. – Македонски медицински преглед. – Скопје, 1967, XXII, 3, стр. 165–169.

Стабилна компресивна остеосинтеза во лекувањето на псеудоартрози на долгите коски / Ст. Ралев, Б. Баланчевски, К. Смичков. – Zbornik IV kongresa Udruženja ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Ljubljana 1967, стр. 283–287.

1968

Biomehanički uticaji Salter-ове операције на антеторзију врата фемура код конгениталне дисплазије ацетабулума. – Zbornik IV kongresa Udruženja ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Ljubljana 1968, II, стр. 121–124.

Naša zapažanja o salmonelloznim komplikacijama na kičmenom stubu / A. Šajn, N. Nedelkoska, T. Zinovski, D. Antevski. – Zbornik radova III stručno-naučnog sastanka infektologa Jugoslavije : Portorož 1968, стр. 678–686.

1969

Вредноста на транспозицијата на мускулите во лекувањето на талус вертикалис / К. Смичков, К. Ветеровски, Б. Такашманов. – IV ortopedsko-traumatološki dani Jugoslavije : Ohrid 5–7, VI 1969, стр. 145–148.

Придонес на остеотомија инминага во хирушкото лекување на остеохондритот на колкот: (главен референт) / З. Прилепчанска, К. Ветеровски. – IV ortopedsko-traumatološki dani Jugoslavije : Ohrid, 5–7, VI 1969, стр. 38–42.

Примена на транспозиции на мускулите во современата ортопедија / З. Прилепчанска, К. Смичков. – IV ortopedsko-traumatološki dani Jugoslavije : Ohrid, 5–7, VI 1969, стр. 86–92.

Примена на транспозиција на мускулите при трауматски лезии на периферните нерви / Ст. Ралев. – IV ortopedsko-traumatološki dani Jugoslavije : Ohrid, 5–7, VI 1969, стр. 149–153.

Functional Joint Reconstruction with Total Hip Arthroplasty (THA). – Fourth National Congress of the Bulgarian Surgeons and Traumatologists : Sofia, 24–26, IX 1969, стр. 21.

1970

Vrednost Evansove operacije u lečenju kongenitalnog equinovarus stopala = Value of Evan's Procedure in the Treatment of Congenital Pes Equinovarus / K. Veterovski, B. Takasmanov. – Zbornik radova V kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Beograd 1970, стр. 277–282.

Vrednost Lambrinudi-eve operacije u lečenju paralitičkog stopala = Value of Lambrinudi's Procedure in the Treatment of Paralytic Foot / Z. Prilepčanska, M. Baščandžiev. – Zbornik radova V kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Beograd 1970, стр. 178–181.

Директна селективна ензимска терапија на лумбалните дистални хернии / К. Ветеровски, З. Прилепчанска. – Зборник на трудовите од VIII конгрес на лекарите од СР Македонија : Охрид, 2-4. X 1970, стр. 947-950.

Индикација за примена на субтотални протези при fractura colli femoris / К. Ветеровски, М. Башчанџиев. – Зборник на трудовите од VIII конгрес на лекарите од СР Македонија : Охрид, 2-4. X 1970, стр. 789-794.

Indikacioni i tehnički problemi kod totalne proteze kuka = Indicational and Technical Problems in the Total Prosthesis of the Hip. – Zbornik radova V kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Beograd 1970, str. 534-545.

Искуство и проблеми со примена на тоталната протеза на колкот. – Зборник на трудовите од VIII конгрес на лекарите од СР Македонија : Охрид, 2-4. X 1970, стр. 782-788.

Kongenitalni metatarsus varus kao hirurški problem = Surgical Problem of Congenital Metatarsus Varus / Z. Prilepčanska. – Zbornik radova V kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Beograd 1970, str. 200-206.

Ортопедски мерки за заштита на мајката за време на бременоста / Д. И. Кепески, З. Прилепчанска. – Зборник на трудовите од VIII конгрес на лекарите од СР Македонија : Охрид, 2-4. X 1970, стр. 177-179.

Ортопедски проблеми настанати поради неправилно давање на интрамускулни инјекции / З. Прилепчанска. – Зборник на трудовите од VIII конгрес на лекарите од СР Македонија : Охрид, 2-4. X 1970, стр. 805-807.

Предности на компресивната остеосинтеза во остеоарткуларната хирургија / Д. Кепески, К. Ветеровски, М. Башчанџиев. – Зборник на трудовите од VIII конгрес на лекарите од СР Македонија : Охрид, 2-4. X 1970, стр. 800-804.

Prednost osteotomije kalkaneusa u lečenju deformiteta stopala = Advantages of the Calcaneal Osteotomy in Treating Foot Deformities / K. Veterovski, B. Balančevski, B. Takašmanov. – Zbornik radova V kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Beograd 1970, str. 169-178.

Рана дијагноза и лекување на конгенитален pes planovalgus / Д. Кепески, Б. Такашманов, М. Башчанџиев. – Зборник на трудовите од VIII конгрес на лекарите од СР Македонија : Охрид, 2-4. X 1970, стр. 180-184.

Сколиозата како терапевтски проблем / Д. И. Кепески, И. Ванčovски. – Зборник на трудовите од VIII конгрес на лекарите од СР Македонија : Охрид, 2-4. X 1970, стр. 813-817.

Современи разбирања за етиопатогенезата и лекувањето на сколиозите / К. Ветеровски, З. Прилепчанска. – Зборник на трудовите од VIII конгрес на лекарите од СР Македонија : Охрид, 2-4. X 1970, стр. 931-934.

Talus verticalis kao dijagnostički i terapijski problem deformiteta stopala = Talus Verticalis – A Problem in Diagnosis and Therapy of the Foot Deformity / Z. Prilepčanska, K. Veterovski. – Zbornik radova V kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Beograd 1970, str. 101-108.

Тиреоиден карцином со силно изразена фиксација на радиојод во коскени метастази / Н. Серафимов, Б. Каранфилски, Ѓ. Ставриќ. – Македонски медицински преглед – Скопје, 1970, XXV, 3-4, стр. 91-94.

Funkcionalna rekonstrukcija kuka sa totalnom McKee-Farrar protezom / K. Veterovski, B. Takašmanov, Z. Prilepčanska. – Zbornik radova sa simpozijuma o oboljenjima i povredama, lečenju i rehabilitaciji zgloba kuka : Beograd, 26-28. II 1970, стр. 253-259.

Biomehanička analiza uticaja osteotomije inominate na rast proksimalnog dijela femura : Disertacija za doktorat nauka Medicinskog fakulteta u Zagrebu, 1972. – 146 str.

Indikacioni problemi kod totalne proteze kuka = Some Indicational Problems in Total Replacement of the Hip. – Acta Orthopaedica Iugoslavica – Beograd, 1972, 3, str. 11–14.

1973

Biomechanical Influence of the Innominate Osteotomy on the Growth of the Upper Part of the Femur. – Rad : Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti – Zagreb 1973, 366, str. 189–198.

Eccentricity by CDH and Its Relation to the Anterolateral Deformity of the Upper Part of the Femur. – Rad : Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti – Zagreb 1973, 366, str. 179–187.

Pseudoartroze i loše zarasli prelomi kao posledica lošeg tretmana / D. I. Kepeski, Z. Prilepčanska. – Acta Orthopaedica Iugoslavica – Beograd, 1973, 4, str. 219–225.

1974

Aloplastika kuka – Kratak istoriski pregled : (уведен реферат по I-та главна тема). – Зборник на трудови од VI конгрес на ортопедите и травматолозите на Југославија : Охрид 1974, стр. 17–35.

Biomechanical Influence of the Innominate Osteotomy on the Growth of the Upper Part of the Femur. – Clinical Orthopaedics and Related Research No. 98 : Philadelphia, Lippincott, 1974, str. 39–40.

Динамичка хируршка корекција на вроденото криво стопало / В. Гркова. – Зборник на трудови од IX конгрес на лекарите на Македонија : Охрид 1974.

Директна селективна ензимска терапија на лумбалните дистални хернии / К. Ветеровски, З. Прилепчанска. – Зборник на трудови од IX конгрес на лекарите на Македонија : Охрид 1974, том II стр. 947–950.

Indikacije i tehnički problemi kod subtotalne proteze kuka / St. Ralev, B. Takašmanov. – Зборник на трудови од VI конгрес на ортопедите и травматолозите на Југославија : Охрид 1974, стр. 37–42.

Indikacione dileme za totalnu protezu kuka kod preloma vrata butne kosti / K. Veterovski, G. Džolev. – Зборник на трудови од VI конгрес на ортопедите и травматолозите на Југославија : Охрид 1974, стр. 189–193.

Indikacioni i tehnički problemi za totalnu protezu kod kongenitalnih luksacija kuka / K. Veterovski, B. Takašmanov, B. Mišev. – Зборник на трудови од VI конгрес на ортопедите и травматолозите на Југославија : Охрид 1974, стр. 179.

Нашето искуство во лекувањето на екстензорните контрактури – конгенитални и стекнати / З. Прилепчанска-Фотева. – Зборник на трудови од VI конгрес на ортопедите и травматолозите на Југославија : Охрид 1974, стр. 527–529.

Современи разбирања за етиопатогенезата и лекувањето на сколиозите / К. Ветеровски, З. Прилепчанска. – Зборник на трудови од IX конгрес на лекарите на Македонија : Охрид 1974, том II, стр. 931–934.

