
ԵՐԵՎԱՆԻ
ՊԵՏԱԿԱՆ
ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ



ЕРЕВАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

1.2004

ԵՐԵՎԱՆ ◆ ЕРЕВАН

ISSN 0132-0173

Հրատարակում է 1925 թ.-ից (1967 թ.-ից՝ պարբերաբար):

Издается с 1925 г. (с 1967 г.— периодически).

ԽՄԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ռ.Ս. (գլխ. խմբագիր), ՊԵՏՐՈՂՅԱՆ Ս.Գ. (գլխ. խմբագրի տեղակալ),
ԸԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Թ. (պատքարուողար)

ԲՈՅԱԿԻԳՅԱՆ Վ.Ռ., ԴԱՎԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Հ.Գ.,
ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ Լ.Լ., ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ Ը.Ա., ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ Ռ.Մ., ԾՈՒՔՈՒՐՅԱՆ Ս.Կ.,
ՉՈՒԹԱՐՅԱՆ Ե.Վ., ՍԱՐԳՍՅԱՆ Հ.Հ., ՍԱՐԳՍՅԱՆ Ս.Վ.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ԱՐԱԴՅՈՆՅԱՆ Բ.Մ. (глав. редактор), ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Ս.Գ. (зам. глав. редактора),
ՇԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Թ. (отв. секретарь)

ԲՈՅԱԿԻԳՅԱՆ Վ.Ր., ԴԱՎԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ՄԱՐԿԱՐՅԱՆ Ռ.Ա., ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ Բ.Մ.,
ՕՍԻՊՅԱՆ Լ.Լ., ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Օ.Ա., ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Ս.Վ., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ա.Գ.,
ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՉՈՒԹԱՐՅԱՆ Ե.Վ., ՇՈԿՈՐՅԱՆ Հ.Կ.

Издательство Ереванского университета
© "Ученые записки" ЕГУ, естественные науки. 2004

Подписано к печати 28.12.2003 г.

Формат 70×100 1/16. 10 печ. л. = 14 усл. п. л. Заказ 1. Тираж 150.
Регистрационный номер 258

Издательство Ереванского госуниверситета. Ереван, Ал. Манукяна, 1.
Цех Ротапринт Ереванского госуниверситета, Ереван, Ал. Манукяна, 1.

**ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՍՏԱՏԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ՍԿՐԻՊՏՈՒՄ**

Բնական գիտություններ

1 (203), 2004

Естественные науки

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ԱԿՆԱՐԿԱՅԻՆ ՀՈԴՎԱԾՆԵՐ

Ա.Ա. Ավանեսյան, Հ.Հ. Սարգսյան, Մ.Ա. Ավանեսյան – Հայաստանի ուժեղ երկրաշարժերի օջախային զոնաների երկրաբանական կառուցվածքը (II)	3
--	---

ՍԱՑԽԱՏԻԿԱ

Ա.Կ. Թասլարյան – Լեծանմղի քվազիբազմանդամների լրիվ վարդացիայի գնահատական	18
Ա.Հ. Պետրոսյան, Ի.Գ. Խաչատրյան – Անվերջությունում որոշակի վարք ունեցող գործակիցներով ինքնահամալրուծ դիֆերենցիալ օպերատորի լաւ սեփական ֆունկիաների վերլուծության մասին	22
Տ.Ա. Գրիգորյան – Զուգամիտության արագության մասին G G 1 ա մոդելում	28
Ս.Ա. Շավիրյան – Երկտեղ թնրմեր և կիսաթնրմեր	34

ՖԻԶԻԿԱ

Դ.Մ. Սեղրակյան, Ա.Ժ. Խաչատրյան, Ն.Մ. Խսափրյան, Յու.Ն. Հայրապետյան – Թեր ընկնող հարք էլեկտրանագնիսական ալիքի անցումը և անդրադարձումը իդեալական կառուցվածքի համար	43
---	----

ՔԻՄԻԱ

Լ.Ա. Գաբրիելյան – Լիքիդումի պերֆլորատի և նիտրատի տատանողական սպեկտրների <i>Ab initio</i> հետազոտություններ	51
Մ.Գ. Գևորգյան – Նախօրոք տետրաֆենիլիդրազինով հազեցած տարրեր բնույթի ՍՍՆ-երի միցեների ազդեցությունը դիֆենիլամին+կալիումի պերսուլֆատ ունակցիայի կինետիկայի և մեխանիզմի վրա	59
Դ.Ա. Գայրակյան, Յասին Մալա, Հ.Գ. Խաչատրյան – Տարրերի իննափոխանակային նրբաշերտ քրոմատոգրաֆիա: 2. Re (VII), Mo (VI), V (V) և W (VI) ինների կոմպլեքսագոյացման ուսումնասիրումը օրգանական քրոների լուծույթներում	65
Ը.Ա. Գյուղնազարյան – Պերունատ-ինների ամագերաչափական տիտրումը մերիլային մանուշակագույն և բյուրեղային մանուշակագույն հիմնային օրգանական ներկանելութերով	71
Ա.Ա. Ավետիսյան, Գ.Գ. Թոքմաջյան, Լ.Վ. Կարապետյան – Տետրազոյի օղակ պարունակող չհազեցած γ-լակտոնների նոր ածանցյալների սինթեզը	76

ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա.Ռ. Փենսյան, Ա.Պ. Անտոնյան, Հ.Ռ. Վարդապետյան – Հիպերիցինի մաքրված նմուշների և ԴՆԹ-ի փոխազդեցության ուսումնասիրությունը	80
Զ.Մ. ճավթյան, Լ.Ս. Գարբիելյան – Բարձր ջերմաստիճանների հետազդեցությունը բլրդելայի ֆոտոհամակարգ 2-ի բլրդիկի ռ-ի ֆլուորեսցենցիայի դանդաղ ինդուկցիայի պարամետրերի վրա Հ.Գ. Նավթյան – Poly[d(A-T)]-poly[d(A-T)] սինթետիկ հոմոպոլինուկլեոտիդի հետ էթիդումբրումիդի փոխազդեցությունը	86
Ն.Ա. Հովհաննիսյան, Մ.Բ. Չիրչյան, Ըե Յու Չին, Գ.Գ. Օգանեզովա, Մ.Ա. Սելյումյան, Հ.Յու. Սահակյան – <i>Brevibacterium lactofermentum</i> -ի <i>ppc</i> և <i>dapA</i> գենների դրզայի ավելացման ազդեցությունը լիզինի արտադրման վրա	94
Վ.Հ. Գրիգորյան, Ա.Յու. Ստեփանյան, Ա.Ն. Առաքելյան, Հ.Ռ. Աղարարյան – Սրտի ոիքմի փոփոխականության ուսումնասիրությունը լաբրինթրոսային տիպի խնդիրների կատարման ժամանակ	105
Ս.Գ. Նանազյուլյան, Ա.Լ. Միրունյան, Ա.Ա. Ամիրյան – Հայաստանի միկրոբիոտայի համար նոր ագրիկուլտուրայի և գաստրոնոմի սնկերի տեսակներ	111

ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Հ.Պ. Գույումջյան – Բարգուշատի լեռնաշղթայի գրանիտոֆիդային ինտրուզիվների կոնտակտների գրանիտացված և բազիֆիլկացված ապարների պետրոգրաֆիան (Սյունիքի մարզ, Հայաստան)	117
Մ.Ա. Ավանեսյան – Եղվարդի սարահարթի երիտասարդ խզումնային խախտումների բնույթի մասին	128

ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ

Ծ.Ս. Զաքարյան, Հ.Հ. Դարբինյան, Գ.Ն. Շապոշնիկովա, Հ.Գ. Խաչատրյան – Թելուր (IV)-ի ամֆերաչափական որոշումը N,N'-դիֆենիլ- և N,N'-դիֆենիլբին-միզանյութերով	137
Ա.Մ. Հովհաննիսյան – Հայաստանում բրոնիկ միելոիդ լիյեզով հիվանդների քջացգեննետիկական հետազոտությունը	141
Լ.Հ. Նավասարդյան – <i>C. guilliermondii</i> BKM Y-42 խորասնկերի ջրալուս սպիտակոցների կենսասինթեզը	145
Գ.Ա. Ասատրյան, Ա.Պ. Արազյան, Կ.Վ. Գրիգորյան – Ծանր մետաղների և օրգանական պարարտանյութերի ազդեցությունը գարնանացան զարու և եզիպտացորենի բերքատվության վրա	148

ԳԻՏԱԿԱՆ ԿՅԱՆՔ

Կոնֆերանս՝ Սիմնետրիայի մերուները ֆիզիկայում	151
Բարձր էներգիաների ֆիզիկայի դպրոց	153
Միջազգային մաթեմատիկական գիտաժողով Ծաղկաձորում	155

Геология

УДК 550.343.4

А. С. АВАНЕСЯН, О. А. САРКИСЯН, М. А. АВАНЕСЯН

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОЧАГОВЫХ ЗОН СИЛЬНЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРМЕНИИ (II)

Приводятся результаты изучения геологического строения очаговых зон сильных землетрясений, имевших место в центральной и южной частях территории Республики Армения в доисторические и исторические времена, а также в недалеком прошлом. Выделен ряд закономерностей геологического строения очаговых зон сильных землетрясений Армении.

За время, прошедшее после публикации первого сообщения [1], в научной литературе, а также в результате наших исследований появились новые данные, которые потребовали внести соответствующие коррективы как в геологическую характеристику очаговых зон, так и относительно достоверности того или иного сейсмического события.

Двинская очаговая зона. По данным некоторых авторов [2] в указанной очаговой зоне с 851 по 893 г. произошло 4 землетрясения с магнитудой $5,0 < M < 5,5$. В последние годы рядом исследователей была произведена переоценка как силы этих землетрясений, так и их количества. В настоящее время принято считать, что в данной очаговой зоне в IX веке произошло два сейсмических события – 863 г. ($M=6,0$) и 893 г. ($M=6,5$) [3, 4].

По своему строению очаговая зона разделяется на две части (рис. 1). ЮЗ часть представляет собой погребенный прогиб (Арташатский прогиб) и попадает в пределы Среднеараксинской межгорной впадины. Прогиб выполнен комплексом верхнеолигоцен-плиоценовых моласс, гипсо-соленосных, песчано-глинистых отложений и четвертичных озерно-речных и аллювиально-пролювиальных образований. Мощность данного комплекса колеблется от 250 до 3500 м, он резко, несогласно перекрывает различные горизонты более древних отложений от нижнего олигоцена до палеозоя включительно. Резкие колебания мощностей чехла обусловлены тем, что ЮЗ часть очаговой зоны, как и вся Среднеараксинская впадина, имеет гетерогенное строение и состоит из ряда (большей частью погребенных) горстов и грабенов. В некоторых из поднятий палеозойское основание выходит на поверхность (Хор-Вирап, Сарипап).

СВ часть характеризуется расчлененным низкогорным рельефом, сложена вулканогенно-осадочными, карбонатными и флишоидными отложениями верхнего мела, палеогена. Они смяты в различные складки субширотного и СВ простириания и прорваны неогеновыми дайками и экструзивными телами трахидацитов, дакитов и андезитов.

В строении Двинской очаговой зоны следует отметить наличие пород оphiолитового комплекса, которые в основном погребены и были вскрыты рядом буровых скважин (Чатма-1, Карабахляр (Веди), Аарат-1) на глубинах от 500 до 1000м. Офиолиты в очаговой зоне обнажаются узкой полосой у п. Веди в ядре Еракской антиклинальной складки. Здесь они представлены небольшими выходами серпентинитов, различных вулканитов основного состава с линзами яшм, радиоляритов и микритовых известняков. Вдоль выходов серпентинитов трассируется зона субширотного разрыва. Фундаментом пород оphiолитового комплекса, вероятно, служат отложения верхнего палеозоя (пермь), местами – докембрийского кристаллического основания.

Характерной особенностью Двинской очаговой зоны является участие в ее строении погребенных (непроявленных) или слабопроявленных на поверхности разломов СЗ и близширотного простириания. К первым относится ЮВ продолжение Ереванского глубинного разлома, ко вторым – восточное продолжение Кагызман-Вединского разлома. В пределах очаговой зоны эти структуры выделяются по геолого-геофизическим данным, на отдельных участках – по фрагментам их выходов на поверхность, по минеральным источникам, а также по полям четвертичных травертинов.

Ереванский и Араксинский (фрагмент Кагызман-Вединского разлома) разломы причисляются к разряду активных структур [5, 6].

Другим активным разломом является поперечный Азат-Севанский левосторонний взбросо-сдвиг СВ простириания, который своим ЮЗ продолжением трассируется в пределах эпицентральной зоны. Вдоль описываемого разлома, по данным GPS наблюдений, выделяется зона высоких градиентов горизонтальных движений со скоростью относительного левостороннего горизонтального смещения 1,7м/год [7, 8].

По этим разломам кровля кристаллического фундамента испытывает значительное смещение (рис. 1), предопределив тем самым блоково-ступенчатую структуру очаговой зоны [9].

Эпицентральная область Двинских землетрясений 863, 893 г.г. попадает в пределы структуры (блока), имеющей в плане треугольную форму и образованной Ереванским и Азат-Севанским активными разломами, а также восточным, вероятно, активным фрагментом Кагызман-Вединского разлома. В региональном плане она приурочена к окраине одного из крупных тектонически активных блоков на территории Армении (Вединский блок-антиклиниорий).

Очаговая зона Вайоцдзорского (Еллинского) землетрясения 90.6г. ($M=6,5$) делится на три самостоятельные подзоны (блока): Юго-западную, Центральную и Северо-восточную, различающиеся по характеру геолого-структурных особенностей и комплексу слагающих образований (рис. 2, а).

ЮЗ подзона (блок) представляет собой южное крыло крупной антиклиниорной структуры (Урц-Вайоцдзорский антиклиниорий), которая

достаточно полого ($20\text{--}30^\circ$) погружается на юг под орогенный комплекс Нахичеванской впадины.