Totalna proteza kod sanitarnih tuberkuloznih afekcija kuka / P. Mostrov. – Зборник на трудови од VI конгрес на ортопедите и травматолозите на Југославија : Охрид 1974, стр. 185–188.

Fundamentalni problemi kod funkcionalne rekonstrukcije kuka sa totalnom protezom (главен реферат). – Зборник на трудови од VI конгрес на ортопедите и травматолозите на Југославија : Охрид 1974, стр. 87–105.

Хируршки можности за егализација на долните екстремитети / Б. Баланчевски, К. Ветеровски, Б. Мишев. – Зборник на трудови од IX конгрес на лекарите на Македонија : Охрид 1974.

1977

Biomechanical Influence of the Eccentricity in Congenital Dislocation of the Hip on the Growth of the Upper Part of the Femur. Mechanics of Biological Solids. – Proceedings of Euromechanical Colloquim 68 : Sofia 1977, str. 274–288.

Prevenција pada krvnog pritiska kod totalne aloplastike kuka sa upotrebom akrilatnog moštanog cementa / L. Šendov, B. Jankulovska, P. Georgiev. – Zbornik radova III kongresa anesteziologa Jugoslavije : Bled 1977, II knjiga, str. 141.

Promene na skeletnom sistemu kod neurofibromatoze / Gj. Zafirovski, B. Mišev. – Zbornik radova X ortopedsko-traumatoloških dana Jugoslavije : Beograd 1977, str. 432–438.

Промени врз зглобната 'рскавица по интра-артикуларна апликација на кортикостероиди / Г. Цолев. – Зборник на трудови од V симпозиум по ревматски болести за лекарите по општа медицина од СР Македонија : Скопје 1977, стр. 82–85.

Промени и компликации на остеоартикуларниот систем предизвикани од пролонгирана терапија со кортикостероиди. – Зборник на трудови од V симпозиум по ревматски болести за лекарите по општа медицина од СР Македонија : Скопје 1977, стр. 76–81.

Современи концепции за етиопатогенезата на артрозите и рационален предлог за нивното лекување. – Зборник на трудови од V симпозиум по ревматски болести за лекарите по општа медицина од СР Македонија : Скопје 1977, стр. 130–136.

Функционална реконструкција на зглобната дезинтеграција кај ревматоидниот артрит со тотални протези. – Зборник на трудови од V симпозиум по ревматски болести за лекарите по општа медицина од СР Македонија : Скопје 1977, стр. 102–109.

Habitualna luksacija lakatnog zgloba / S. Ralev, B. Mišev. – Zbornik radova X ortopedsko-traumatoloških dana Jugoslavije : Beograd 1977, str. 494–498.

1978

Biomehanička analiza uticaja inegaliteta donjih ekstremiteta na anatomske strukture kuka i kolena. – Zbornik radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 203–206.

Биомеханички влијанија врз патогенезата на конгениталната дисплазија на колкот / Б. Мишев. – Зборник на трудови од X конгрес на лекарите на СР Македонија : Струга 1978, стр. 741–743.

Vrednost stimulacije rasta u hirurškom lečenju inegaliteta donjih ekstremiteta / B. Balančevski, D. I. Kepeski, B. Mišev. – Zbornik radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 211–213.

Генетски проблеми во етиопатогенезата на конгениталната дисплазија на колкот / В. Гркова. – Зборник на трудови од X конгрес на лекарите на СР Македонија : Струга 1978, стр. 727–729.

Delovanje „cementa“ (NMA) na humanu hrskavicu i kost u in vitro uslovima / Lj. Karevski, P. Ugrinski. – Rezimej radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 80.

Експериментални испитувања за етиопатогенезата на конгениталната дисплазија на колкот / Б. Мишев, Г. Цолев. – Зборник на трудови од X конгрес на лекарите на СР Македонија : Струга 1978, стр. 738–740.

Етиопатогенеза на конгениталната дисплазија на колкот (КЛК). – Зборник на трудови од X конгрес на лекарите на СР Македонија : Струга 1978, стр. 714–717.

Indikacioni i tehnički problemi u hirurškom lečenju inegaliteta donjih ekstremiteta / K. Veterovski, B. Balančevski, Z. Prilepčanska, J. Gavrilovski. – Zbornik radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 250–253.

Клинички карактеристики во патогенезата на конгениталната дисплазија на колкот / З. Прилепчанска–Фотева. – Зборник на трудови од X конгрес на лекарите на СР Македонија : Струга 1978, стр. 744–746.

Komparativna analiza uticaja raznih vidova anestezija na gubitak krvi kod totalnih proteza kuka / L. Šendov, P. Georgiev, B. Jankulovska. – Zbornik radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 42–43.

Koordiniran rad anesteziologa i hirurga u prevenciji kardiovaskularnih komplikacija kod upotrebe akrilnog cementa / L. Šendov. – Zbornik radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 43–45.

Korekcija inegaliteta resekcijom kosti duže noge. – Zbornik radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 257–259.

Mortološke karakteristike inegaliteta kod neurofibromatoze / G. Zafirovski, B. Mišev. – Zbornik radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 231–233.

Naša prva iskustva u lečenju hroničnog osteomielitisa po metodi Papineau-a / St. Ralev, D. Kepeski. – Zbornik radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 139–143.

Оперативно разрешување на ацетабуларната дисплазија (АД) на колкот / К. Ветеровски, Б. Баланчевски, З. Прилепчанска–Фотева, Б. Такашманов. – Зборник на трудови од X конгрес на лекарите на СР Македонија : Струга 1978, стр. 769–772.

Organ-kultura humanoga fetalnog zgloba, upotrebljena kao model za GVH / P. Ugrinski, Lj. Karevski. – Rezimej radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 78.

Патолошко-анатомски карактеристики на конгениталната дисплазија на колкот и динамиката на нивната еволуција / К. Ветеровски. – Зборник на трудови од X конгрес на лекарите на СР Македонија : Струга 1978, стр. 734–737.

Problemi u hirurškom lečenju kongenitalnih skraćenja potkolenice / K. Veterovski, B. Mišev. – Zbornik radova VII kongresa ortopeda i traumatologa Jugoslavije : Sarajevo 1978, str. 249–250.

CDH – Femoral vs. Pelvic Osteotomy. – Abstracts. XIV World Congress of SICOT (Societe Internationale de Chirurgie Orthopedique et de Traumatologie) : Kyoto, 15–20. X 1978, str. 92.

1979

Etiološka i morfološka analiza skolioza u našoj praksi / K. Veterovski, J. Kamnar. – Zbornik na трудови од VI симпозиум за сколиози и кифози : Скопје 1979, стр. 129–132.

1980

Kontrolirana hipotenzija kod totalne proteze kuka i drugih očekivanih masivnih peroperativnih hemoragija / L. Šendov, P. Georgiev. – Sažetci VI kongresa ortopeda i traumatologa Mediterana i Srednjeg Mediterana : Split 1980, str. 204.

Promene na skeletnom sistemu kod prolongirane upotrebe kortikosteroida / V. Grkova, B. Mišev, J. Gavrilovski. – Zbornik rezimea II kongresa endokrinologa Jugoslavije : Struga, 28–30. V 1980, abstr. br. 12.

Sekundaren hiperparatireoidizam i renalna osteodistrofija / G. Masin, K. Čakalaroski. – Zbornik rezimea II kongresa endokrinologa Jugoslavije : Struga, 28–30. V 1980, ancrp. 6p. 24.

Homotransplantacija spongiozne kosti / Lj. Karevski. – Sažetci VI kongresa ortopeda i traumatologa Mediterana i Srednjeg Mediterana : Split 1980, str. 80.

Hormonalni disbalans kao mogući uzrok epifiziolize glave butne kosti / G. Džolev, J. Kamnarov. – Zbornik rezimea II kongresa endokrinologa Jugoslavije : Struga, 28–30. V 1980, ancrp. 6p. 23.

1981

Acting of the Bone Cement (PMMA) on the Spongy Bone : Experimental Examination / Lj. Karevski, P. Ugrinski. – Abstracts of the XIVth Yugoslav Orthopaedic-Traumatologic Days : Maribor, 14–18. X 1981, str. 68.

Biomechanical Problems and Complications in Total Hip Replacement (THR). – Abstracts of the XIVth Yugoslav Orthopaedic-Traumatologic Days : Maribor, 14–18. X 1981, str. 19.

Indicational and Technical Problems in Wagner's Type of Total Hip Replacement / B. Mišev, S. Ralev, G. Džolev. – Abstracts of the XIVth Yugoslav Orthopaedic-Traumatologic Days : Maribor, 14–18. X 1981, str. 16.

Mobilization of the Fixed Hip with Total Prosthetic Replacemet / B. Balančevski, B. Takašmanov, J. Gavrilovski. – Abstracts of the XIVth Yugoslav Orthopaedic-Traumatologic Days : Maribor, 14–18. X 1981, str. 52.

Neurological Complications in Total Hip Replacement (THR) / K. Veterovski, J. Kamnarov. – Abstracts of the XIVth Yugoslav Orthopaedic-Traumatologic Days : Maribor, 14–18. X 1981, str. 30.

Possibilities of Elongation of the Limb with Total Hip Replacement (THR) / V. Grkova, G. Džolev, J. Gavrilovski. – Abstracts of the XIVth Yugoslav Orthopaedic-Traumatologic Days : Maribor, 14–18. X 1981, str. 62.

Total Hip Replacement in Bone Deficiency of the Acetabulum / S. Ralev, J. Kamnarov, Lj. Karevski. – Abstracts of the XIVth Yugoslav Orthopaedic-Traumatologic Days : Maribor, 14–18. X 1981, str. 48.

Total Hip Replacement in Semimalignant and Metastatic Bone Tumors / Gj. Zafirovski. – Abstracts of the XIVth Yugoslav Orthopaedic-Traumatologic Days : Maribor, 14–18. X 1981, str. 58.

Hip Joint Replacement in Trauma Therapy / Gj. Zafirovski, St. Ralev. – Abstracts of the XIVth Yugoslav Orthopaedic-Traumatologic Days : Maribor, 14–18. X 1981, str. 5.

Cause of the Developing and Prevention of Ectopic Bone Formation in THR. – Abstracts of the XIVth Yugoslav Orthopaedic-Traumatologic Days : Maribor, 14–18. X 1981, str. 38.

1982

Etiološke i morfo-rentgenološke karakteristike skolioza kod masovnog ispitivanja školske dece / J. Kamnarov, V. Ristić, K. Veterovski. – Zbornik 3 VIII kongresa JUOT-a : Beograd 1982, str. 396–397.

Završni rezultati masovnog ispitivanja deformiteta kičme kod školske dece na području opštine Leskovac / J. Kamnarov, V. Ristić, K. Veterovski. – Zbornik 3 VIII kongresa JUOT-a : Beograd 1982, str. 395–396.

Hirurška stabilizacija displastičnog kuka kao uslov za bolju vaskularizaciju / A. Pustina. – Zbornik 3 VIII kongresa JUOT-a : Beograd 1982, str. 379–380.

1983

Comparative Study of Morphological and Functional Results of Congenital Club Foot Surgery in Children / V. Grkova. – Abstract Book of the Second Yugoslav Congress of Paediatric Surgeons with International Participation : Beograd 1983, str. 231.

1984

Selective Indications for the Surgical Treatment of CDH on 1230 Innominate Osteotomies. – Abstract of Papers. 16th Congress of SICOT (Societe Internationale de Chirurgie Orthopedique et de Traumatologie) : London, 30.IX – 5.X 1984, str. 34.

1985

Vrednost metode Papineau-a u hirurškom lečenju hroničnog osteomijelitisa / B. Mišev, S. Gajić, P. Puzderlijski. – Rezimei XVI ortopedskih i traumatoloških dana Jugoslavije : Priština 1985, abstr. br. 27.

Vrednost osteotomije kalkaneusa u hirurškom liječenju deformiteta stopala / B. Takašmanov, V. Grkova. – Rezimei XVI ortopedskih i traumatoloških dana Jugoslavije : Priština 1985, abstr. br. 96.

Diagnostic and Therapeutic Possibilities of Arthroscopy in Knee Injuries / G. Džolev, G. Zafirovski, B. Mišev, J. Gavrilovski. – Abstracts of the First Combined Meeting of the Hellenic Association of Orthopaedic Surgery and Traumatology with the Yugoslav Association of Orthopaedic Surgery and Traumatology : Kavala, 18–20. IV 1985, abstr. 92.

Early results of Application of Kinematic Total Endoprotheses of the Knee / B. Mišev, I. Vančovski, G. Džolev. – Abstracts of the First Combined Meeting of the Hellenic Association of Orthopaedic Surgery and Traumatology with the Yugoslav Association of Orthopaedic Surgery and Traumatology : Kavala, 18–20. IV 1985, abstr. 97.

Етиопатогенеза на типичната деформација на фемурот кај конгениталната дисплазија на колкот и рационални можности за нејзината спонтанa корекција. – Македонски медицински преглед – Скопје, 1985, XXXIX, 3–4, стр. 86–92.

Značaj fazne aktivnosti mišića u dinamičkoj korekciji deformiteta stopala / V. Grkova, I. Stefanovska. – Rezimei XVI ortopedskih i traumatoloških dana Jugoslavije : Priština 1985, anстр. бр. 92.

Kriterijumi evaluacije rezultata lečenja urođenog krivog stopala u dečjoj dobi / V. Grkova, J. Kamnarov. – Rezimei XVI ortopedskih i traumatoloških dana Jugoslavije : Priština 1985, anстр. 108.

Mobilization of the Fixed Hip with THR. Indications and Surgical Problems. – Resumenes. IV Congreso Cubano de Cirugia Ortopedica y Traumatologica : La Habana, 17–22. VI 1985, abstr. 206.

Operativno lečenje urođenog krivog stopala u dečjoj dobi / V. Grkova, B. Takašmanov. – Rezimei XVI ortopedskih i traumatoloških dana Jugoslavije : Priština 1985, anстр. бр. 110.

Selective Approach in the Surgery of Congenital Dislocation of the Hip Based on 1260 Innominate Osteotomies. – Resumenes. IV Congreso Cubano de Cirugia Ortopedica y Traumatologica : La Habana, 17–22. VI 1985, abstr. 36.

Talus verticalis kao poseban dijagnostički i terapeutski problem deformiteta stopala / V. Grkova, I. Stefanovska, J. Georgieva. – Zbornik radova XVI ortopedskih i traumatoloških dana Jugoslavije : Priština 1985, str. 126–127.

Double acetabular correction in the procedure for severe forms of acetabular dysplasia. – Proceedings of the International Symposium on Congenital Hip Dislocation – Skopje, 20–22. IX 1989. Реф. 30, стр. 1–4.

Rational Indications for Surgical Treatment of CDH Based on over 1400 Innominate Osteotomies. – Proceedings of the International Symposium on Congenital Hip Dislocation : Skopje, 20–22. IX 1989, реф. 26, стр. 1–4.

The Role of Biomechanical Factors in Producing and Correcting of Typical Femoral Deformity in CDH. – Proceedings of the International Symposium on Congenital Hip Dislocation : Skopje, 20–22. IX 1989, реф. 32, стр. 1–6.

Stress Distribution in Supraacetabular Region in Different Weightbearing Angles (Preliminary Biomechanical Studies on Animal Model) / Lj. Karevski, Lj. Taškov. – Proceedings of the International Symposium on Congenital Hip Dislocation : Skopje, 20–22. IX 1989, реф. 33, стр. 1–3.

1990

Агресивна ресорпција кости после ТПК (тоталне протеже куката) / Г. Видоевски, К. Стрезовски. – Саžетци 10. конгреса Удружења ортопеда и трауматолога Југославије с меѓународним учешћем : Загреб, 6–9. VI 1990, стр. 24.

Double Acetabular Correction in One Procedure for Severe Forms of Acetabular Dysplasias. – Precis Scientifique Abstracts. XVIII World Congress of SICOT (Societe Internationale de Chirurgie Orthopedique et de Traumatologie) : Montreal, 9–14. IX 1990, стр. 221.

Експериментален метод за биомеханичка анализа на супраацетабуларните напрегања по ТПК (тотална протежа на колкот) / Љ. Каревски, Љ. Ташков, Г. Видоевски, Т. Ношпал. – Саžetci 10. конгреса Удружења ортопеда и трауматолога Југославије с меѓународним учешћем, Загреб 6–9. VI 1990, стр. 273.

Имплантирација на лигаментарна протежа – ЛЦА при нестабилни колена : (почетни искуства) / Г. Цолев, Т. Пиперковски, З. Темелковски. – Македонски медицински преглед – Скопје, 1990, XIX, Suppl. 7, стр. 202.

Neki osnovni problemi kod transplantacija i implantacija = Some Basic Problems of Transplantations and Implantations Македонски медицински преглед – Скопје, 1990, XIX, Suppl. 7, стр. 37–47.

Организација и функција на хоспитална коскена банка / Г. Видоевски, Љ. Каревски, Т. Ношпал. – Македонски медицински преглед – Скопје, 1990, XIX, Suppl. 7, стр. 203.

Селективни индикации за имплантирација на тотална ендопротеза на ножниот зглоб / В. Гркова, И. Стефановска, С. Димитриеска. – Македонски медицински преглед – Скопје, 1990, XIX, Suppl. 7, стр. 201.

Паскал Сотировски

ПАСКАЛ СОТИРОВСКИ е роден на 23 ноември 1927 година во с. Врбен (Гостиварско). Завршил Учителска школа во Белград (во 1948 г.), до 1950 г. работел како учител, а во 1950/51 учебна година станал редовен студент по физика на Филозофскиот факултет во Скопје, каде што дипломирал во 1956 г. Работел како наставник по физика во Скопје, а во 1961 година беше испратен на специјализација по астрофизика во Париз, каде што ги продолжил студиите по астрофизика и во 1971 година одбранил докторска дисертација од областа на физика на Сонцето. Веднаш потоа станал член на Националниот центар за научни истражувања во Париз.

Неговата научна работа се одвива главно во париската опсерваторија Медон и е насочена во областа на спектроскопија на сончевите пегии и сончевите ерупции. Д-р Сотировски спаѓа меѓу реномираните светски астрофизичари.

За член на МАНУ надвор од работниот состав е избран на 7 мај 1991 година.