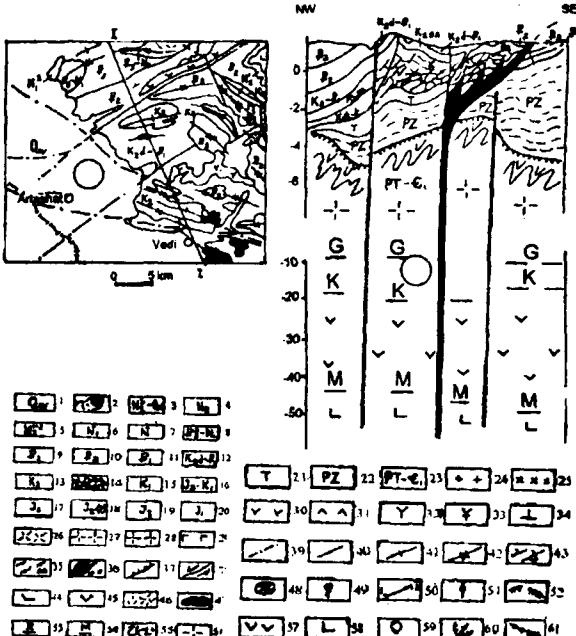


Рис. 1. Схематическая геологическая карта и глубинный геолого-геофизический профиль Двинской очаговой зоны.

Условные обозначения к рисункам 1–5.

- Современные аллювиальные, дельвиальные, пролювиальные отложения.
- Современные (голоцен) лавы.
- Плиоцен – плейстоцен: долериты, андезиты, дациты, туфы, туфолавы, озерно-речные, флюогляниальные отложения.
- Плиоцен: вулканические образования.
- Нижний, средний плиоцен: вулканогенно-обломочные образования.
- Миоцен: песчано-глинистые, гипосоленосные отложения.
- Неоген (нерасчлененный): вулканогенно-осадочные отложения.
- Верхний олигоцен – нижний миоцен: андезиты, андезито-дациты, их туфы, туфобрекции; молассовые отложения: конгломераты, их пирокласты.
- Эоцен: вулканогенно-осадочные образования.
- Олигоцен: андезиты, андезито-дациты, их туфы, туфобрекции.
- Палеоцен: глины, песчаники, алевролиты с олистолитами в олистостромах Хуступ-Гиратахской зоны.
- Верхний мел (даний-палеоцен): терригенно-карбонатный флиш.
- Верхний мел: известняки, мергели, конгломераты, песчаники, олистостромы с олистолитами баремских известняков, сеноман-туронских пород офиолитового комплекса, кристаллических сланцев.
- Верхний мел (турон-нижний коньяк): тектонический и цветной меланж.
- Нижний мел: глинистые сланцы, известняки, мергели, песчаники, вулканиты.
- Верхняя юра – нижний мел: известняки, сланцы, дациты, трахидациты, трахиты.
- Верхняя юра: вулканогенно-карбонатная формация.
- Средняя юра (апаранская свита): толеиты, базальты, аспидные сланцы, диабазы, андезитовые порфиры, туфопесчаники.
- Средняя юра: андезиты, андезито-дациты, кератофиры, кварцевые порфиры, туфы, туфобрекции, туфопесчаники.
- Нижняя юра: глинистые сланцы, аркозовые песчаники, конгломераты, углистые сланцы.
- Триас: известняки, мергели, песчаники, аргиллиты с пластами угля.
- Палеозой (девон-пермь): известняки, кварцевые песчаники, глинистые сланцы, битуминозные известняки.
- Верхний протерозой-нижний кембрий: гнейсы, филлиты, амфиболиты, кварц-гранат-слюдянные сланцы.
- Граниты, гранито-гнейсы.
- Диориты, гранодиориты, сиениты.
- Монцониты, нефелиновые сиениты, сиениты.
- Порфировидные граниты, гранит-порфиры, плагиограниты.
- Габбро, габбро-диориты.
- Базальты.
- Андезиты.
- Дациты.
- Трахиты, трахидациты.
- Риолиты.
- Кристаллические сланцы, амфиболиты.
- Протрузии гипербазитов, серпентинитов, габбро, офиолитокласты.
- Активные разломы:

 - Надвиги, взбросы.
 - Сдвиги.
 - Скрытые (погребенные) разломы.
 - Прочие разломы.
 - Оси антиклиналей.
 - Оси синклиналей.
 - Залегание слоев: а) нормальное; б) опрокинутое.
 - Молодые вулканогенные образования.
 - Лавы андезитов.
 - Вулканогенно-обломочные образования.
 - Травертины.
 - Молодые вулканические аппараты.
 - Термальные источники.
 - Линии разрезов.
 - Местоположение скважин.
 - Условная граница кристаллического фундамента.
 - Условная граница базальтового слоя.
 - Условная граница верхней мантии.
 - Кристаллический фундамент.
 - Гранитный слой.
 - Базальтовый слой.
 - Верхняя мантия.
 - Эпицентры и гипоцентры землетрясений.
 - Сейсмогенные оползни.
 - Сейсмогенные разрывы.

ЮЗ подзона сложена мощной толщей (≈ 4 км) терригенно-карбонатных отложений среднего-верхнего палеозоя (D-P) и местами триаса. На юге на них резко трансгрессивно и с угловым несогласием налагаются молассовые и песчано-глинистые отложения верхнего олигоцена-миоцена и современные образования, заполняющие Нахичеванскую впадину. В пределах последней отмечаются горстообразные поднятия палеозойского основания (Велидагский выступ). Палеозойские отложения смяты в пологие (не более 30°) брахиформные складки в основном близмеридионального и СВ простирания.

Центральная подзона имеет ширину около 10 км и выделяется своим интенсивно складчатым, чешуйчатым строением. Слагающие эту подзону осадочные отложения палеозоя, верхнего мела и эоцена сильно дислоцированы в крутие, линейные, изоклинальные складки СЗ и близмеридионального простирания. Падение крыльев складок – $50\text{--}70^\circ$, отмечаются и вертикальные, и опрокинутые залегания. Лишь туфогенные образования верхнего миоцена, несогласно перекрывающие более древние горизонты, дислоцированы очень слабо.

Слагающие Центральную подзону (блок) образования секутся серией субпараллельных и ветвящихся крутих ($80\text{--}90^\circ$) взбросов, взбросо-надвигов, сбросов и сбросо-сдвигов, объединяемых в зону Ереван-Ордубадского глубинного разлома. К юго-востоку от с. Елгин плоскости разломов простираются преимущественно в СЗ-ЮВ направлении ($330\text{--}150^\circ$), а к западу – они веерообразно расходятся, и часть из них приобретает близширотные и З-СЗ ($285\text{--}290^\circ$) направления.

Разломы морфологически хорошо выражены в рельефе и сопровождаются почти всеми характерными признаками (уступы, приразломные складки, зоны обខренности, выходы родников, оползни и пр.). Из этих разломов на СВ подзоны следует выделить краевой Гарни-Елгинский активный разлом, который на данном отрезке представляет собой правый сбросо-сдвиг со средней скоростью горизонтального смещения 2 мм/год и вертикальной скоростью 0,2 мм/год за время позднеплейстоцен-голоцен [10]. Падение разлома крутое ($80\text{--}90^\circ$). В пределах этой структуры в районе с. Елгин и Арени выделяются сейсмогенные разрывы и другие сейсмотектонические образования [5, 10]. По данным бурения, в рассмотренной подзоне в конгломератах верхнего мела (конъяка) обнаружены обломки габбро, диабазов, яшм, радиоляритов (офиолитокласты), свидетельствующие о близости офиолитового шва [11], возможно, в погребенном положении. По существу, Центральная подзона скорее всего представляет собой краевую часть крупной, в основном погребенной шовной зоны.

СВ подзона (блок) имеет относительно простое синклиниорное строение (Ехегнадзорский синклиниорий). В осевой части этой структуры развиты вулканогенные образования (пемзовые пески, туфы, туфобрекции, трахиандезиты, трахилипараты и пр.) верхнего миоцена–нижнего плиоцена. Они с угловым несогласием залегают на разных горизонтах олигоцена эоцен и верхнего мела. В поле развития миоцен-плиоценовых вулканитов отмечаются многочисленные экструзивные тела

трахиандезитов, трахиандезит-дацитов, санидиновых трахиандезитов. Отложения эоцена и верхнего мела представлены вулканогенно-осадочными, терригенно-известняковыми фациями и обнажаются на крыльях структуры. Основанием служат терригенно-карбонатные и углисто-глинистые отложения палеозоя-триаса. Отличительной особенностью СВ подзоны является поперечная асимметричность ее внутренней структуры и распределения фаций и формаций. На юге падение слоев пологое ($10-20^\circ$), на севере они дислоцированы более интенсивно ($30-40^\circ$). Кристаллический фундамент в осевой части подзоны находится в наиболее опущенном положении – 3 км, а в краевых частях, в особенности северной, резко приподнят (рис. 2, а).

Макросейсмический эпицентр землетрясения 906 г. находится в пределах Центральной подзоны рассматриваемой очаговой зоны. По некоторым исследователям [5, 10], он расположен между с. Елпин и Ареши – краевыми точками участка максимального развития сейсмогенных дислокаций. По другим авторам [4], которые учили наибольшие макросейсмические воздействия на исторические памятники и сооружения,

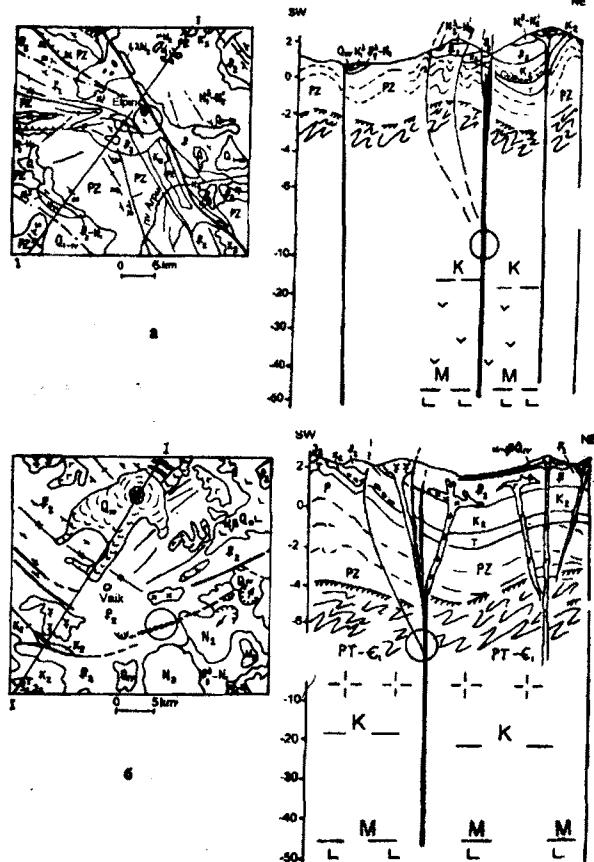


Рис. 2. Схематические геологические карты и глубинные геолого-геофизические профили очаговых зон Вайоцдзорских землетрясений ($M=6,5$) 906 г. (а) и 735 г. (б).

эпицентр тяготеет к ЮВ части подзоны.

Очаговая зона Вайоцдзорского (Мозского) землетрясения 735 г. ($M=6,5$) приурочена в целом к синклиниорной структуре (Ехегнадзорский синклиниорий) и характеризуется развитием на поверхности в основном молодых палеоген-неогеновых вулканогенно-осадочных и вулканогенных образований (рис. 2, б). Примечательным для очаговой зоны является также значительное количество верхнезооцен-миоценовых интрузий, экспрессий, силл и даек основного, средне-кислого и щелочного составов. На северо-северо-востоке очаговой зоны распространены лавовые потоки андезито-базальтов среднечетвертичного возраста. В 12 км к северу

от п. Вайк расположен центр одного из классических вулканических аппаратов Армении – Вайоцсар. Этот вулкан выделяется своей активной вулканической деятельностью в голоцене.

В характере распределения фаций палеогена отмечается заметная смена с востока на запад вулканогенных образований вулканогенно-осадочными и даже типично морскими осадочными отложениями. Палеоген (эоцен) трансгрессивно залегает на различных горизонтах верхнего мела, триаса и палеозоя. Они обнажаются в южном крыле структуры, в ее переходной части к Вайоцзорскому антиклиниорию, и представлены терригенными, карбонатными, карбонатно-терригенными и глинистыми толщами. В конгломератах верхнего мела (конъяка), по данным бурения, найдены офиолитокласти [11], свидетельствующие о близости офиолитового шва. Выделяемые на крайнем юго-западе маломощные отложения средней юры развиты очень ограниченно, трансгрессивно залегают на породах триаса представленными морскими песчано-глинистыми фациями и, скорее всего, относятся к другой структурно-формационной зоне. Кристаллический фундамент эопалеозоя в пределах очаговой зоны находится на глубине 5–6 км.

Отличительной чертой разрывной тектоники Вайоцзорской очаговой зоны является резкое изменение ориентировки разломов. На З–ЮЗ площади они имеют З–СЗ простирание, а на Ю–ЮВ – субширотное. В системе этих разрывных нарушений выделяются активные, в том числе сейсмогенные структуры. Из них следует выделить Хачик-Мартиросский разлом. Он расположен в 10 км к югу от города Вайк (рис. 2, б), простирается в субширотном направлении и представляет собой крутой (75–80°) сброс с падением плоскости на юг. К востоку этот разлом, вероятно, сочленяется с зоной Таштунского (Дебаклинского) активного разлома – в районе с. Артаван и Сисианского перевала, где широко развиты крупные палеосейсмодислокации. По мнению Р. Арутюняна [12], землетрясение 735 г. сопровождалось извержением вулкана Вайоцсар. Макросейсмический эпицентр землетрясения 735 г., скорее всего, приурочен к описанным сейсмотектоническим структурам.

Хонарасарская очаговая зона. В ЮВ части бассейна оз. Севан, на отрогах Варденинского хребта выделяется зона, которая в доисторическом и историческом прошлом проявила интенсивную сейсмическую и вулканическую активность. Рассматриваемая зона охвачена детальными палеосейсмическими и палеовулканическими исследованиями Э. Филипа, А.С. Карабаняна и др. [13, 14]. Она приурочена к молодому разлому, который впервые был откартирован Э.Х. Харазяном (отчет 1980 г.), а позже как тектонически активная структура под названием Хонарасарский разлом выделен А.С. Карабаняном и др. [15]. Разлом сечет средне-четвертичный вулкан Хонарасар с правосторонним смещением на 750 ± 50 (м), а на 6,5 км южнее – вулкан Тсурсар со смещением 350–400 м (рис. 3).