ANALYSE SPECTRALE DES TACHES ET DES ERUPTIONS SOLAIRES

L'analyse spectrographique nous a permis d'étudier les spectres moléculaires de 3 taches solaires, dans le but d'essayer d'identifier les raies moléculaires présentes dans le domaine spectral 4900 Å – 6450 Å en utilisant la méthode des coïncidences. Par suite du très grand nombre de raies spectrales par Angström cette méthode peut conduire à des résultats faux. Il était nécessaire de faire différents contrôles basés soit sur les intensités des raies soit sur les intensités des bandes. Quatorze molécules ont été étudiées.

La deuxième partie de notre étude a concerné l'analyse spectrale des éruptions solaires.

Les éruptions ont été découvertes au mois de septembre 1859 en Angleterre par deux astronomes amateurs R. Carrington et R. Hodgron indépendamment l'un de l'autre. En 1958 les astrophysiciens ont découvert que les éruptions apparaissent le long des lignes d'inversion du champ magnétique c'est à dire entre deux taches de polarités opposées.

SPECTRE MOLECULAIRE DES TACHES SOLAIRES

L'analyse des raies moléculaires des taches solaires est importante pour différentes raisons: a. La présence des raies moléculaires non identifiées dans les taches peut altérer les mesures du spectre continu ainsi que les profils des raies atomiques. b. Les largeurs équivalentes des raies moléculaires peuvent servir à contrôler les modèles de taches solaires puisqu'elles nous offrent différentes possibilités pour déterminer les températures (de rotation et de vibration) et la pression, par suite de la dépendance entre le taux de formation des molécules et la pression partielle correspondante.

Grâce aux spectrogrammes de 3 grandes taches solaires, nous avons réussi à identifier 5000 raies moléculaires dans le domaine spectral 4900 Å – 6450 Å. Pour ce faire nous avons utilisé la méthode des coïncidences. Parce que ce contrôle n'est pas très précis nous avons procédé à d'autres investigations, comme par exemple l'intensité des raies au sein d'une bande et l'intensité des bandes associées au même système de transition électronique.

Dans la troisième partie nous avons mesuré des raies sélectionnées parmi les molécules: CN, MgH et TiO. Ces mesures ont été utilisées pour en déduire la température de rotation; a été construite à partir la courbe de croissance des raies de la molécule MgH.

Dans la quatrième partie nous comparons les largeurs équivalentes mesurées avec celles calculées, à partir du modèle d' Hénoux (1969), (Tableau 1).

Nous avons analysé le spectre moléculaire de 3 grandes taches dans le domaine spectral 4900 Å – 6450 Å.

Les molécules suivantes ont été étudiées: CN, CO, MgH, C₂, MgO, TiO, CaH, OH, O₂, AlH, BO, ZrO, CuO, YO.

Tableau 1

*Comparaison des largeurs équivalentes observées et calculées
pour les raies de MgH. bande (1.1)*

λ (Å)		Identification	W (mÅ)	
Mesurées	Laboratoire		Mesurées	Calculées
5047.44	5047.44	R ₁ (22)	57	56
5053.14	5053.18	R ₂ (21)	59	54
5059.69	5059.71	R ₁ (20)	61	56
5071.15	5071.16	R ₂ (18)	58	55
5094.60	5094.62	R ₂ (14)	53	55
5100.24	5100.27	Q ₂ (25)	58	61
5109.02	5109.03	Q ₁ (23)	69	63
5114.07	5114.03	R ₂ (10)	53	52
5120.12	5120.12	Q ₂ (20)	69	64
5126.95	5126.96	Q ₂ (18)	69	64
5130.15	5130.18	Q ₂ (17)	63	66
5132.85	5132.87	R ₁ (6)	53	54
5141.03	5141.08	R ₁ (4)	43	45
5144.04	5144.04	Q ₁ (12)	64	66
5152.66	5152.64	Q ₂ (7)	63	60
5175.21	5175.25	P ₁ (7)	56	54

Pour déduire la température de rotation nous avons utilisé la formule suivante:

$$\log \frac{W}{S_j} = \text{Constante} - \frac{B_j J(J+1)}{8066}$$

où B est une constante de rotation.

En portant $J(J+1)$ en abscisse et $\log W/S_j$ en ordonnée on obtient une droite dont la pente est liée à la température (Fig. 1). Les S_j ont été déduits du travail publié par Schadee (1964); ils représentent une force de raie.

Le tableau (2) nous montre que les températures mesurées sont presque égales pour les molécules MgH et TiO, tandis que la molécule CN donne une valeur un peu plus élevée. Nous pensons que cette différence est due aux erreurs de mesures, puisque les raies de CN sont plus faibles que celles de MgH et TiO.

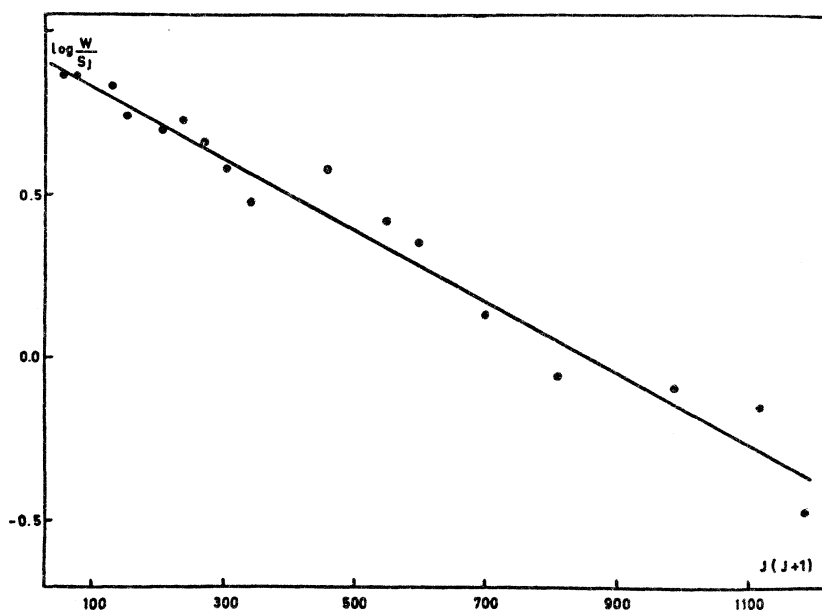
Fig. 1. Molécule MgH, bande (0,1): T_{rot}

Tableau 2

Mesure des températures rotationnelles d'excitation $T(exc.)$

Molécule	Bandes	Θ	$T(exc.) (^{\circ}K)$
CN	(7,2)	1.56	3200 ± 300
MgH	(0,1)	1.66	3030 ± 200
	(1,2)	1.64	3070 ± 200
TiO	(0,0)	1.69	2980 ± 200
	(0,1)	1.68	3000 ± 200

LARGEURS EQUIVALENTES CALCULEES

Voir l'appendice.

Courbe de croissance

Les bandes (0,0); (1,1); (2,2) et (1,2), de la molécule MgH ont été utilisées pour construire la courbe de croissance (Fig. 2). On constate que les raies faibles sont sur la partie linéaire, tandis que les raies fortes sont situées sur le plateau. La courbe de croissance nous permet de corriger les largeurs équivalentes d'un certain nombre de molécules de manière à améliorer la précision sur la température de rotation. Les paramètres de vibration $G(v)$ et $B_v(j)$ ont été calculés d'après les formules de Herzberg (1950), tandis que les potentiels de dissociation des molécules proviennent de Gaydon (1968). Tous les autres paramètres ont été pris chez Allen (1955).

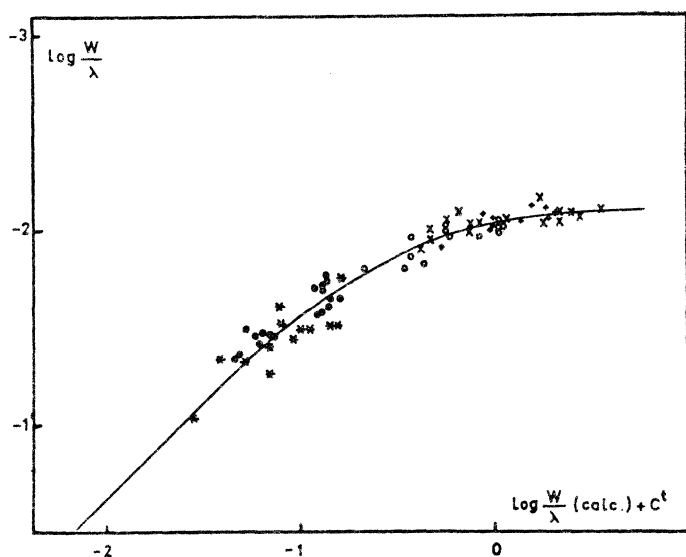


Fig. 2. Courbe de croissance pour les raies de MgH.
bandes: (0,0) x, (0,1) ●, (1,1) +, (2,2) o, (1,2) *

En conclusion. Nous avons étudié 14 molécules. La présence de 7 d'entre elles a été confirmée. Le modèle d'Hénoux nous a permis d'interpréter le spectre de MgH, de trouver les abondances des isotopes Mg^{24} , Mg^{25} , Mg^{26} , et d'identifier la molécule MgO. Deux bandes appartenant à la transition de la molécule MgO sont présentes dans le spectre des grandes taches solaires.

La difficulté de ce travail découle de la présence des bandes de ce système dans un domaine spectral où il y a beaucoup de raies atomiques qui masquent souvent les raies moléculaires. Pour être sûr de la présence de cette molécule tout d'abord nous avons mesuré les largeurs équivalentes W des raies de deux bandes. Pour ce faire nous avons choisi des raies pures ayant le profil le plus libre de tout mélange. L'analyse de la molécule CN (système rouge) a été effectuée pour plusieurs raisons: son potentiel de dissociation et les abondances de N et de C ne sont pas très bien connues. Le modèle d'Hénoux nous a

permis de préciser ces paramètres. Nous avons procédé de même pour la molécule TiO afin d'obtenir la force d'oscillateur.

Notre étude s'est limitée à seulement 7 molécules par manque de données de laboratoire sur les autres espèces moléculaires.

ERUPTIONS SOLAIRES

Les éruptions solaires ont été découvertes le 1^{er} septembre 1859 en Angleterre par deux amateurs: Richard Carrington et R. Hodgron indépendamment. En 1958 les astrophysiciens ont mis en évidence que les éruptions apparaissent le long des lignes magnétiques neutres, à savoir la zone de champ magnétique nul séparant deux taches de polarités opposées.

En 1980 un satellite spécialement conçu pour observer les éruptions solaires a été lancé: Solar Maximum Mission (SMM). Ce satellite a fourni beaucoup de données en rayons X. Malheureusement il est tombé en panne seulement 8 mois après son lancement.

L'environnement terrestre subit des perturbations résultant de l'impact des photons X-UV tout d'abord, des flux de particules énergétiques ensuite, et finalement de l'interaction entre le nuage de plasma (éjecté par l'éruption) et la magnétosphère. Une éruption peut durer entre une et deux heures; la température peut atteindre localement quelques dizaines de millions de degrés.

ANALYSE DE 5 ÉRUPTIONS SURVENUES DU 5 AU 7 NOV. 1980 DANS LA RÉGION ACTIVE 2779 DU SOLEIL

Dans notre analyse nous avons utilisé des données optiques obtenues à Sacramento Peak et des données obtenues simultanément par SMM. L'objectif principal de cette étude était de déterminer comment la chromosphère solaire est chauffée pendant les éruptions, dont l'origine est attribuée soit à l'accélération de particules soit à un échauffement (environ 10^8 K) dans la couronne. Plusieurs approches ont été utilisées afin de faire une distinction entre l'effet produit sur la chromosphère par des faisceaux de particules accélérées et la conduction thermique. Les profils de la raie H_α en émission, mesurés en plusieurs points sur le disque durant l'éruption, ont été analysés avec un microphotomètre digitalisé. Nous avons trouvé que, pour les deux éruptions du 5 novembre 1980 les profils de la raie pendant la phase de décroissance sont compatibles avec un échauffement chromosphérique par conduction thermique provenant de la couronne. Ce résultat était attendu, mais nous avons aussi trouvé que même pendant le pic le plus intense en émission (10–30 KeV) les profils des raies sont compatibles avec la conduction thermique.

Le pic d'intensité de la raie H_α fut de 2 à 6 fois plus faible que celui prédit par des modèles d'atmosphère chauffés par des faisceaux d'électrons. La différence principale entre le profil de la raie H_α pendant le maximum du rayonnement X et durant la phase décroissante (après la cessation des rayons X) concerne les ailes de la raie; elles sont beaucoup plus larges pendant le pic de rayonnement X. Il n'y a pas encore d'explication unanimement acceptée pour cet élargissement.

Nous avons étudié la morphologie et le développement temporel de la plus grande éruption du 5 novembre 1980 (Fig. 3), aussi bien en H_α que dans le domaine X (images de SUMM). Les principaux résultats sont montrés dans les Fig. (4) et (5). La Fig. (4) indique comment les zones d'émission des rayons X mous, c'est-à-dire les zones thermiques de l'éruption croissent dans l'intervalle de 30 secondes qui précède immédiatement le maximum de l'éruption. A partir des cartes des structures de champ magnétique dans la région active 2779 (Fig. 6) nous pouvons conclure que le front thermique s'est déplacé le long d'une boucle magnétique de 30 000 km de longueur. (Fig. 7). La vitesse de propagation mesurée à partir du déplacement du contour (correspondant à 2 coups/seconde) était 2500 km/seconde. Nous estimons à environ $\pm 20\%$ l'erreur commise dans la mesure de la vitesse.

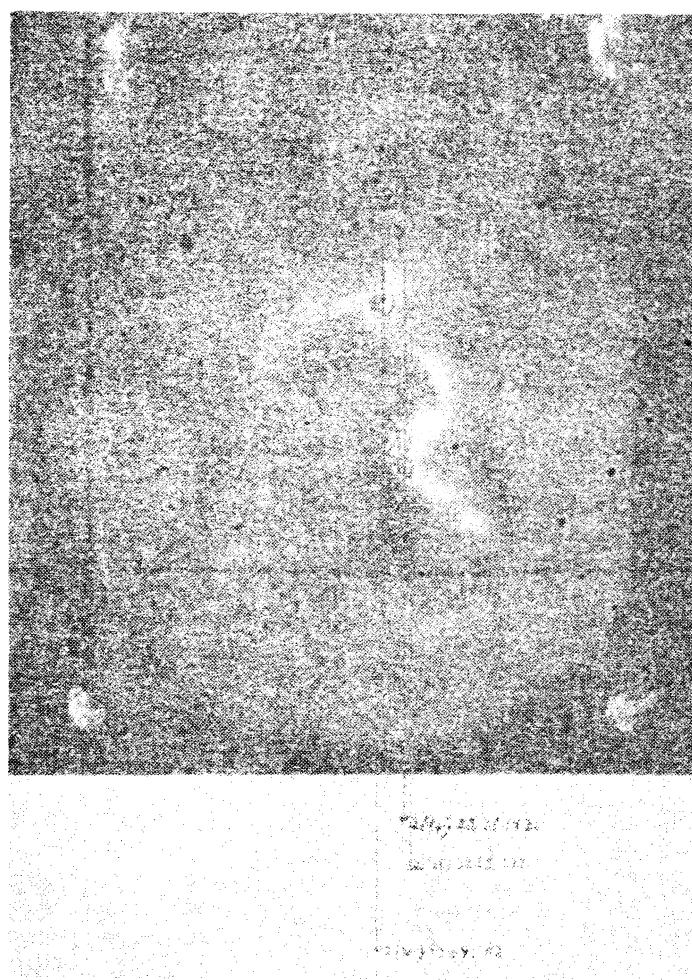


Fig. 3. Image en H_α de l'éruption du 5 nov. 1980 (22hTU). La région émissive est de forme sinueuse et fait apparaître trois régions de forte brillance: A, B et C.

Lorsque nous avons comparé les courbes de lumière des structures éruptives en H_{α} avec les courbes correspondantes dans le domaine X nous avons trouvé que la chromosphère située à l'extrémité de la boucle, le point C de la Fig. (4) n'était pas chauffé tant que l'onde thermique n'avait pas atteint ce point. La Fig. (5) montre comment les points A et B situés à l'extrémité opposée de la boucle sont devenus brillants 20-30 secondes avant le point C. La Fig. (5) montre aussi les courbes de brillance des rayons X durs et mous au point C aussi bien que les courbes de brillance des rayons X durs pour l'éruption entière.