Хонарасарская очаговая зона приурочена к молодой депрессии тектонического происхождения, наложенной на структуру известного регионального Ишханасарского разлома. Структуру очаговой зоны бронируют новейшие неоген-четвертичные вулканические образования, продукты

вулканов Варденисского хребта и многочисленных паразитических конусов его СЗ склона (рис. 3, а). Примечательным в строении очаговой зоны является развитие потоков очень молодых позднеплейстоцен-голоценовых лав.

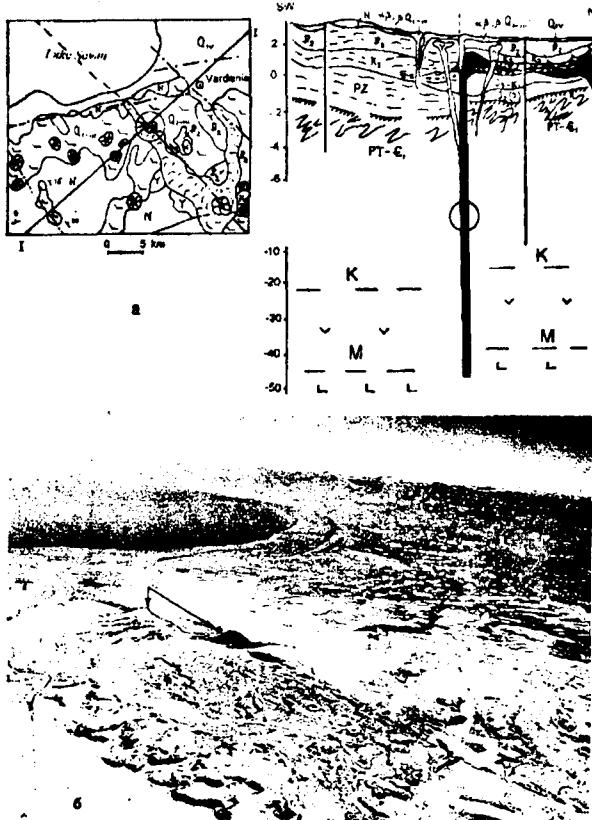


Рис. 3. а) Схематическая геологическая карта и глубинный геолого-геофизический профиль Хонарасарской очаговой зоны; б) Хонарасарский (Ишханасарский) активный разлом (фото с вертолета). Виден смещенный конус вулкана Хонарасар.

ритов позднего эоцена.

Более глубинное строение очаговой зоны воссоздано по данным бурения, геофизики и анализа геологического строения ближайшего обрамления [16–19], на основании которых в пределах очаговой зоны выделяются две подзоны (блоки), характеризующиеся различием геологического разреза, глубинного строения и историей тектонического развития. В СВ части очаговой зоны основанием для вышеописанных отложений служат вулканогенно-кремнистые образования низов верхнего мела (сеноман-турон), прорванные протрузиями серпентинитов, серпентинизированных гипербазитов, габбро и др., объединенных в офиолитовый комплекс. Породы офиолитового комплекса в основном тектонически, местами стратиграфически налегают на вулканогенно-карбонатные толщи верхней юры – нижнего мела и, возможно, на вулканиты средней юры. Основанием служат кристаллические сланцы верхнего

Излияние этих потоков произошло из кратера вулкана Порак, который приурочен к узлу сочленения двух крупных региональных структур – Ишханасарского (Хонарасарского) активного разлома СЗ простирания и поперечного Тертерского разлома СВ простирации. Вдоль юго-восточного побережья оз. Севан под четвертичными лавовыми потоками и современными озерно-речными образованиями залегают озерные песчано-глинистые отложения неогена. В эрозионных окнах обнажаются вулканогенно-осадочные отложения эоцена, известняки, песчаники и конгломераты верхнего мела (сантон-маастрихт). Дочетвертичные образования прорваны экструзиями андезит-дацитов и дацитов позднеплиоценового возраста и небольшими телами гранодиоритов позднего эоцена.

протерозоя – нижнего кембрия, многочисленные экзотические блоки и глыбы (олистолиты) которых встречаются в меланжированных образованиях офиолитового комплекса и олистостромовых горизонтах верхнего мела (конъяк-сантон) [16, 17]. Кровля фундамента воздымается в СВ направлении. В ЮЗ части верхний мел, представленный карбонатными и вулканогенно-терригенными отложениями, несогласно налегает на карбонатно-терригенные и глинистые толщи палеозоя и, вероятно, триаса. Кровля кристаллического фундамента находится на глубинах 4–5 км. Границей этих двух разнотиповых блоков (подзон) служит Ишханасарский региональный глубинный разлом, его отражением на поверхности является Хонарасарский активный разлом – один из крупных активных разломов Армении, который представляет собой правый сдвиг со средней скоростью горизонтального смещения $0,53 \pm 0,04$ (мм/год) за период 1,4 млн. лет [13]. Параллельно этому разлому в СЗ направлении протягиваются еще две крупные разрывные структуры: одна – на северо-востоке в 7–7,5 км, другая – на юго-западе в 16–17 км.

Другой активной структурой очаговой области представляется Варденис–Сотский разлом близширотного (В–СВ) простирания. Он является фрагментом крупной поперечной структуры Малого Кавказа, известной как Мровдаг–Зодский разлом [20]. В пределах очаговой зоны он в целом погребен под новейшими отложениями. Хорошо трассируется по данным дешифрования аэрокосмических снимков и геофизики. О его активности свидетельствует расположенная параллельно его трассе цепочка среднечетвертичных вулканов (рис. 3, а), а также высокая проникаемость земной коры, проявившаяся в аномально высоких изоконцентрациях гелия вдоль зоны разлома [6].

О сейсмогенном характере Хонарасарской зоны убедительно свидетельствуют результаты палеосейсмических исследований [13], согласно которым магнитуда сильного доисторического землетрясения оценивается в $M \geq 7,2$. Что касается времени сейсмического события, то в этом вопросе достаточной определенности нет. Согласно определениям по радиоуглероду органического материала из палеосейсмодислокации, время разрываобразования предполагается 5660 лет до Р.Х. По археологическим данным, время события видится в интервале 500–1000 лет до Р.Х. [13]. Существуют исторические сведения, что в 782–773 г. до Р.Х. в этом регионе произошло извержение вулкана Порак (Бам) [12–14]. Согласно Э.Филипу и др. [13], оно было вызвано сильным тектоническим землетрясением, что не принимается Р.А. Арутюняном [12], который считает, что в историческом свидетельстве речь идет только об извержении вулкана. Глубина очага, согласно карте распределения гипоцентров землетрясений территории Армении и сопредельных районов, оценивается около 10 км [6].

Цхукская очаговая зона располагается на ЮВ Армении в пределах Сюникского вулканического нагорья. На поверхности очаговой зоны почти повсеместно распространены новейшие плиоцен-четвертичные вулканиты. В эрозионных окнах обнажаются вулканогенно-осадочные образования миоцен-плиоцена и эоцена. Причем породы эти местами

подвержены гидротермальному изменению. На юго-юго-западе под четвертичными лавами обнажаются озерные отложения верхнеплиоценового возраста (диатомиты и диатомовые песчаники) и вулканогенно-осадочные образования олигоцена (рис. 4). Последние прорваны небольшими штоками диорит-гранодиоритов. Эти интрузивные породы вскрыты также буровыми скважинами под новейшими лавами.

Очаговая зона на территории Армении выделяется излиянием

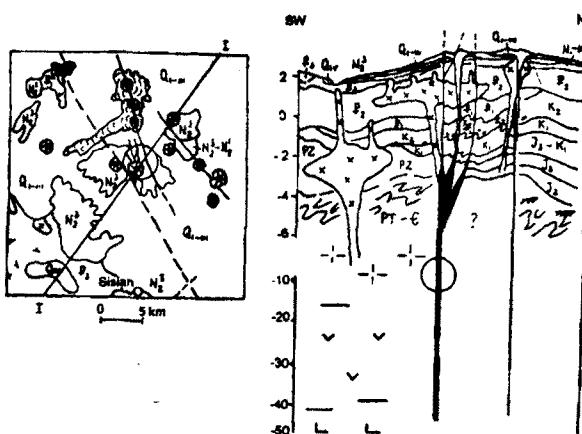


Рис. 4. Схематическая геологическая карта и глубинный геолого-геофизический профиль Цхукской очаговой зоны.

связанная с магматическим очагом, расположенным на небольшой глубине. О более глубинном строении Цхукской очаговой зоны можно судить лишь по сопоставлению ее с ближайшим обрамлением. В этом отношении она представляется близкой к строению Воротанской и Хонарасарской очаговых зон.

А. Карабахян и др. [21] относят Цхукскую очаговую зону к структурам типа сдвигово-раздвиговых впадин (pull-apart basin), сформировавшуюся на участке кулисного подставления Хонарасарского (Ишханасарского) и Хуступ-Гиратахского региональных активных разломов. Характерной чертой строения этой структуры является развитие близмеридиональных ступенчатых грабенов, образованных серией отчетливо выраженных в рельефе молодых разрывов: сбросов, сбросо-сдвигов, взбросо-сдвигов. В общей структуре выделяется цепочка небольших классических вулканических аппаратов, расположенных также в близмеридиональном направлении и, возможно, принадлежащих к ряду наиболее молодых вулканов на территории Армении. Вулканические аппараты подобного типа весьма характерны для зон растяжения с вулканизмом трещинного типа (Джавахетский хребет, северная часть Гегамского нагорья, южный склон М. Арагата и др.). Интересно, что рассматриваемая структура располагается на продолжении Зангезурской близмеридиональной зоны растяжения, в южной части которой выделяется Мегри-Нор-Аревикский неотектонический грабен. Среди

наиболее поздних голоценовых лав. В районе г. Цхук, западнее и северо-западнее от ее вершины выделяются несколько голоценовых вулканов. Излияние лавовых потоков из этих вулканов происходило 7000–5000 лет тому назад. Датировка конца излияния 4720 ± 140 (лет) [21]. Не исключено, что очаг этот окончательно не затух. В очаговой зоне отмечаются термальные источники, выделяется интенсивная геотермальная аномалия,

разрывов Цхукской очаговой зоны выделяется группа явно сейсмогенной природы. Их наличие и характер взаимоотношений с вмещающей средой свидетельствуют о неоднократных сильных землетрясениях, произошедших в указанной зоне в доисторическое время. Согласно палеосейсмическим исследованиям, время сейсмических событий оценивается 4–5 тысячелетиями до Р.Х. и I тысячелетием до Р.Х., а сила – $M \geq 7,0$ [21].

Воротанская (Татевская) очаговая зона. К Воротанской (Татевской) очаговой зоне приписывался целый ряд сильных исторических землетрясений: 1308 ($M=6,1$), 1406 ($M=6,5$), 1622 ($M=3,8$), 1881 ($M=4,6$) и др. годов [2]. В последнее время появились публикации [22], в которых убедительно доказывается, что землетрясение 1308 г. ошибочно приписывается к данному очагу, а событие 1622 г. представляется обвалом. Таким образом, наиболее документально обосновано, что к рассматриваемой очаговой зоне приурочено землетрясение 1406 г. ($M=6,5$), эпицентр которого, вероятнее всего, располагался в районе монастыря Воротnavank. Глубина очага оценивается в 13–15 км.

Очаговая зона расположена в среднем течении р. Воротан на стыке трех крупных тектонических единиц Армении. На севере располагается Сюникское вулканическое плато – молодая орогенная неотектоническая структура, наложенная на более древние тектонические единицы ранне- и позднеальпийского формирования: Кафанский и Зангезурский блоки. Сюникское плато сложено преимущественно плиоценовыми

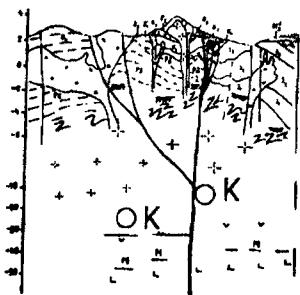


Рис. 5. Схематическая геологическая карта и глубинный геолого-геофизический профиль очаговых зон Воротанского 1406 г. ($M=6,5$), Зангезурского 1931 г. ($M=6,3$) и Каджаранского 1968 г. ($M=4,9$) землетрясений.

на глубине 3,5–4 км и ступенчато погружается в восточном направлении (рис. 5). Зангезурский блок расположен на западе площади и имеет другое строение и историю развития. На мощной толще (≈ 4 км) палеозойских карбонатно-терригенных отложений залегают маломощные горизонты вулканогенно-обломочных образований нижнего и верхнего мела,

вулканогенно-осадочными отложениями и четвертичными вулканитами (лавами, шлаками, пепловыми песками). Кафандский блок расположен в восточной части рассматриваемой площади и характеризуется распространением юрско-нижненемеловых, вулканогенных, вулканогенно-карбонатных и карбонатно-терригенных формаций, прорванных интрузиями габбро-гранодиорит-плагиогранитового состава. Кровля кристаллического фундамента в районе очагов находится

которые в свою очередь перекрываются мощным комплексом (2,5–3,0 км) вулканогенных и вулканогенно-осадочных образований палеогена. Одной из отличительных черт Зангезурского блока является широкое распространение магматических образований. Слагающие этот блок осадочные и вулканогенные породы прорваны многочисленными интрузиями и дайками основного, средне-кислого, щелочного и субщелочного составов. Пликативная структура Кафанского и Зангезурского блоков в целом простая и представляет собой сочетание пологих (более 20–30°) брахиформных складок (антиклиналей и синклиналей), местами осложненных разрывами СЗ и СВ направлений.