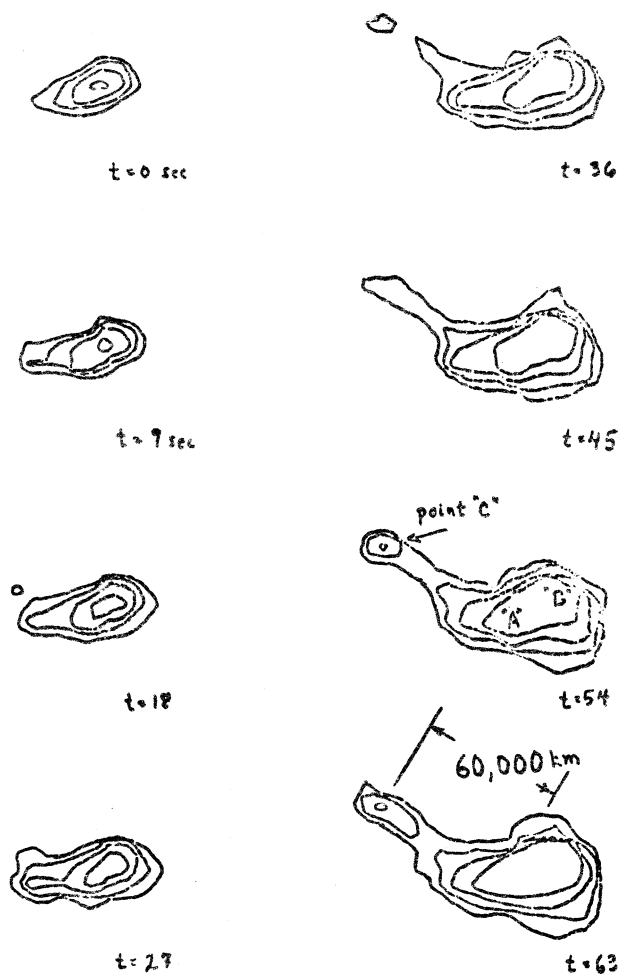


Fig. 4. Zones d'émission des rayons X mous

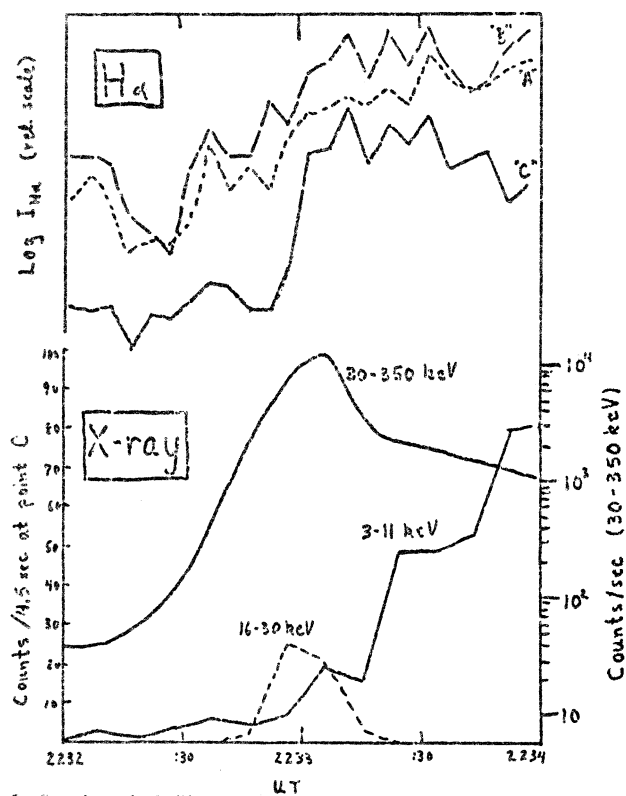


Fig. 5. Courbes de brillance en H_{α} et en rayons H – 5. novembre 1990

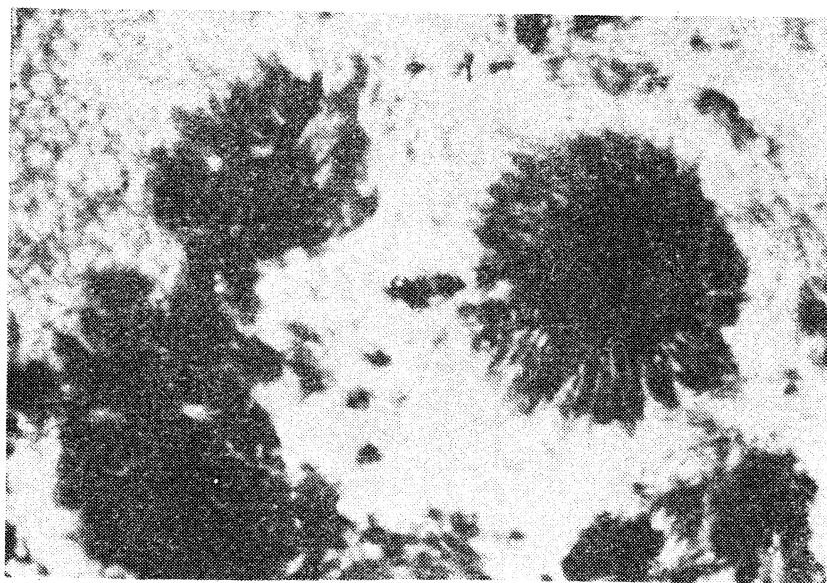


Fig. 6. Groupe de taches solaires (Tour Solaire de Meudon), 3-VI-71

A partir des données présentées dans les figures nous en concluons que, bien qu'il était nettement évident que l'émission de rayonnement X dur résultait de l'impact sur la chromosphère au point *C* d'un faisceau d'électrons, l'échauffement provoqué par ce faisceau était négligeable. Il y a un certain accroissement de l'émission H_α pendant l'interaction avec le faisceau mais seulement un accroissement mineur pour le rayonnement X mou. L'accroissement principal de l'émission en H_α et pour le rayonnement X mou survient au point *C* seulement à l'arrivée de l'onde thermique. Cette onde provient de l'autre extrémité de la boucle et puisqu'elle avait moins de 5000 km à traverser avant d'agir sur la chromosphère aux points *A* et *B*, l'émission H_α démarra en ces points presque simultanément.

Nous pensons que ces résultats montrent que la principale cause d'échauffement de la chromosphère fut la conduction thermique de la couronne. Bien qu'il y avait un sursaut intense de rayons X de 30–350 KeV dans l'éruption du 5 nov., les données H_α et X (3–11 KeV) ne sont pas compatibles avec l'interprétation non thermique (faisceau d'électrons sur une cible épaisse) du rayonnement X dur. Il semble plutôt clair que la boucle, siège de l'éruption, a été chauffée intensivement à une extrémité proche des points *A* et *B* et que, par un modèle thermique de source de rayonnement X dur (par exemple échauffement jusqu'à une énergie moyenne par particule de 10 KeV), on puisse bien mieux interpréter nos résultats Fig. (7).

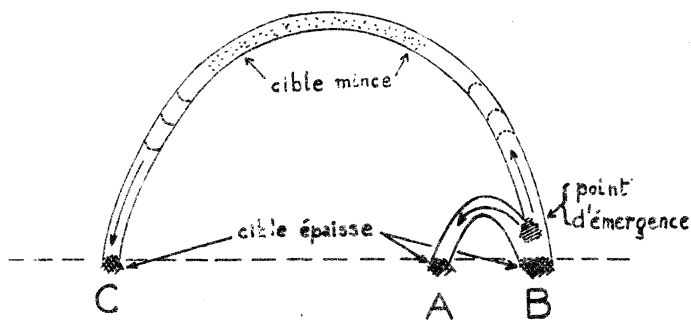


Fig. 7. Schéma de boucle magnétique

Pour compléter notre étude nous allons utiliser les profils H_α et les mesures de la surface de la région éruptive pour en déduire le taux d'échauffement chromosphérique (appelé évaporation). Nous allons comparer l'énergie nécessaire pour chauffer la chromosphère avec celle disponible dans la source thermique située au dessus des points *A* et *B*, en analysant les données de plusieurs éruptions.

LES ÉRUPTIONS EN LUMIÈRE BLANCHE

Qu'est ce qu'on appelle éruption en lumière blanche? La réponse la plus simple revient à dire qu'une éruption en lumière blanche est un phénomène qu'on peut voir en H_α et en lumière blanche, par opposition aux éruptions qu'on n'observe que dans une longueur d'onde sélective ($H_\alpha - 6563\text{\AA}$, la première raie de Balmer). La deuxième caractéristique de ces éruptions est qu'elles ont un spectre continu.

L'éruption que nous avons analysée a été observée le 26 septembre 1963 à l'Observatoire de Crimée. Elle a été enregistrée 20 fois pendant sa „vie“ qui fut environ de deux heures. Notre étude porte sur une sélection de 10 instants choisis en fonction de la qualité des données.

Effet Stark. La mesure de l'effet Stark des raies de la série Balmer de l'hydrogène permet de déterminer la variation temporelle de la densité électronique.

Nous avons utilisé les largeurs à mi-hauteur des raies de la série de Balmer de H_{10} jusqu'à H_{14} voir Fig.(8).

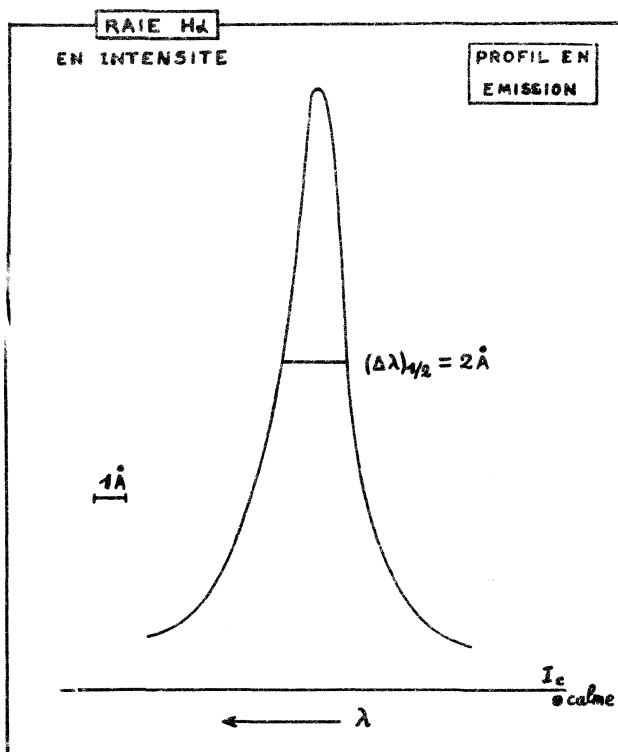


Fig. 8. H_α profil en émission

Le but de ce travail était d'étudier l'effet Stark (élargissement des raies lorsque la source est située dans un champ électrique). On constate que les largeurs des raies diminuent lorsque le nombre quantique principal n augmente jusqu'à 9, puis croissent pour n variant de 10 à 14 voir Fig. (9). Nous avons ainsi déduit une valeur de la densité électronique de l'ordre de 10^{13} électrons cm^{-3} .