На фоне этого выделяется пограничная зона между этими двумя тектоническими единицами. Она представляет собой узкую (\approx 5 км) сильно дислоцированную, раздробленную полосу с системой параллельных и субпараллельных разрывов СЗ (340–350°) простирания и линейных, крутых, часто опрокинутых складок. В структуре разрывов и складок в целом наблюдается СВ вергентность. Отличительной чертой этой зоны является также специфический фациально-формационный характер образований, участвующих в ее строении. Здесь выделяются меловые и палеоценовые олистромовые толщи, офиолиты. Таким образом, по характеру строения и фациально-формационным особенностям слагающих образований пограничную полосу между Кафансским и Зангезурским блоками можно отнести к структурам типа шовных зон.

Одним из наиболее протяженных, ярковыраженных разломных нарушений этой зоны является Хуступ-Гиратахский активный разлом. Он уверенно протягивается в СЗ направлении от р. Аракс до с. Воротан и далее, в пределах Сюникского плато трассируется по выходам минеральных и термальных источников, гидротермально измененных молодых лав и линейному расположению вулканических конусов. Длина Хуступ-Гиратахского разлома более 125 км. Он представляет собой взброс с приподнятым западным крылом. Падение плоскости смесятеля – 70–80° на запад. По данным GPS наблюдений, скорость относительного право-стороннего горизонтального смещения составляет 2,17 мм/год [7].

Зангезурская очаговая зона располагается в западной части Зангезурского блока на границе с Ереван–Ордубадской структурно-формационной зоной (рис. 5). Особенностью геологии очаговой зоны является участие в его строении интрузивов Мегринского гранитоидного plutона. Последний отличается многофазностью формирования и представлен различными фациями интрузивных пород средне-кислого и субщелочного составов. Интрузивные тела и дайки прорывают вулканогенные образования эоцена, и время их формирования относится к позднему олигоцену–раннему миоцену. Геологические условия Зангезурского землетрясения 1931 г. ($M=6,3$), которое имело разрушительные последствия в южной Армении и Нахичевани, впервые были изучены и описаны Г.П. Горшковым [23]. Данные об этом землетрясении есть также в более поздних работах других исследователей [24], которые главным образом опираются на материалы Г.П. Горшкова.

Максимальная интенсивность землетрясения в 9 баллов отмечена

вдоль высокогорной части Зангезурского хребта и в западной части Сисианского района, а на очень большой территории (около 100 кв.км) она составила 8 баллов. В результате землетрясения в плейстосейстовой области на поверхности земли образовалось много остаточных (сейсмогенных) деформаций – трещин, обвалов, оползней и т.п. Макросейсмический очаг землетрясения 1931 г. выделяется вдоль З-СЗ обрамления Мегринского plutона в контактовой зоне с вулканитами эоцена. Здесь же проходит региональный Таштунский (Дебаклинский) активный разлом. Последний представляет собой сброс с падением плоскости на В-СВ под углом 65–70°. Он уверенно протягивается от р. Аракс на СЗ до г. Каджаран, где разделяется на две ветви. Одна с азимутом 340–350° прослеживается на 15–17 км в бассейн р. Гехи и, вероятно, затухает после сочленения с Гехинским активным разломом; другая, основная ветвь, сворачивает на СЗ (300–310°) и через 35–40 км соединяется с Ордубадским разломом. Длина основной ветви Таштунского разлома более 100 км. В районе эпицентральной зоны с Таштунским разломом стыкуются несколько поперечных молодых разрывов СВ и близширотного простириания. Они хорошо проявлены в рельефе, секут молодые террасы и склоновые образования, левым сдвигом явно смещают древние геологические контуры, а местами, предположительно, и современные элементы рельефа.

Очаг землетрясения 1931 г. считается одним из наиболее глубокофокусных на территории Армении (20–22 км, при среднем 10–15 км). Возможно, это объясняется специфическим глубинным строением очаговой зоны с активной ролью магматизма и тем, что возникновение очага, вероятно, произошло в глубокозалегающих корневых частях Мегринского plutона. В 1968 г. в рассматриваемой очаговой зоне произошло землетрясение с $M=4,9$ ($I=7-8$), вызвавшее разрушения в г. Каджаране и селах Гехинского ущелья, которое проявилось двумя толчками 9 июня и 1 сентября. Это землетрясение хорошо изучено, результаты приводятся в работах П.Г. Алояна, Н.К. Карапетян, Г.П. Симоняна и целого ряда др. исследователей [24]. Отметим, что афтершоковая зона этого события имеет близширотное простириание и, вероятно, приурочена к зоне оперяющих структур Таштунского и Шишкерт-Гехинского разломов.

Заключение. В геологическом строении очаговых зон сильных землетрясений Армении принимают участие почти все стратиграфические и магматические комплексы от верхнего протерозоя–нижнего кембрия до голоцене включительно с выпадением отдельных членов разреза в зависимости от истории геологического разреза данного участка. Каждая очаговая зона имеет свои особенности геологического строения, при этом выделяются общие закономерности, присущие для большинства очаговых зон Армении.

Все очаговые зоны сильных землетрясений представляют собой граничные структуры активных блоков земной коры. В большинстве случаев эти структуры (Спитакская, Хонарасарская, Гарнийская, Элгинская, Воротанская) имеют типичные для шовных зон геологическое

строение. В геолого-структурном плане это узкие (10–15 км), ограниченные разломами глубокого заложения (20 км и более) протяженные зоны, формирование которых произошло во время основных этапов тектонического развития региона.

В современной структуре эти зоны представлены системой субпараллельных долгоживущих, в том числе активных, современных разломов. Наглядно выделяется их интенсивно складчатое, чешуйчатое строение, характерное для зон регионального сжатия и выразившееся в развитии узких, линейных, часто наклоненных и опрокинутых складок, осложненных рядом мелких параллельных надвигов. Для них характерны распространение пород офиолитового комплекса, олистостромовых горизонтов и толщ, а также линейная (согласно общей структуре) вытянутость интрузивных тел.

Очаги остальных землетрясений (735, 893, 1827, 1926, 1931 г.г.) приурочены к зонам глубинных разломов, либо погребенных (скрытых), либо проявленных на поверхности земли лишь отдельными фрагментами разрывов, пренадлежащими этой зоне.

Закономерностью в строении очаговых зон является резкое изменение положения кровли кристаллического фундамента, а также других условных границ земной коры между гранитным, базальтовым слоями и верхней мантией. Высокоамплитудные смещения отмеченных границ (4–8 км) происходят по зонам глубинных разломов и наблюдаются в строении 10 из 12 очаговых зон.

В строении большинства очаговых зон примечательны являются сочленение и пересечение разноориентированных активных разломов, ограничивающих активные блоки земной коры и образующих структуры типа сейсмогенных узлов.

В ряде очаговых зон (Спитакская, Гарнийская, Вайоцдзорская, Хонарасарская, Цхукская, Зангезурская) зафиксированы выходы очагов на поверхность в виде различных сейсмогенных дислокаций (разрывов, оползней, провалов, трещин и т.п.), пространственно и генетически связанных с активными разломами.

В геодинамическом отношении большинство очаговых зон сильных землетрясений Армении представляет собой структуры сжатия и сдвига, и лишь часть из них (Цхукская и, возможно, Вайоцдзорская, 735 г.) является структурами растяжения. Подтверждением этому служит приуроченность последних к центрам активного голоценового вулканизма.

Кафедра методики поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых,
кафедра исторической и региональной геологии

Поступила 23.05.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Аванесян А.С., Саркисян О.А. – Ученые записки ЕГУ, 1999, № 2, с. 105–114.
2. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1977.
3. Guidoboni E., Traina G. – Analisi di Geophysica, 1995, v. XXXVIII, № 1.

4. **Pirousian S.A., Balassanian S. Yu., Avanesyan A.S.** et al. Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus. 1997, Kluwer Acad. Publishers. NATO ASI Series 2, Environment, v. 28, p. 313–332.
5. **Karakhanyan A.S.** Proc., Scientific meeting on the seismic protection, Mitigation of fluids in the subsoil and seismic events, compared experiences. 1993, Venice, July 12–13, p. 88–99.
6. **Balassanian S.Yu., Nazaretyan S.N., Avanesyan A.S.** et al. Proc. Fifth International Conference on Seismic Zonation. 1995, Oct. 17–19, Nice, France III, p. 2203–2210.
7. **McClusky S., Balassanian S., Barka A.** et al. – Journal of Geophysical Research, 2000, v. 105, № B3, p. 5695–5719.
8. **Balassanian S.Yu., Avanesyan A.S., Arzumanyan V.** et al. OECD-NEA Workshop Proceedings. EC JRC/ISPRA, 2001, March, Italy, p. 26–27.
9. **Арутюнян А.Р.** – Изв. АН Арм. ССР, Науки о земле, 1976, № 3, с. 41–49.
10. Караканян А.С. Активные разломы и сильные землетрясения Анатолийско-Мало-Кавказского орогена. Автореф. дис. на соискание уч. ст. докт. геол. наук. М., 1995.
11. Сатиан М.А. Офиолитовые троги мезотетиса. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1984.
12. Հարուրյոնյան Ռ.Ա. – «ՀԱՍ տեղեկագիր: Գյուղաբներ Երկրի մասին», 2001, №1, էջ 3–11.
13. Philip H., Avagyan A., Karakhanian A. et al. – Tectonophysics, 2001, v. 343, p. 205–232.
14. Karakhanian A., Djrbashian R., Philip H. et al. – Journal of Volcanology and Geothermal Research., 2002, v. 113, p. 319–344.
15. Караканян А.С., Харазян Э.Х., Аветисян С.А. – Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1989, № 4, р. 37–46.
16. Аванесян А.С. – Там же, 1976, № 4, с. 21–30.
17. Аванесян А.С. – Там же, 1979, № 4, с. 43–48.
18. Егоркина Г.В., Соколова И.А., Егорова Л.М. – Советская геология, 1976, № 3, с. 127–133.
19. Егоркина Г.В., Соколова И.А., Егорова Л.М. – Разведочная геофизика, 1976, № 72, с. 127–133.
20. Шихалибейли Э.Х. Геологическое строение и история тектонического развития восточной части Малого Кавказа. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1966, т. 2.
21. Karakhanian A.S., Trifonov V.G., Azizbekyan H.G. et al. – Terra Nova, 1997, № 9, p. 131–134.
22. Haroutunian R., Karakhanian A. et al. Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus. 1997, Kluwer Acad. Publishers. NATO ASI Series 2, Environment, v. 28, p. 375–382.
23. Горшков Г.П. – Тр. Сейсмологического ин-та АН СССР, 1934, № 34.
24. Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения 1968г. Сб. статей. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1973.

Ա. Ա. ԱՎԱՆԵՍՅԱՆ, Հ. Հ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Մ. Ա. ԱՎԱՆԵՍՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՈՒԺԵՂ ԵՐԿՐԱԾՎՔԵՐԻ ՕԶԱԽԱՅԻՆ ԶՈՆԱՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔ (II)

Ամփոփում

Հոդվածում բերվում են ՀՀ տարածքի կենտրոնական և հարավային մասում նախապատմական, պատմական ժամանակաշրջանում, ինչպես նաև ոչ հեռավոր անցյալում տեղի ունեցած ուժեղ երկրաշարժերի օջախային գոտիների երկրաբանական կառուցվածքի ուսումնասիրության արդյունքները:

Առաջին հաղորդումից [1] հետո անցած ժամանակաշրջանում գիտական գրականությունում, ինչպես նաև հեղինակների սեփական հետազոտումների արդունքում երևան են եկել նոր տվյալներ, որոնք պահանջում են ճշգրտումներ մոցնել ինչպես օջախային զննաների երկրաբանական կառուցվածքի, այնպես էլ այս կամ այն սեյսմիկ իրադարձության հավաստիության վերաբերյալ:

Բացահայտված են Հայաստանի ուժեղ երկրաշարժերի օջախային գոտիների երկրաբանական կառուցվածքի մի շարք օրինաչափություններ:

A. S. AVANESSIAN, H. H. SARGSIAN, M. A. AVANESYAN

GEOLOGICAL STRUCTURES OF STRONG EARTHQUAKES' SOURCE ZONES OF ARMENIA (II)

Summary

Results of the study of the source area of strong earthquakes are brought, which occurred in central and southern parts of the Republic of Armenia in prehistoric and historic times, as well as recently.

Some time after the publication of the first report in scientific literature, as well as in the results of own researches new data appeared, which demand making corrections in the geological characteristics of the source areas, as well as make amendments in regard to the authenticity of this or that seismic event.

A series of regularities of geological structure of source areas of strong earthquakes in Armenia are singled out.

Математика

УДК 517.5

А. К. ТАСЛАКЯН

ОЦЕНКА ПОЛНОЙ ВАРИАЦИИ КВАЗИПОЛИНОМА ЛЕЖАНДРА

В работе рассматриваются квазиполиномы Лежандра со старшими коэффициентами, равными единице. Получена оценка для полных вариаций таких квазиполиномов. Этот результат обобщает известную оценку для классических полиномов Лежандра.

В статье [1] доказана, что полная вариация полинома Лежандра при стандартной нормировке ($P_n(1)=1$) удовлетворяет неравенству

$$\int_0^1 |P'_n(x)| dx < A\sqrt{n + \frac{1}{2}} - B \text{ с постоянными } A = 2 \left[\frac{\Gamma(\frac{1}{4})}{\pi} \right]^2, B = 1,055075. \text{ Порядок}$$

роста $n^{\frac{1}{2}}$ и коэффициент A неулучшаемы.

Наша цель заключается в том, чтобы для квазиполинома Лежандра получить аналогичную оценку.

Рассмотрим последовательность чисел

$$0 = \gamma_0 < \gamma_1 \leq \gamma_2 \leq \dots, \quad \sum_{v=1}^{\infty} \frac{1}{\gamma_v} = \infty, \quad \gamma_v \geq \gamma_{v-1} + 2. \quad (1)$$

Определение. Квазиполиномом Лежандра со старшим коэффициентом, равным единице, называется выражение (см. [2])

$$\tilde{X}_n(x) = \frac{A_n}{2\pi i} \int_C \frac{\prod_{v=0}^{n-1} z + \gamma_v + 1}{\prod_{v=0}^n z - \gamma_v} x^z dz, \quad A_n = \prod_{v=0}^{n-1} \frac{\gamma_n - \gamma_v}{\gamma_n + \gamma_v + 1} < 1, \quad (2)$$

где контур C охватывает окрестности нулей знаменателя подынтегральной функции.

Теорема. При выполнении условия (1) для

$$V_n = \operatorname{Var}_{x \in (0,1)} \tilde{X}_n(x) = \int_0^1 |\tilde{X}'_n(x)|^2 dx \text{ справедливо неравенство}$$

$$V_n < C_0 \sqrt{R_n}, \quad (3)$$

где $R_n = \max[2(\gamma_n, n)]$, $C_0 > 0$ постоянная, не зависящая от n .

Доказательство. Имеем

$$\tilde{X}'_n(x) = \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{\prod_{v=0}^{n-1} (z + \gamma_v + 1)}{\prod_{v=1}^n (z - \gamma_v)} x^z dz,$$

где $\gamma_0 = 0$. Обозначим $z - 1 = z'$, тогда будем иметь

$$\tilde{X}'_n(x) = \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{\prod_{v=0}^{n-1} (z + \gamma_v + 2)}{\prod_{v=1}^n (z - \gamma_v + 1)} x^z dz.$$

С другой стороны, имеем $V_n = \int_0^1 |\tilde{X}'_n(x)| dx$. Применяя неравенство Коши-

Буняковского, получим

$$\begin{aligned} \int_0^1 |\tilde{X}'_n(x)| dx &\leq \left(\int_0^1 dx \int_0^1 |\tilde{X}'_n|^2(x) dx \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\int_0^1 \tilde{X}'_n(x) \tilde{X}'_n(x) dx \right)^{\frac{1}{2}} = \\ &= \left[\int_0^1 \left(\frac{1}{2\pi i} \int_C Q_n(z) x^z dz \frac{1}{2\pi i} \int_C Q_n(z_1) x^{z_1} dz_1 \right) dx \right]^{\frac{1}{2}}, \end{aligned}$$

$$\text{где } Q_n(z) = \frac{\prod_{v=0}^{n-1} (z + \gamma_v + 2)}{\prod_{v=1}^n (z - \gamma_v + 1)}.$$

$$\text{Далее, } \int_0^1 |\tilde{X}'_n(x)| dx \leq \left[\frac{1}{2\pi i} \int_C Q_n(z) dz \frac{1}{2\pi i} \int_C Q_n(z_1) \frac{x^{z+z_1+1} |_{x=0}^1 dz_1}{z + z_1 + 1} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad \text{Выбор кон-}$$

туров C и C' можем сделать так, чтобы $\operatorname{Re}(z + z_1 + 1) > 0$, и тогда точка $-z - 1$, где $z \in C$, окажется вне области \bar{D}' с границей C' , поэтому получим

$$\begin{aligned} \int_0^1 |\tilde{X}'_n(x)| dx &\leq \left[\frac{1}{2\pi i} \int_C Q_n(z) dz \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{Q_n(z_1) dz_1}{z + z_1 + 1} \right]^{\frac{1}{2}} = \\ &= \left[-\frac{1}{2\pi i} \int_C Q_n(z) \left[\operatorname{Res}_{z_1=-z-1} \frac{Q_n(z_1)}{z + z_1 + 1} - \operatorname{Res}_{z_1=\infty} \frac{Q_n(z_1)}{z + z_1 + 1} \right] dz \right]^{\frac{1}{2}} = \\ &= \left[-\frac{1}{2\pi i} \int_C Q(z) [Q_n(-z - 1) + 1] dz \right]^{\frac{1}{2}} = \left[-\frac{1}{2\pi i} \int_C Q_n(z) Q(-z - 1) dz + \frac{1}{2\pi i} \int_C Q_n(z) dz \right]^{\frac{1}{2}}, \end{aligned}$$

откуда

$$\int_0^1 |\tilde{X}'_n(x)| dx \leq \frac{1}{2\pi} \left[\int_C \left| \frac{\prod_{v=0}^{n-1} (z + \gamma_v + 2)(z - \gamma_v - 1)}{\prod_{v=1}^n (z - \gamma_v + 1)(z + \gamma_v)} dz \right|^{\frac{1}{2}} \right] + \frac{1}{2\pi} \left[\int_C \left| \frac{\prod_{v=0}^{n-1} (z + \gamma_v + 2)}{\prod_{v=1}^n (z - \gamma_v + 1)} dz \right|^{\frac{1}{2}} \right],$$

где точки $-\gamma_v$, $v = 1, 2, \dots, n$, остаются вне контура C . В качестве контура C возьмем отрезок прямой $(-iR_n, iR_n)$ и полуокружность

$z = R_n e^{i\varphi}$, $-\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$. Тогда

$$\left| \frac{\prod_{v=0}^{n-1} (z + \gamma_v + 2)(z - \gamma_v - 1)}{\prod_{v=1}^n (z + \gamma_v)(z - \gamma_v + 1)} \right| = \left[\frac{\prod_{v=0}^{n-1} [y^2 + (\gamma_v + 2)^2] [y^2 + (\gamma_v + 1)^2]}{\prod_{v=1}^n (y^2 + \gamma_v^2) [y^2 + (\gamma_v - 1)^2]} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Так как выполняется условие (1), то $\frac{\prod_{v=0}^{n-1} [y^2 + (\gamma_v + 2)^2] [y^2 + (\gamma_v + 1)^2]}{\prod_{v=1}^n (y^2 + \gamma_v^2) [y^2 + (\gamma_v - 1)^2]} \leq 1$.

Поэтому

$$V_n = \int_0^1 |X'_n(x)| dx \leq \left[\frac{1}{\pi} \int_0^{R_n} dy + \frac{1}{2\pi} \int_{C_1} |A_n(z)| dz + \frac{1}{2\pi} \int_{C_1} |B_n(z)| dz \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где C_1 – полуокружность $z = R_n e^{i\varphi}$, $-\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$,

$$A_n(z) = \frac{\prod_{v=0}^{n-1} (z + \gamma_v + 2)(z - \gamma_v - 1)}{\prod_{v=1}^n (z - \gamma_v + 1)(z + \gamma_v)}, \quad B_n(z) = \frac{\prod_{v=0}^{n-1} (z + \gamma_v + 2)}{\prod_{v=1}^n (z - \gamma_v + 1)}.$$

Далее,

$$\begin{aligned} |A_n(z)|^2 &= \frac{\prod_{v=0}^{n-1} [R_n^2 + 2R_n(\gamma_v + 2)\cos\varphi + (\gamma_v + 2)^2] [R_n^2 - 2R_n(\gamma_v + 1)\cos\varphi + (\gamma_v + 1)^2]}{\prod_{v=1}^n (R_n^2 + 2R_n\gamma_v \cos\varphi + \gamma_v^2) [R_n^2 - 2R_n(\gamma_v - 1)\cos\varphi + (\gamma_v - 1)^2]} = \\ &= \tilde{B}_n(y) \prod_{v=1}^{n-1} \left[1 + \frac{4(R_n \cos\varphi + \gamma_v + 1)}{R_n^2 + 2R_n\gamma_v \cos\varphi + \gamma_v^2} \right] \left[1 - \frac{4(R_n \cos\varphi - \gamma_v)}{R_n^2 - 2R_n(\gamma_v - 1)\cos\varphi + (\gamma_v - 1)^2} \right], \end{aligned}$$

где

$$\tilde{B}_n(y) = \frac{|R_n^2 + 2R_n(\gamma_0 + 2)\cos\varphi + (\gamma_0 + 2)^2| |R_n^2 - 2R_n(\gamma_0 + 1)\cos\varphi + (\gamma_0 + 1)^2|}{(|R_n^2 + 2R_n\gamma_n \cos\varphi + \gamma_n^2| |R_n^2 - 2R_n(\gamma_n - 1)\cos\varphi + (\gamma_n - 1)^2|)} \leq$$

$$\leq \frac{(R_n + 2)^2 (R_n^2 + 1)}{(R_n^2 + \gamma_n^2) [R_n - (\gamma_n - 1)]^2}.$$

так как $\gamma_0 = 0$. С другой стороны,

$$\prod_{v=1}^{n-1} \left[1 + \frac{4(R_n \cos \varphi + \gamma_v + 1)}{R_n^2 + 2R_n \gamma_v \cos \varphi + \gamma_v^2} \right] \left[1 - \frac{4(R_n \cos \varphi - \gamma_v)}{R_n^2 - 2R_n(\gamma_v - 1) \cos \varphi + (\gamma_v - 1)^2} \right] \leq \\ \leq \exp \left(\sum_{v=1}^{n-1} \frac{R_n + 2\gamma_v}{R_n^2 + \gamma_v^2} \right) \leq \exp \left(\sum_{v=1}^{n-1} \frac{R_n + 2\gamma_n}{R_n^2} \right).$$

Так как $R_n = \max[2(\gamma_n, n)]$, то $\exp \left(\sum_{v=1}^{n-1} \frac{R_n + 2\gamma_n}{R_n^2} \right) < C_2$. Окончательно имеем $|A_n(z)| < C_3$. Таким же путем получается $|B_n(z)| < C_4$. Возвращаясь к (4), будем иметь $V_n = \int_0^1 |\tilde{X}'_n(x)| dx < \left(\frac{R_n}{\pi} + \frac{\bar{C} R_n}{2\pi} \right)^{\frac{1}{2}} < C_0 \sqrt{R_n}$.

Теорема доказана.

Кафедра математического анализа

Поступила 15.05.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Б.А., Холшевников К.В. – Вестник ЛГУ, 1980, № 19, с. 8–10.
2. Бадалян Г.В. – ДАН Арм. ССР, 1960, т. XXX, № 5, с. 251–255.

Ա. Կ. ԹԱՍԼԱԿՅԱՆ

ԼԵԺԱՆԴՐԻ ՔՎԱԶԻԲԱԶՈՒՆԴԱՄԵՐԻ ԼՐԻՎ ՎԱՐԻԱՑԻԱՅԻ
ԳՆԱՀԱՏԱԿԱՆ

Ամփոփում

Աշխատանքում դիտարկվում է Լեժանդրի քվազիբազմանդամ, որի ավագ գործակիցը հավասար է մեկի և ստացվում է այդ բազմանդամի լրիվ վարիացիայի գնահատական:

A. K. TASLAKIAN

TOTAL VARIATION ESTIMATE OF LEGANDRE QUASIPOLYNOMIALS

Summary

The paper considers Legandre quasipolynomial, the great coefficient of which is equal to one and total variation estimate of those polynomials is derived.

Математика

УДК 517.984

А. Г. ПЕТРОСЯН, И. Г. ХАЧАТРЯН

О РАЗЛОЖЕНИИ ПО СОБСТВЕННЫМ ФУНКЦИЯМ
САМОСОПРЯЖЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА
С КОЭФФИЦИЕНТАМИ, ИМЕЮЩИМИ ОПРЕДЕЛЕННЫЕ
ПОВЕДЕНИЯ НА БЕСКОНЕЧНОСТИ

Рассматривается в пространстве $L^2(\mathbb{R})$ обыкновенный линейный самосопряженный дифференциальный оператор порядка $m \geq 2$, коэффициенты которого имеют определенные поведения на бесконечности. Выводится разложение Фурье посредством минимальной системы обобщенных собственных функций этого оператора.

Пусть \mathcal{L} – самосопряженный дифференциальный оператор в пространстве $L^2(\mathbb{R})$ порядка $m \geq 2$, порожденный следующей дифференциальной операцией l (см. [1, 2]):

$$l(y) = \frac{1}{i^m} y^{(m)} + \sum_{k=0}^{n-1} \frac{1}{i^{2k}} (p_k y^{(k)})^{(k)} + \sum_{k=0}^{n'-1} \frac{1}{2i^{2k+1}} \left\{ (p_{2k+1} y^{(k)})^{(k+1)} + (p_{2k+1} y^{(k+1)})^{(k)} \right\},$$

где y – функция, определенная на \mathbb{R} , i – мнимая единица, $n = \left[\frac{m}{2} \right]$,

$n' = \left[\frac{m-1}{2} \right]$, а коэффициенты p_k – вещественные измеримые функции на \mathbb{R} , удовлетворяющие условиям

$$\int_{-\infty}^0 |p_k(x) - a_k^-| dx + \int_0^\infty |p_k(x) - a_k^+| dx < \infty, \quad k = 0, 1, \dots, m-2, \quad (1)$$

с некоторыми вещественными числами a_k^\pm .

Настоящая работа посвящена получению разложения Фурье посредством минимальной системы обобщенных собственных функций оператора \mathcal{L} (см. [1], стр. 9, 10). Применяется метод, указанный в [3]. В случае, когда в условиях (1) $a_k^\pm = 0$ ($k = 0, 1, \dots, m-2$), такое разложение получено в [4].

Рассмотрим следующие многочлены Q^+ и Q^- относительно $\lambda \in \mathbb{C}$:

$$Q^\pm(\lambda) = \lambda^m + \sum_{k=0}^{m-2} a_k^\pm \lambda^k.$$

Обозначим через M множество всех таких $\mu \in \mathbb{R}$, для которых уравнение $Q^+(\lambda) = \mu$ или $Q^-(\lambda) = \mu$ имеет комплексные кратные корни. Очевидно, число точек множества M не превышает $2m - 2$. Пусть α – число тех значений $\mu \in M$, для которых одно из указанных уравнений имеет вещественные кратные корни. При $\alpha \neq 0$ эти значения, пронумерованные в порядке возрастания, обозначим через $\mu_1 < \mu_2 < \dots < \mu_\alpha$. Положим также $\mu_0 = -\infty$ и $\mu_{\alpha+1} = \infty$. Для каждого $\mu \in \mathbb{R}$ обозначим через $r^+(\mu)$ и $r^-(\mu)$ числа вещественных корней (с учетом их кратностей) уравнений $Q^+(\lambda) = \mu$ и $Q^-(\lambda) = \mu$ соответственно. Ясно, что $r^+(\mu)$ и $r^-(\mu)$ как функции от μ постоянны в каждом интервале (μ_k, μ_{k+1}) , $k = 0, 1, \dots, \alpha$.