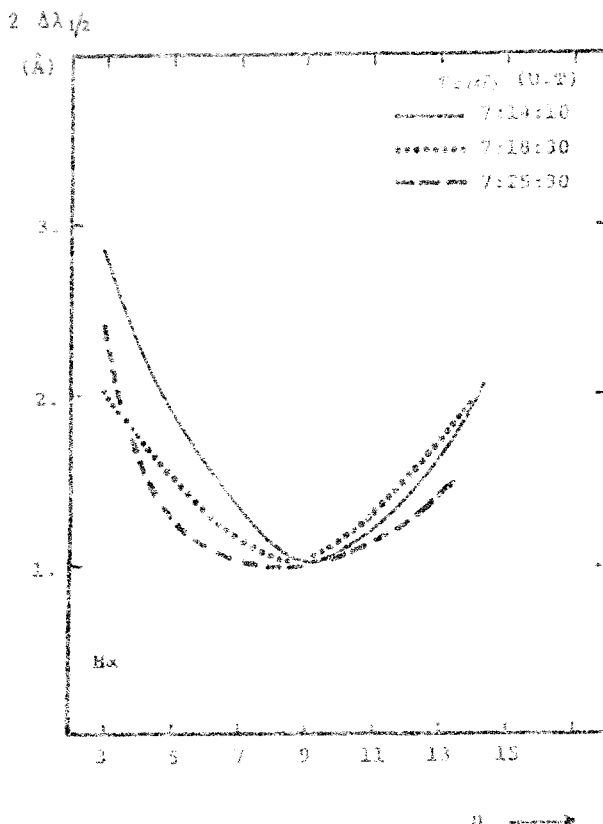


Fig. 9. Distribution des demi-largeurs totales en fonction du nombre quantique.

L'émission continue. Cette émission a été analysée à partir de la mesure photométrique du contraste $\Delta I(\lambda)/I_0(\lambda)$ dans le domaine spectral 3700 Å – 4900 Å, voir Fig. (10).

Deux mécanismes possibles ont été examinés, à savoir, les continus Paschen et H^- . Nous montrons que H^- ne peut pas être la cause de ce continu. Le lieu où le continu est émis se situe dans la chromosphère où la température atteint ou dépasse 8000 K.

Nous normalisons le rapport $\Delta I(\lambda)/I_0(\lambda)$ pour 5 spectres:

$$R(\lambda, \lambda_0) = \frac{\Delta I(\lambda)}{I_0(\lambda)} / \frac{\Delta I(\lambda_0)}{I_0(\lambda_0)}$$

où ΔI , I_0 , λ_r représentent respectivement l'excès du continu à l'endroit où se forme l'éruption, le continu du soleil calme et la longueur d'onde de référence, ici: $\lambda_r = 5000\text{\AA}$.

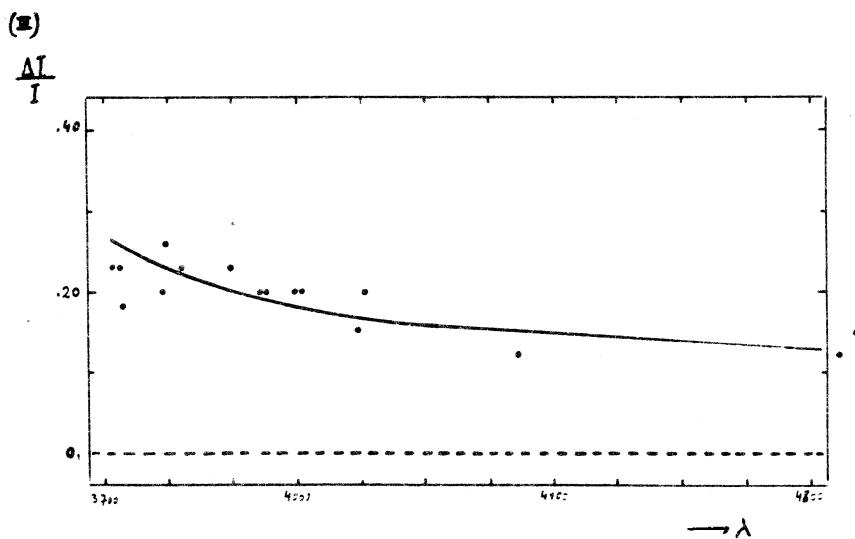


Fig. 10. Variation du contraste mesuré en fonction de la longueur d'onde

Comme déjà précisé dans l'analyse faite par Boyer et al. (1985) concernant le mécanisme capable de produire l'émission observée, nous avons utilisé un modèle à une dimension (Fig. 11), dans lequel l'émission de la lumière blanche de l'éruption provient d'une couche d'épaisseur Δz , située au dessus de la photosphère ($z = 0$, $\tau_{5000} = 1$). L'intensité totale de l'éruption est donnée par: $I_{\text{tot}} = I_l + I_r$, où I_l est l'intensité de la photosphère transmise à travers la couche éruptive que nous analysons et I_r est l'intensité propre de l'éruption. La couche est supposée isotherme, homogène et isotrope:

$$\Delta I = I_{\text{tot}} - I_0$$

A partir de ces relations, on obtient l'équation classique du contraste:

$$\frac{\Delta I(\lambda)}{I_0(\lambda)} = \left(\frac{S(\lambda)}{I_0(\lambda)} - 1 \right) \Delta \tau_\lambda$$

En utilisant cette équation, on peut construire différentes courbes théoriques et ensuite les comparer avec la courbe expérimentale.

Si on exprime ceci en fonction de $R(\lambda, \lambda_r)$ avec λ et λ_r , nous écrivons

$$R(\lambda, \lambda_r) = \frac{S(\lambda) - I_0(\lambda) I_0(\lambda_r) 1 - \exp[-\Delta\tau(\lambda)]}{S(\lambda_r) - I_0(\lambda_r) I_0(\lambda) 1 - \exp[-\Delta\tau(\lambda_r)]}$$

où la fonction Source s'écrit

$$S(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \left\{ b_n \exp \left[-\frac{hc}{k\lambda T} - 1 \right] \right\}^{-1} \approx \frac{B_\lambda(T)}{b_n}$$

où $B_\lambda(T)$ est la fonction de Plank et b_n le coefficient d'écart à l'E.T.L. Pour l'émission H^- nous avons $b(H^-)$ et pour l'émission Paschen $b_3 = \frac{n_3}{n_3^*}$, où n^* représente la population du niveau lorsqu'il y a E.T.L.

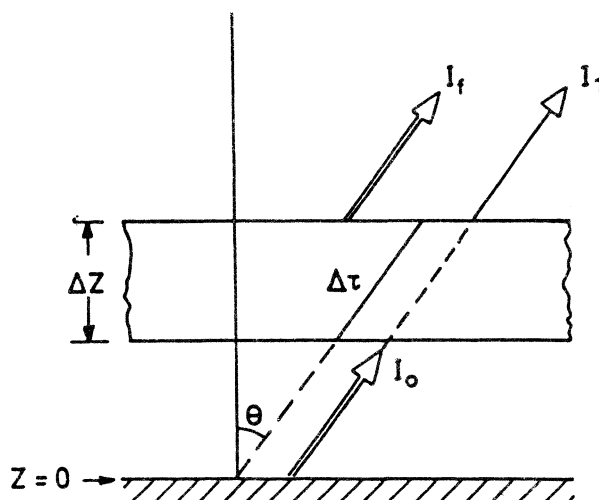


Fig. 11. Schéma du modèle d'éruption utilisé

Emission continue de H^- . Tout d'abord considérons le cas d'une émission H^- dans un milieu optiquement mince. Pour ce faire, utilisant une méthode itérative, nous avons construit plusieurs courbes théoriques pour les températures de: 6000, 7000, 8000, 9000 et 10 000 K.

Par comparaison avec les courbes empiriques, seule la courbe $T = 10000$ K semble convenir. Or, à cette température, la densité de H^- est très petite, nous en concluons que le continu n'a pas été formé par l'ion H^- . Bien que la courbe $T = 10\,000$ K soit similaire aux courbes observées, l'accord est purement fortuit.

Continu Paschen. Nous avons aussi analysé la possibilité d'une émission continue Paschen. Comme dans le cas de l'émission H^- , nous avons utilisé la

méthode itérative. Les premiers résultats ont été obtenus pour les températures de 7000 à 14 000 K en supposant l'E.T.L. ($b_3 = 1$). Aucune de ces courbes ne ressemble aux courbes expérimentales. Nous avons établi d'autres courbes théoriques en tenant compte de l'écart à l'E.T.L. et on constate que ces courbes sont en accord avec les courbes théoriques. Nous en avons conclu que le mécanisme responsable de ce continu est l'émission Paschen.

Ceci ne nous surprend pas parce que c'est cohérent avec ce que nous connaissions des profils de nos raies Balmer. Dans notre cas il est question de raies avec des profils larges. Selon Svestka (1965), lorsque les raies de la série Balmer sont étroites, l'origine du continu est l'ion H^+ , et lorsqu'elles sont larges, le continu a pour origine la recombinaison sur le niveau Paschen.

NEUTRINOS SOLAIRES

Les neutrinos solaires sont produits dans le centre du Soleil d'où ils nous parviennent en une peu plus de 8 minutes à la vitesse de la lumière. Il peuvent nous informer „en temps réel” de ce qui se passe dans le Soleil.