Точечный спектр T оператора \mathcal{L} является конечным или счетным подмножеством в \mathbb{R} . Как показано в [2], если множество T счетно, то оно ограничено и его предельные точки принадлежат множеству $\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_\alpha\}$. Значит, в случае $\alpha = 0$ множество T конечно. Оператор \mathcal{L} может и не иметь точечного спектра.

В случае четного m имеем, что $\alpha \geq 1$, а для каждого $\mu \in \mathbb{R}$ числа $r^\pm(\mu)$ четные, причем $r^\pm(\mu) = 0$ при $\mu < \mu_1$ и $r^\pm(\mu) = 2$ при $\mu > \mu_\alpha$. При каждом $k = 1, 2, \dots, \alpha$ для $\mu \in (\mu_k, \mu_{k+1})$ положим $r^\pm(\mu) = 2r_k^\pm$. Ясно, что $r_\alpha^\pm = 1$ и $1 \leq r_k^+ + r_k^- \leq m$.

В случае нечетного m для каждого $\mu \in \mathbb{R}$ числа $r^\pm(\mu)$ нечетные, причем $r^\pm(\mu) = 1$ при $\mu < \mu_1$ или $\mu > \mu_\alpha$. При каждом $k = 0, 1, \dots, \alpha$ для значений $\mu \in (\mu_k, \mu_{k+1})$ положим $r^\pm(\mu) = 2r_k^\pm + 1$. Имеем, что $r_0^\pm = r_\alpha^\pm = 0$ и $0 \leq r_k^+ + r_k^- < m$.

Положим $\delta = 1$ при четном m и $\delta = 0$ при нечетном m . При каждом $k = \delta, \delta + 1, \dots, \alpha$ для $\mu \in (\mu_k, \mu_{k+1})$ вещественные корни уравнения $Q^\pm(\lambda) = \mu$ обозначим через $\lambda_v^\pm(\mu)$, $v = \delta, \delta + 1, \dots, 2r_k^\pm$. Будем считать, что эти корни пронумерованы так, чтобы каждый из них был аналитической функцией от μ , возрастающей при $\delta \leq v \leq r_k^\pm$ и убывающей при $r_k^\pm < v \leq 2r_k^\pm$. Производную функцию $\lambda_v^\pm(\mu)$ обозначим через $\lambda_v'^\pm(\mu)$. При каждом $\mu \in M \cup T$ дифференциальное уравнение $I(\phi) = \mu\phi$ имеет $r_k^+ + r_k^- + 1 - \delta$ линейно независимых ограниченных решений $\phi_j(x, \mu)$

$(x \in \mathbb{R}, j = \delta, \delta + 1, \dots, r_k^+ + r_k^-)$. Эти решения при $x \rightarrow \pm\infty$ обладают асимптотикой

$$\varphi_j(x, \mu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{v=\delta}^{r_k^\pm} \sqrt{|\lambda_v'(\mu)|} A_{jv}^\pm(\mu) e^{ix\lambda_v^\pm(\mu)} + o(1), \quad (2)$$

причем для всех $j, s = \delta, \delta + 1, \dots, r_k^+ + r_k^-$ выполняется следующее равенство (если в приведенных ниже формулах нижний номер суммирования больше верхнего, то под этой суммой подразумевается нуль):

$$\sum_{v=\delta}^{r_k^+} A_{jv}^+(\mu) \overline{A_{sv}^+(\mu)} + \sum_{v=r_k^-+1}^{2r_k^-} A_{jv}^-(\mu) \overline{A_{sv}^-(\mu)} = \sum_{v=\delta}^{r_k^-} A_{jv}^-(\mu) \overline{A_{sv}^-(\mu)} + \sum_{v=r_k^++1}^{2r_k^+} A_{jv}^+(\mu) \overline{A_{sv}^+(\mu)}.$$

Если при каждом $j = \delta, \delta + 1, \dots, r_k^+ + r_k^-$ положить

$$B_{jv}(\mu) = \begin{cases} A_{jv}^+(\mu), & \delta \leq v \leq r_k^+, \\ A_{j,v-r_k^++r_k^-}^-(\mu), & r_k^+ < v \leq r_k^+ + r_k^-, \end{cases}$$

$$C_{jv}(\mu) = \begin{cases} A_{jv}^-(\mu), & \delta \leq v \leq r_k^-, \\ A_{j,v+r_k^+-r_k^-}^+(\mu), & r_k^- < v \leq r_k^+ + r_k^-, \end{cases}$$

то матрицы

$$(B_{jv}(\mu))_{j,v=\delta}^{r_k^+ + r_k^-}, \quad (C_{jv}(\mu))_{j,v=\delta}^{r_k^+ + r_k^-} \quad (3)$$

невырожденные и связаны соотношением $\sum_{v=\delta}^{r_k^+ + r_k^-} B_{jv}(\mu) \overline{B_{sv}(\mu)} =$

$$= \sum_{v=\delta}^{r_k^+ + r_k^-} C_{jv}(\mu) \overline{C_{sv}(\mu)}.$$

При этом в качестве одной из матриц (3) можно взять произвольную невырожденную матрицу, а по ней другая матрица и решения $\varphi_j(x, \mu)$ определяются однозначно. Кроме того, если одна из матриц (3) унитарна, то другая тоже унитарна. Впредь будем предполагать, что в (2) матрицы (3) унитарны, а их элементы являются измеримыми функциями (в частности, в качестве одной из матриц (3) можно взять единичную матрицу). При такой нормировке систему решений $\varphi_j(x, \mu)$, $j = \delta, \delta + 1, \dots, r_k^+ + r_k^-$, будем называть нормированной системой обобщенных собственных функций оператора \mathcal{L} , соответствующей значению μ (ниже будет ясно, что рассмотренные значения μ принадлежат непрерывному спектру оператора \mathcal{L}).

В случае, когда оператор \mathcal{L} имеет собственные значения, рассмотрим также некоторую ортонормированную систему $\{\psi_j : j = 1, 2, \dots\}$ собственных функций оператора \mathcal{L} , полную в замыкании линейной оболочки всех собственных функций оператора \mathcal{L} . Ясно, что если точечный спектр T оператора \mathcal{L} конечный (счетный), то система собственных функций ψ_j тоже конечная (счетная).

Теорема. Для любой функции $f \in L^2(\mathbb{R})$ справедливо разложение Фурье

$$f(x) = \sum_j \psi_j(x) \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \overline{\psi_j(t)} dt + \sum_{k=\delta}^{\infty} \sum_{j=\delta}^{r_k^+ + r_k^- - \mu_{k+1}} \int_{\mu_k}^{\mu_{k+1}} \Phi_j(\mu) \phi_j(x, \mu) d\mu, \quad x \in \mathbb{R}, \quad (4)$$

а также равенство Парсеваля

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |f(x)|^2 dx = \sum_j \left| \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \overline{\psi_j(t)} dt \right|^2 + \sum_{k=\delta}^{\infty} \sum_{j=\delta}^{r_k^+ + r_k^- - \mu_{k+1}} \left| \Phi_j(\mu) \right|^2 d\mu, \quad (5)$$

где

$$\Phi_j(\mu) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \overline{\phi_j(t, \mu)} dt, \quad (6)$$

причем последний интеграл в (4) и интеграл (6) сходятся по норме пространств $L^2(\mathbb{R})$ и $L^2(\mu_k, \mu_{k+1})$ соответственно (в случае отсутствия собственных значений оператора \mathcal{L} первые суммы в (4) и (5) тоже отсутствуют).

Следствие. Непрерывный спектр оператора \mathcal{L} в случае нечетного порядка m совпадает с \mathbb{R} , а в случае четного m – с промежутком $[\mu_1, \infty)$.

В случае, когда в условиях (1) $a_k^+ = a_k^- = a_k$, $k = 1, 2, \dots, m-2$, возникает один многочлен $Q(\lambda) = \lambda^m + \sum_{k=0}^{m-2} a_k \lambda^k$, и поэтому полученные формулы несколько упрощаются. Однако при помощи замены переменной $\mu = Q(\lambda)$ формулы (4) и (5) можно еще упростить.

При каждом $\lambda \in \mathbb{R}$, для которого $Q'(\lambda) \neq 0$, рассмотрим уравнение $Q(\xi) = Q(\lambda)$ относительно $\xi \in \mathbb{C}$. Число вещественных корней этого уравнения обозначим через $2\omega(\lambda) + 1 - \delta$. Ясно, что $\omega(\lambda)$ является постоянной функцией от λ в каждом интервале, где производная Q' не обращается в нуль. Вещественные корни уравнения $Q(\xi) = Q(\lambda)$ обозначим через $\xi_\nu(\lambda)$, $\nu = \delta, \delta + 1, \dots, 2\omega(\lambda)$. Будем считать, что эти корни пронумерованы так, чтобы каждый из них был аналитической функцией от λ в каждом интервале постоянства функции $\omega(\lambda)$, возрастающей при $\delta \leq \nu \leq \omega(\lambda)$ и убывающей при $\omega(\lambda) < \nu \leq 2\omega(\lambda)$. Очевидно, один из корней $\xi_\nu(\lambda)$, $\delta \leq \nu \leq \omega(\lambda)$, совпадает с λ .

При любом $\lambda \in \mathbb{R}$, для которого $Q(\lambda) \notin M \cup T$, дифференциальное уравнение $l(u) = Q(\lambda)u$ имеет единственное ограниченное решение $u(x, \lambda)$, $x \in \mathbb{R}$, для которого в случае $Q'(\lambda) > 0$ справедливы асимптотические равенства

$$u(x, \lambda) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left\{ e^{ix\lambda} + \sum_{\nu=\omega(\lambda)+1}^{2\omega(\lambda)} \sqrt{|\xi'_\nu(\lambda)|} S_\nu^+(\lambda) e^{ix\xi_\nu(\lambda)} \right\} + o(1), \quad x \rightarrow \infty,$$

$$u(x, \lambda) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{\nu=\delta}^{\omega(\lambda)} \sqrt{\xi'_\nu(\lambda)} S_\nu^-(\lambda) e^{ix\xi'_\nu(\lambda)} + o(1), \quad x \rightarrow -\infty,$$

а в случае $Q'(\lambda) < 0$ – асимптотические равенства

$$u(x, \lambda) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{\nu=\delta}^{\omega(\lambda)} \sqrt{\xi'_\nu(\lambda)} S_\nu^+(\lambda) e^{ix\xi'_\nu(\lambda)} + o(1), \quad x \rightarrow \infty,$$

$$u(x, \lambda) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left\{ e^{ix\lambda} + \sum_{\nu=\omega(\lambda)+1}^{2\omega(\lambda)} \sqrt{|\xi'_\nu(\lambda)|} S_\nu^-(\lambda) e^{ix\xi'_\nu(\lambda)} \right\} + o(1), \quad x \rightarrow -\infty.$$

В этих асимптотических равенствах выполняются соотношения

$$\sum_{\nu=\delta}^{\omega(\lambda)} |S_\nu^\pm(\lambda)|^2 + \sum_{\nu=\omega(\lambda)+1}^{2\omega(\lambda)} |S_\nu^\pm(\lambda)|^2 = 1.$$

Беря в качестве первой из матриц (3) единичную матрицу, из (4) и (5) получим равенства

$$f(x) = \sum_j \psi_j(x) \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\psi_j(t)} dt + \int_{-\infty}^{\infty} F(\lambda) u(x, \lambda) d\lambda, \quad (7)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|^2 dx = \sum_j \left| \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\psi_j(t)} dt \right|^2 + \int_{-\infty}^{\infty} |F(\lambda)|^2 d\lambda,$$

где

$$F(\lambda) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{u(x, \lambda)} dt, \quad (8)$$

причем последний интеграл в (7) и интеграл (8) сходятся по норме $L^2(\mathbb{R})$.

Кафедра математики экономического факультета,
кафедра дифференциальных уравнений

Поступила 12.03.2003

ЛИТЕРАТУРА

- Наймарк М.А. Линейные дифференциальные операторы. М.: Наука, 1969.
- Петросян А.Г. – Ученые записки ЕГУ, 2003, № 3, с. 8–15.
- Хачатрян И.Г. – Изв. АН Арм. ССР, Математика, 1984, т. 19, № 4, с. 265–279.
- Хачатрян И.Г. – Изв. АН Арм. ССР, Математика, 1983, т. 18, № 5, с. 394–402.

Ա. Հ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Ի. Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ԱՆՎԵՐՋՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ ՈՐՈՇԱԿԻ ՎԱՐՔ ՈՒԽԵՑՈՂ ԳՈՐԾԱԿԻՑ-ՆԵՐՈՎ ԻՆՔՆԱՀԱՍԱԼՈՒԾ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՕՊԵՐԱՏՈՐԻ ԸՆՏԱԿԱՆ ՖՈՒԿՑԻԱՆԵՐԻ ՎԵՐԱԼՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ամփոփում

Դիտարկվում է $L^2(\mathbb{R})$ տարածությունում $m \geq 2$ կարգի սովորական գծային ինքնահամալուծ դիֆերենցիալ օպերատոր, որի գործակիցներն ունեն

որոշակի վարք անվերջությունում: Դուրս է բերվում Ֆուրյեի վերլուծության բանաձև այդ օպերատորի ընդհանրացված սեփական ֆունկցիաների մինիմալ համակարգի միջոցով:

A. H. PETROSYAN, I. G. KHACHATRYAN

ABOUT EXPANSION BY EIGEN FUNCTIONS SELF-ADJOINT
DIFFERENTIAL OPERATOR'S WITH COEFFICIENTS HAVING PRECISE
BEHAVIOUR IN INFINITY

Summary

In $L^2(\mathbb{R})$ space an $m \geq 2$ order self-adjoint differential operator is observed, the coefficients of which have precise behaviour in infinity. A Furei expansion formula is derived by means of minimal system of general eigen functions of this operator.

Математика

УДК 519.21

Т. А. ГРИГОРЯН

О СКОРОСТИ СХОДИМОСТИ В МОДЕЛИ $GI|G|1|\infty$

В настоящей работе найдена еще одна новая оценка скорости сходимости накопленной и невыполненной актуальной работы в модели $GI|G|1|\infty$ к ее стационарному аналогу. Результат позволяет получить аналогичную оценку для суммарного простоя, когда загрузка модели больше единицы.

§1. Введение. Модель $GI/G/1/\infty$. В одноканальную систему обслуживания с ожиданием в случайные моменты времени $\{t_n\}$, где $0 \leq t_1 \leq t_2 \dots$, поступают одиночные вызовы. Вызовы перенумерованы в порядке поступления чисел $1, 2, \dots$. Время обслуживания n -го, $n \geq 1$, вызова обозначим v_n , и пусть $u_n = t_n - t_{n-1}, t_0 = 0$. В момент $t=0$ модель свободна от вызовов.

Последовательности $\{u_n\}$ и $\{v_n\}$ неотрицательных случайных величин (СВ) определены на одном и том же вероятностном пространстве (Ω, \mathcal{F}, P) . Они независимы (друг от друга) и образуют последовательности независимых одинаково распределенных (НОР) СВ с функциями распределения (ФР) $A(t)$ и $B(t)$ на $[0, +\infty)$ соответственно.

По классификации Кендалла [1] – это модель $GI|G|1|\infty$.

Предположения. Допускаем $A(+0) = 0$ и $B(+0) = 0$. Первое условие влечет $P(0 < t_1 < t_2 < \dots) = 1$, где P – знак вероятности. Второе означает, что вероятность «мгновенного» обслуживания равна нулю. Условия позволяют избежать технических сложностей при анализе модели.

Далее, предполагаем $0 < \alpha_1 = Mu_1 < +\infty$ и $0 < \beta_1 = Mv_1 < +\infty$, где M – знак математического ожидания. С помощью средних α_1 (промежутка между соседними поступлениями вызовов) и β_1 (времени обслуживания)

определяется величина $\rho_1 = \frac{\alpha_1}{\beta_1}$, называемая загрузкой модели.

Дисциплина обслуживания предполагается консервативной.

Дисциплина обслуживания консервативна, если при ее использовании внутри модели работы не создается и не исчезает, а лишь привносится в модель извне поступлением вызовов [2].

Обозначим через w_n , $n \geq 1$, накопленную и невыполненную работу в момент $t_n = 0$. Отметим, что в случае дисциплины FIFO (first in – first out), которая является консервативной, w_n , $n \geq 1$, совпадает со временем ожидания начала обслуживания n -го поступившего вызова.

Информация. Известно, что [1]

1) существует предел

$$w_n \Rightarrow w, \quad n \rightarrow +\infty, \quad (1)$$

где \Rightarrow – знак слабой сходимости. Предельная СВ w при $\rho_1 < 1$ называется стационарным временем ожидания. Ее ФР $W(x) = P(w < x)$, $x \geq 0$, удовлетворяет условию $W(+\infty) = 1$;

2) имеет место свойство эргодичности. Именно при $\rho_1 < 1$, если $w_1 = y$, где $y \geq 0$ – не случайное число, то существует предел

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} P(w_n < x / w_1 = y) = W(x) \quad (2)$$

в точках x непрерывности $W(x)$, не зависящий от y (равенства (1) и (2) при $y=0$ эквивалентны). Здесь $P(A/B)$ – условная вероятность события A при осуществлении события B .

Имеется много результатов, оценивающих скорость сходимости w_n к w при $n \rightarrow +\infty$ (см., напр., [3]). Настоящая работа посвящена получению еще одного результата такого типа.

§2. Результат. Обозначим через $w_n(y)$, $n > 1$, $y \geq 0$, работу в момент $t_n = 0$ при условии $w_1 = y$. Тогда $w_n(y)$, $n > 1$, $y \geq 0$, есть решение системы уравнений (см. [1]):

$$w_{k+1}(y) = \max(0, w_k(y) + X_k), \quad k = \overline{1, n-1}, \quad (3)$$

где $\{X_n = v_n - u_{n+1}\}$ – последовательность НОР СВ. Ясно, что $w_n(0) = w_n$, $n \geq 1$.

Рассмотрим последовательность НОР СВ $\{\xi_n\}$, где $\xi_n = X_n + \delta$, $n \geq 1$, $\delta = \alpha_1 - \beta_1 > 0$ (поскольку $\rho_1 < 1$). При некотором $\varepsilon \in (0, 1)$ предполагаем выполненным условие

$$m_{2+\varepsilon} \stackrel{\text{def}}{=} M/\xi_1^{1/2+\varepsilon} < +\infty. \quad (4)$$

Сформулируем результат работы.

Теорема. Пусть $\rho_1 < 1$ и выполнено условие (4). Тогда при $x > 0$ и $n \geq 1$

$$0 \leq P(w_{n+1} < x) - P(w < x) \leq \frac{m_{2+\varepsilon}(1+\varepsilon)(4+\varepsilon)}{\varepsilon \delta^{2+\varepsilon}} \frac{1}{(n+(x/\delta))^{\varepsilon/2}}. \quad (5)$$

Далее, для $y \in (0, x)$ и $n \geq 1$

$$-\frac{m_{2+\varepsilon}}{\delta^{2+\varepsilon}}(1+\varepsilon)(2+\frac{\varepsilon}{2})\frac{1}{(n+\frac{x-y}{\delta})^{1+(\varepsilon/2)}} \leq P(w_{n+1}(y) < x) - P(w_{n+1} < x) \leq 0. \quad (6)$$

Более того, первое неравенство (6) справедливо для любого $y > 0$ и заданного $x < 0$ при $n > (y-x)/\delta$.

Метод доказательства теоремы основан на вытекающих из уравнений (3) двусторонних неравенствах. В рамках метода более сильные ограничения на сходимость моментов СВ ζ_1 приводят к «улучшению» скорости сходимости. Например, если

$$m_p = M/\zeta_1^p \stackrel{\text{def}}{=} <+\infty, p \geq 3, \quad (7)$$

то при $x > 0$, $y \in (0, x)$ и $n \geq 1$ в случае $\rho_1 < 1$ метод дает следующие оценки скорости сходимости w_n к w :

$$-\frac{m_p C(p)}{\delta^p} \frac{1}{\left(n + \frac{x-y}{\delta}\right)^{p/2}} \leq P(w_{n+1}(y) < x) - P(w < x) \leq \frac{2}{p-2} \frac{m_p C(p)}{\delta^p} \frac{1}{n^{\frac{p-2}{2}}}, \quad (8)$$

где $C(p) > 0$ – некоторая константа, зависящая лишь от p .

Более того, в силу зад. 31, гл. 3, стр. 98 [4], неравенства (8) имеют место с константой $C(p)$, определяемой равенством

$$C(p) = p(p-1)2^{p-3} \left(1 + \frac{2}{p} (K_{m,p})^{\frac{p-2}{2m}}\right), \quad \text{где } m > 0 \text{ – целое число. Оно опреде-}$$

ляется из условия $2m \leq p < 2m+2$, а константа $K_{m,p} = \sum_{n=1}^m \frac{n^{2m-1}}{(n-1)!}$. Например, при $p=3$ имеем $m=1$ и $K_{1,p}=1$. Тогда $C(3)=3 \cdot 2(1+2/3)=10$. Однако при $p=2$ метод неэффективен.

С $w_n, n \geq 1$, связана другая характеристика модели $GI|G|1|\infty$ – суммарный простой прибора $I_n, n \geq 1$, за $[0, t_n]$, который (как и w_n) инвариантен в классе консервативных дисциплин.

Известно, что [5] при $\rho_1 > 1$

1') существует предел $I_n \Rightarrow I, n \rightarrow +\infty$;

2') $I_1 = t_1$, $I_n - I_1 = w_n - S_{n-1}, n \geq 2$, где $S_{n-1} = X_1 + \dots + X_{n-1}, S_0 = 0$;

3') ФР $\hat{I}(x) = P(I < x), x > 0$, удовлетворяет условию $\hat{I}(+\infty) = 1$, но не является эргодичной.

Так как, согласно (3), $w = \sup_{n \geq 0} S_n$, где d означает совпадение ФР

обеих частей случайного равенства, то, в силу свойств 1'), 2'), при $\rho_1 > 1$

$$I = -\inf_{n \geq 0} S_n = \sup_{n \geq 0} (-S_n). \quad (9)$$

Равенства (9) показывают, что путем смены местами последовательностей $\{u_n\}$ и $\{v_n\}$ неравенства (5) справедливы при $\rho_1 < 1$ и могут быть переписаны для $I(x)$ при $\rho_1 > 1$. Тогда $\delta = \alpha_1 - \beta_1 < 0$ при $\rho_1 > 1$.

Таким образом, справедливо

Следствие. Пусть $\rho_1 > 1$ и выполнено условие (4). Тогда при $x > 0$ и $n \geq 1$ выполняется условие

$$0 \leq P(I_{n+1} < x) - P(I < x) \leq \frac{m_{2+\varepsilon}(1+\varepsilon)(4+\varepsilon)}{\varepsilon(-\delta)^{2+\varepsilon}} \frac{1}{\left(n - \left(\frac{x}{\delta}\right)^{\varepsilon/2}\right)}. \quad (10)$$

§3. Доказательство теоремы. Обозначим $\bar{S}_n = \max_{0 \leq k \leq n} S_k, n \geq 1$,

$\bar{S} = \sup_{k \geq 0} S_k$. При $x > 0$ и $n \geq 1$ имеем

$$0 \leq P(w_{n+1} < x) - P(\bar{S} < x) = P(\bar{S} \geq x) - P(w_{n+1} \geq x) = P(\bar{S}_n < x, \bar{S} \geq x), \quad (11)$$

где использовано решение $P(w_{n+1} \geq x) = P(\bar{S}_n \geq x)$ уравнений (3) при $y=0$.

Записанная справа в (11) вероятность при каждом x не убывает с ростом n . Далее, при $x > 0$ и $n \geq 1$, по формуле полной вероятности,

$$P(\bar{S}_n < x, \bar{S} \geq x) = \sum_{k>n} P(\bar{S}_{k-1} < x, S_k \geq x) \leq \sum_{k>n} P(S_k \geq x).$$

С учетом $\delta = \beta_1 - \alpha_1 > 0$ по неравенству Чебышева при $x > 0$ и $n \geq 1$ имеем

$$P(\bar{S}_n < x, \bar{S} \geq x) \leq \frac{1}{\delta^{2+\varepsilon}} \sum_{k>n} \frac{M/\zeta_k /^{2+\varepsilon}}{\left(k + \left(\frac{x}{\delta}\right)\right)^{2+\varepsilon}}, \quad (12)$$

где обозначено $\zeta_n = \zeta_1 + \zeta_2 + \dots + \zeta_n$.

По теореме 20, гл. 3, стр. 89 и зад. 31, гл. 3, стр. 98 [4], справедлива оценка

$$M/\zeta_n /^{2+\varepsilon} \leq (1+\varepsilon)(2+(\varepsilon/2))n^{1+(\varepsilon/2)}m_{2+\varepsilon}. \quad (13)$$

Подставив оценку (13) в правую часть неравенства (12), при $x > 0$ и $n \geq 1$ приходим к оценке

$$P(\bar{S}_n < x, \bar{S} \geq x) \leq (1+\varepsilon)(2+(\varepsilon/2)) \frac{m_{2+\varepsilon}}{\delta^{2+\varepsilon}} \sum_{k>n} \frac{1}{\left(k + \left(\frac{x}{\delta}\right)\right)^{1+(\varepsilon/2)}}.$$

По интегральному признаку Маклорена–Коши для рядов с положительными членами, последнее неравенство влечет оценку

$$P(\bar{S}_n < x, \bar{S} \geq x) \leq \frac{(1+\varepsilon)(4+\varepsilon)}{\varepsilon \delta^{2+\varepsilon}} \frac{1}{\left(n + \frac{x}{\delta}\right)^{\varepsilon/2}}, \text{ откуда и из (11) выводим}$$

$$\begin{aligned} P(w_{n+1}(y) < x) - P(w_{n+1} < x) &= P(w_{n+1} \geq x) - P(w_{n+1}(y) \geq x) = \\ &= P(S_n - \min_{0 \leq k \leq n} S_k < x, S_n + y \geq x) \geq -P(x > S_n \geq x - y) \geq -P(S_n \geq x - y). \end{aligned} \quad (14)$$

Отрицательная нижняя оценка (14) – следствие *немонотонности* при фиксированных x и y вероятности $P(w_{n+1}(y) < x)$ по n .

Используя, как и ранее, неравенство Чебышева и оценку (13), при $x > 0$, $y > 0$ и $n \geq 1$ получаем

$$P(\bar{S}_n \geq x - y) \leq (1+\varepsilon)(2+\varepsilon/2) \frac{m_{2+\varepsilon}}{\delta^{2+\varepsilon}} \frac{1}{\left(n + \frac{x-y}{\delta}\right)^{1+\varepsilon/2}},$$

откуда и из (14) выводим (6). Теорема доказана.

Приношу благодарность проф. Э. А. Даниеляну за постановку задачи и ценные указания.

Кафедра теории вероятностей
и математической статистики

Поступила 29.09.2003

ЛИТЕРАТУРА

- Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1987.
- Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. М.: Мир, 1979.
- Боровков А.А. Вероятностные процессы в теории массового обслуживания. М.: Наука, 1972.
- Петров В.В. Пределевые теоремы для сумм независимых случайных величин. М.: Наука, 1987.
- Prahbu N.U. Stochastic Storage Processes. Springer-Verlag, New-York-Heidelberg-Berlin, 1980, v. 15.

S. Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ԶՈՒԳԱՍԻՏՈՒԹՅԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ
G|G|1|∞ ՄՈԴԵԼՈՒՄ

Ամփոփում

Գտնված է $G|G|1|∞$ մոդելում կուտակված և չկատարված հրատապ աշխատանքի այդ մոդելի ստացիոնար համարժեքին գուգամիտելու արագության մի նոր զնահատական: Այն բույլ է տալիս սպասարկող

սարքի գումարային ազատ ժամանակի համար ստանալ ննան մի զնահատական, եթե մոդելի ծանրաբեռնվածությունը մեծ է մեկից:

T. A. GRIGORYAN

ON A RATE OF CONVERGENCE IN THE $GI|G|1|\infty$ MODEL

Summary

In the present paper one more estimation on a rate of convergence of actual waiting time to its stationary value in the $GI|G|1|\infty$ model is obtained. It leads to a similar estimation for total empty time of a server when the traffic intensity of the model is more than one.