Jusqu'à présent le mystère entourant les neutrinos n'est pas dissipé. Le détecteur de Davis n'a enregistré que 30% du nombre de neutrinos prévu par la théorie: l'expérience japonaise (Kamioka) a permis d'en compter 40% et, tout récemment, le laboratoire du „Grand Sasso” (Italie) 60%, grâce à son détecteur de Gallium. Alors que faire? On attend beaucoup du gisement de Loran-dite de la mine d'Alchar en Macédoine, qui renferme le seul détecteur naturel connu (le Thallium) ayant pour propriété d'être sensible aux neutrinos de basse énergie. Cette mine, par ailleurs, ne contient ni uranium, ni bismuth, éléments dont la désintégration produirait aussi Pb^{205} (comme le fait le Thallium). On évite ainsi une complication au niveau de l'interprétation des mesures.

APPENDICE

Raies moléculaires calculées à partir du modèle de taches solaires d'Henoux. Afin de vérifier l'identification des raies et de tester le modèle nous avons calculé les largeurs équivalentes des raies dont les profils sont autant que possible non mélangés avec ceux d'autres raies.

Sur la base d'un programme élaboré pour calculer les profils des raies atomiques, nous avons effectué les modifications nécessaires pour traiter les raies moléculaires incluant les étapes suivantes:

- 1) Calcul du coefficient d'absorption continu K_c ,
- 2) Calcul du coefficient d'absorption sélective K_v .

Le coefficient par unité de volume est:

$$K_v = \frac{1}{\Delta\lambda_D} \exp \left[- \left(\frac{\lambda - \lambda_0}{\Delta\lambda_D} \right)^2 \right] \frac{\lambda^2 \sqrt{H} c^2}{m c^2} f_0$$

$$\cdot g_{v''} \frac{S_{J'J''}}{2J'' + 1} N_{inf.}$$

Où

$q_{v'v''}$ = facteur de Frank Condon.

F_e = force d'oscillateur électronique.

$S_{JJ'}$ = facteur de Hönl-London (force de raie) tel que donné par Schadee (1967) et par Kovács (1966) pour TiO.

$$\sum_{S''} \sum_{J''} S_J = (2S + 1) (2J' + 1).$$

N_{int} est le nombre de molécules au niveau de départ de la transition.

Si N_{tot} est le nombre total de molécules on a:

$$\frac{N_{int}}{N_{tot}} = \frac{(2 - \delta_{0,1}) (2J + 1)}{Q_{int}} \cdot \exp \left[-\frac{hc}{KT} \{T_e + G(v) + F(J)\} \right]$$

Cette formule est valable pour les cas a) et b) de Hund. Seule l'expression de Q_{int} change d'un cas à l'autre.

Pour évaluer N_{tot} on considère l'équilibre $A + B \leftrightarrow AB$. A l'équilibre thermique $\frac{p(A)p(B)}{p(AB)} = K_{AB}$. D'autre part:

$$K_p(T) = \frac{Q(A) \cdot Q(B)}{Q(AB)} \exp \left[-\frac{D_0}{KT} \right]$$

$Q(A)$ = fonction de partition de l'atome (A).

$Q(B)$ = fonction de partition de l'atome (B).

$Q(AB)$ = fonction de partition de la molécule (AB).

$Q(AB) = Q_{cin} \cdot Q_{pot} \cdot Q_{int}$; où

$$Q_{kin} \cdot Q_{pot} = \left(\frac{2\pi m K T}{h^2} \right)^{3/2}$$

par unite de volume, Q_{int} = fonction de partition interne; Tsuji (1965). $Q_{int} = Q_{int}^* Q_{sym}$.

Pour les molécules hétéronucléaires $Q_{sym} = 1$, tandis que pour les molécules homonucléaires $Q_{sym} = 0.5$. Nous pouvons écrire:

$$\begin{aligned}
 N_{\text{tot}} &= n(\Lambda B) = p(\Lambda B)/K T = \frac{p(\Lambda) \cdot p(B)}{K T \cdot p_K(\Lambda B)} \\
 &= p(\Lambda) p(B) \left(\frac{2\pi\mu}{h^2} \right) K T^{1/2} \frac{Q_{\text{int}}^*(\Lambda B)}{Q_{\text{int}}(\Lambda) \cdot Q_{\text{int}}(B)} \\
 &\quad \cdot \exp \left[-\frac{D_0}{K T} \right]
 \end{aligned}$$

où μ = masse réduite de la molécule. Il en résulte pour le coefficient d'absorption sélective:

$$\begin{aligned}
 K_\nu &= \frac{1}{\Delta \lambda_D} \exp \left[-\left(\frac{\lambda - \lambda_0}{\Delta \lambda_D} \right)^2 \right] \\
 &\cdot \frac{2\pi^{3/2} \lambda^2 \pi^2 c^2 (2 K T)^{1/2}}{m h^3 c^3} f_e g_{v'v''} S_{J'J''} (2 - \delta_{0,1}) \\
 &\cdot \exp \left[-\frac{hc}{K T} \{T_e + G(v) + F(J)\} \right] \\
 &\cdot \frac{Q_{\text{sum}} p(\Lambda) p(B)}{Q_{\text{int}}(\Lambda) Q_{\text{int}}(B)} \exp \left[-\frac{D_0}{K T} \right].
 \end{aligned}$$

Pour calculer K_ν , il faut connaître les pressions partielles des atomes A et B : $p(A)$ et $p(B)$.

3) Détermination des pressions partielles.

Les atomes A et B dont il est question appartiennent aux éléments H, C, N, O, Mg et Ti. Le système d'équations reliant les pressions partielles aux pressions fictives des éléments est bien connu depuis Russel (1934). Nous avons procédé en deux étapes:

a) Calcul des pressions partielles des éléments les plus abondants H, C, N et O, en négligeant l'influence de leur composés métalliques, ce qui est justifié par la faible abondance relative des métaux. Nous avons tenu compte de la combinaison de ces éléments en molécules: H_2 , N_2 , O_2 , C_2 , NH, CH, CN, CO, NO.

b) Pressions partielles des métaux: Dans cette étape les abondances de Mg et Ti ont été calculées en tenant compte des ions et des molécules: Ti, Ti^+ , TiO, TiO_2 , Mg, Mg^+ , MgO, MgH.

4) Calcul des profondeurs optiques.

Elles ont été obtenues par les formules polynômiales de Cayrel (1958). La profondeur optique dans une raie a été calculée à partir du coefficient $K = K_\nu + K_c$ relatif à un noyau d'hydrogène.

5) Calcul des intensités et des largeurs équivalentes.

Le flux de rayonnement a été calculé dans le continu et dans les raies, en supposant réalisé l'équilibre thermodynamique local. Les intensités sortantes ont été obtenues par la méthode de Cayrel (1960). Pour les largeurs équivalentes nous avons considéré des profils de raies symétriques.

REFERENCES

- Allen, C. W., 1955: *Astrophysical Quantities*, University of London, the Athlone Press.
- Boyer R., Machado M. E., Rust D. M., and Sotirovski P., 1985: *Solar Phys.* 98, 255.
- Gaydon, A. B., 1968: *Dissociation Energies and spectra of Diatomic Molecules*, Chapman and Hall, London, 239.
- Hénoux, J. S., 1969: *Astr. Astrophys.* 2, 288.
- Herzberg, G., 1950: *Spectra of Diatomic Molecules*, D. Van Nostrand Company, Inc. New-York.
- Kovács, 1966: *Ap. J.* 145, 634.
- Russell, H. N., 1934: *Ap. J.* 79, 317.
- Schadee, A., 1964: *B.A.N.* 17, 311.
- Schadee, A., 1967: *J. Q. S. R. T.* 7, 169.
- Svestka Z., 1965: *Adv. Astron. Astrophys.* 3, 119.
- Vardya, M. S., 1964: *Ap. J. Suppl. Series* 8, № 80, 277.

СПЕКТРАЛНА АНАЛИЗА НА СОНЧЕВИТЕ
ДАМКИ И ЕРУПЦИИ

(Резиме)

Спектралната анализа ни овозможи да го проучуваме спектарот на молекули на 3 сончеви дамки, со цел да ги идентификуваме молекуларните линии, присутни во спектралниот домен 4900 – 6450 Å (ангстрем) користејќи ја таканаречената метода на совпаѓање. Поради тоа што бројот на линии по Å е голем, оваа метода може да даде и погрешни резултати и затоа беше потребно да проследиме различни контроли базирани било на интензитетот на линиите било на интензитетот на врпцата. На овој начин анализиравме 14 молекули.

Вториот дел на нашата студија се однесува на спектрална анализа на Сончевите ерупции.

Сончевите ерупции беа откриени во септември 1859 г. во Англија од двајца астрономи аматери, Роланд С. Карингтон и Р. Ходгрон, независно еден од друг. Во 1958 г. астрофизичарите открија дека ерупциите се појавуваат по должина на линиите на инверзија на магнетно поле, односно помеѓу две дамки со спротивен поларитет.

ПРИСТАПНИ ПРЕДАВАЊА, ПРИЛОЗИ И БИБЛИОГРАФИЈА
НА НОВИТЕ ЧЛЕНОВИ НА МАНУ

Кн. XI

Издавач:

Македонска академија на науките и уметностите – Скопје

*

Автор на библиографиите:

Лиљана Ристевска

*

Јазична редакција:

Маргарет Рид (англиски)

*

Техничко уредување:

Алена Георгиевска

*

Коректура:

Виолета Јовановска

*

Печат:

„Напредок“ – Тетово

*

Тираж:

400 примероци

Книгата е предадена во печат во април 1992 година.

Печатењето е завршено во мај 1993 година