Математика

УДК 512.57

С. С. ДАВИДОВ

БИНАРНЫЕ ТЕРМЫ И ПОЛУТЕРМЫ

В статье вводится понятие полутерма, с помощью которого представляются элементы абсолютно свободной алгебры. Доказанные результаты применяются для абелевых алгебр.

Зафиксируем произвольное число символов двух сортов $\{\alpha_i \mid i \in I\}$ и $\{\beta_i \mid i \in I\}$ (I – непустое множество), которые в дальнейшем будут рассматриваться как унарные символы операции. Свободный моноид над множеством $\{\alpha_i, \beta_i \mid i \in I\}$ будем обозначать через E . Каждый элемент $e \in E$ может быть однозначно выражен в виде $e = \prod_{i=1}^n a_i$, где $n \in N$ и $a_i \in \{\alpha_i, \beta_i \mid i \in I\}$ для всех $i = 1, \dots, n$. Число n будем называть глубиной e и обозначать через $\delta(e)$. Единичный элемент обозначается через 1, для него $\delta(1) = 0$. Для каждого $n \geq 0$ положим $E_n = \{e \in E \mid \delta(e) = n\}$. Положим $\bar{\alpha}_i = \beta_i$ и $\bar{\beta}_i = \alpha_i$, для всех $i \in I$, т.е. отображение $x \mapsto \bar{x}$ является подстановкой множества $\{\alpha_i, \beta_i \mid i \in I\}$.

Введем также два символа α и β , полагая $\alpha_i = \alpha$, $\beta_i = \beta$ для всех $i \in I$. Через E' обозначим свободный моноид над множеством $\{\alpha, \beta\}$.

Пусть X – произвольное непустое множество. Через SW'_x обозначим свободную алгебру над X в многообразии алгебр типа (сигнатуры) $\{+; 0; \alpha_i; \beta_i \mid i \in I\}$ (состоящую из одного бинарного, одного нуллярного и $2|I|$ унарных символов), определяемую следующими тождествами:

$$(x + y) + z = x + (y + z),$$

$$x + y = y + x,$$

$$x + 0 = x,$$

$$\alpha_i(x + y) = \alpha_i x + \alpha_i y \text{ для всех } i \in I,$$

$$\beta_i(x + y) = \beta_i x + \beta_i y \text{ для всех } i \in I,$$

$\alpha_i 0 = 0$ для всех $i \in I$,

$\beta_i 0 = 0$ для всех $i \in I$.

Элементы алгебры SW'_x будем называть полутермами над X . Очевидно, что каждый полутерм s может быть выражен в виде

$$s = \sum_{i=1}^r e_i x_i,$$

где $r \in N$, $e_i \in E$ и $x_i \in X$; это выражение однозначно с точностью до порядка слагаемых. Натуральное число r называется длиной s и обозначается через $\lambda(s)$. Ясно, что $\lambda(s) = 0$ тогда и только тогда, когда $s = 0$.

Пусть $s = \sum_{i=1}^r e_i x_i$, множество $\{x_i \mid i = 1, \dots, r\}$ будем обозначать через $\text{var}(s)$, а множество всех $j \in I$, входящих в e_i , $i = 1, \dots, r$, — через $[s]$. Через $[s]^{(k)}$ обозначим множество индексов элементов α_i, β_i , стоящих на k -ых местах в e_i , $i = 1, \dots, r$. Например, если $s = \alpha_1 \beta_3 \alpha_2 x_1 + \alpha_2 \beta_1 \alpha_5 \alpha_6 x_2 + \alpha_3 x_3 + \beta_5 \alpha_1 \beta_7 x_4$, то

$$\begin{aligned}\text{var}(s) &= \{x_1, x_2, x_3, x_4\}, \\ [s] &= \{1, 2, 3, 5, 6, 7\}, \\ [s]^{(1)} &= \{1, 2, 3, 5\}, \\ [s]^{(3)} &= \{2, 5, 7\} \text{ и т. д.}\end{aligned}$$

Пусть $\Sigma = \{X_i \mid i \in I\}$ — множество арифметического типа $T = \{2\}$ [1, 2]. Определим бинарные операции на SW'_x следующим образом:

$$X_i(s, t) = \alpha_i s + \beta_i t \text{ для всех } i \in I.$$

Полученную T -алгебру $\langle SW'_x, \Sigma \rangle$ будем обозначать через SW_x^Σ и называть алгеброй полутермов над парой (X, Σ) . Главную подалгебру [1, 2] SW_x^Σ , порожденную множеством X , будем обозначать через W_x^Σ , а его элементы будем называть термами над (X, Σ) .

Предложение 1. W_x^Σ — абсолютно свободная алгебра над парой (X, Σ) . Для каждого терма t над (X, Σ) имеет место один из следующих случаев:

(1) $t \in X$;

(2) существуют единственные термы u, v над (X, Σ) и $X_i \in \Sigma$, такие, что $t = X_i(u, v)$.

Доказательство очевидно.

Предложение 2. Пусть $t = \sum_{i=1}^r e_i x_i$ — полутерм над (X, Σ) , удовлетворяющий следующим условиям:

- (1) $r \geq 1$;
- (2) если $i, j \in \{1, \dots, r\}$ и $e'_i = e'_j f'$ для некоторого $f' \in E'$, то $i = j$;
- (3) если $i \in \{1, \dots, r\}$ и $e_i = fag$ для некоторых $f, g \in E$ (возможно равных единице) и $a \in \{\alpha_i, \beta_i\}$ для некоторого $i \in I$, то существует $j \in \{1, \dots, r\}$ с $e_j = fah$ для некоторого $h \in E$. Тогда число элементов множества $\{^{(k)}\}$ для всех $k \leq \max_{i \in \{1, \dots, r\}} \delta(e_i)$ меньше или равно 2^{k-1} , т. е. $\|\{^{(k)}\}\| \leq 2^{k-1}$.

Доказательство проводится индукцией по длине терма.

Предложение 3. Пусть $t = \sum_{i=1}^r e_i x_i$ – полутерм над (X, Σ) . t будет термом над (X, Σ) тогда и только тогда, когда он удовлетворяет следующим условиям:

- (1) $r \geq 1$;
- (2) если $i, j \in \{1, \dots, r\}$ и $e'_i = e'_j f'$ для некоторого $f' \in E'$, то $i = j$;
- (3) если $i \in \{1, \dots, r\}$ и $e_i = fag$ для некоторых $f, g \in E$ (возможно равных единице) и $a \in \{\alpha_k, \beta_k\}$ для некоторого $k \in I$, то существует $j \in \{1, \dots, r\}$ с $e_j = fah$ для некоторого $h \in E$.

Доказательство. Рассмотрим множество всех полутермов $t \in SW_x^\Sigma$, удовлетворяющих условиям (1)–(3). Легко видеть, что это множество будет подалгеброй SW_x^Σ , содержащей X . Поэтому W_x^Σ принадлежит подалгабре полутермов, удовлетворяющих условиям (1)–(3).

Покажем обратное, а именно, если t удовлетворяет условиям (1)–(3), то $t \in W_x^\Sigma$. Доказательство проведем индукцией по $\lambda(t)$. Пусть $\lambda(t) = 1$, т. е. $t = e_1 x_1$. Если e_1 отлично от единицы, то его можно представить в виде $e_1 = fag$, где $f, g \in E$ и $a \in \{\alpha_k, \beta_k\}$ для некоторого $k \in I$. Согласно (3), t должен содержать коэффициент fah для некоторого $h \in E$, что невозможно, поэтому $t = x_1$, т. е. $t \in W_x^\Sigma$. Предположим, что утверждение верно для $\lambda(t) < n$, докажем его для $\lambda(t) = n$. Положим $t = \sum_{i=1}^n e_i x_i$. Согласно предложению 2, первые элементы коэффициентов e_i принадлежат одному индексу $j \in I$. Поэтому t можно представить в виде

$$t = \sum_{i=1}^k \alpha_j f_i x_i + \sum_{i=k+1}^n \beta_j f_i x_i = \alpha_j \sum_{i=1}^k f_i x_i + \beta_j \sum_{i=k+1}^n f_i x_i = X_j(t_1, t_2).$$

Полутермы $t_1 = \sum_{i=1}^k f_i x_i$ и $t_2 = \sum_{i=k+1}^n f_i x_i$ имеют длину меньше n , и для них выполняются условия (1)–(3), следовательно, по предположению

индукции $t_1, t_2 \in W_x^\Sigma$, поэтому $t \in W_x^\Sigma$. Предложение доказано.

Пусть $t = \sum_{i=1}^r e_i x_i$ – терм. Множество $\{e_i \mid i = 1, \dots, r\}$ обозначим через $I^*(t)$, множество $\{e \in E \mid ef \in I^*(t)\}$ для некоторого $f \in E\}$ – через $I(t)$. Для каждого $n \geq 0$ положим $I_n(t) = E_n \cap I(t)$. Очевидно $I^*(t) \subseteq I(t)$. Более того, если $e \in I(t)$, то $e \in I^*(t)$ тогда и только тогда, когда $e\alpha, e \in I(t)$ тогда и только тогда, когда $\alpha\beta, e \in I(t)$ для некоторого $i \in I$. Глубиной терма t назовем число $\delta(t) = \max\{\delta(e) \mid e \in I(t)\}$. Ясно, что $\delta(t)$ есть наибольшее целое число n , такое, что $I_n(t) \neq \emptyset$ и $I_{\delta(t)}(t) \subseteq I^*(t)$.

Предложение 4. Пусть t – терм над (X, Σ) и $e \in I(t)$. Тогда существует единственная пара (w, u) , такая, что w – полутерм, u – терм и $t = w + eu$. Более того, если v – произвольный терм над (X, Σ) , то $w + ev$ также будет термом над (X, Σ) .

Доказательство. Положим $t = \sum_{i=1}^r e_i x_i$, где $x_i \in X$. Обозначим через J множество всех $j \in \{1, \dots, r\}$, таких, что $e_j = ef$ для некоторого $f \in E$, т. е. это множество индексов тех коэффициентов терма t , которые начинаются с e . Для каждого $j \in J$ определим f_j следующим образом: $e_j = ef_j$.

Положим $u = \sum_{j \in J} f_j x_j$, $w = \sum_{j \in J} e_j x_j$. Тогда будем иметь

$$t = w + eu = \sum_{j \in J} e_j x_j + e \sum_{j \in J} f_j x_j = \sum_{j \in J} e_j x_j + \sum_{j \in J} ef_j x_j = \sum_{j \in J} e_j x_j + \sum_{j \in J} e_j x_j = \sum_{i=1}^r e_i x_i.$$

То, что u – терм, следует из условий (1)–(3) предложения 3.

Покажем теперь единственность. Предположим, что $t = w_0 + eu_0$, где $w_0 \in SW_X^\Sigma$ и $u_0 \in W_X^\Sigma$. Предположим, что $e_i x_i$ является слагаемым в w_0 для некоторого $i \in J$. Возьмем $f \in E$ максимальной глубины, такой, что для некоторых $g, h \in E$ и $x, y \in X$ $efgx$ – слагаемое в w_0 и $efhy$ – слагаемое в eu_0 (это возможно, т.к., по нашему предположению, $e_i x_i = ef_i x_i$ – слагаемое в w_0 , а все слагаемые в eu_0 начинаются с e). Отметим, что g и h не могут быть равны 1, поэтому $g = ag_0$, $h = bh_0$, где $a, b \in \{\alpha_i, \beta_i \mid i \in I\}$, и $a \neq b$ ввиду максимальности глубины f . Для a и b возможно несколько случаев:

(а) $a = \alpha_k$, $b = \beta_k$. В этом случае имеем $ef\alpha_k g_0 x$ – слагаемое в w_0 , а $ef\beta_k h_0 y$ – слагаемое в eu_0 ; т. к. u_0 – терм, то $f\alpha_k h_1$ входит в

него как слагаемое (согласно предложению 3(3)), т. е. $ef\alpha_k h_1$ – слагаемое в eu_0 . Это противоречит выбору f , а именно, мы нашли более длинный элемент $f\alpha_k$, удовлетворяющий требуемым условиям:

- (b) $a = \beta_k$, $b = \alpha_k$ рассматривается двойственным образом;
- (c) $a = \alpha_k$, $b = \alpha_s$.

Имеем $ef\alpha_k g_0 x \in w_0$, $ef\alpha_s h_0 y \in u_0$. В этом случае g_0 и h_0 отличны от 1, т. к. в противном случае нарушилось бы условие предложения 3(2). Рассмотрим опять несколько вариантов:

(c₁) $g_0 = \alpha_n g_1$, $h_0 = \beta_m h_1$. Имеем $ef\alpha_s \alpha_n g_1 x \in w_0$, $ef\alpha_s \beta_m h_1 y \in eu_0$. Т. к. u_0 – терм, то $ef\alpha_s \alpha_m h'_1 \in eu_0$, и мы опять имеем g_1 и h'_1 , не равные единице по тем же причинам, что и выше. Процесс не может продолжаться до бесконечности, т. к. коэффициенты имеют конечную длину. Противоречие.

(c₂) $g_0 = \alpha_n g_1$, $h_0 = \beta_n h_1$ аналогично (c₁).

(c₃) $g_0 = \alpha_n g_1$, $h_0 = \alpha_m h_1$, тогда $ef\alpha_k \alpha_n g_1 x \in w_0$, $ef\alpha_s \alpha_m h_1 y \in eu_0$ аналогично (c₁).

(c₄) $g_0 = \beta_n g_1$, $h_0 = \beta_m h_1$ двойственno (c₃).

(c₅) $g_0 = \beta_n g_1$, $h_0 = \alpha_m h_1$ двойственno (c₁).

Таким образом, в случае (c) опять приходим к противоречию.

(d) $a = \beta_k$, $b = \beta_s$ рассматривается двойственным образом по отношению к (c).

(e) $a = \alpha_k$, $b = \beta_s$.

Тогда $ef\alpha_k g_0 x \in w_0$, $ef\beta_s h_0 y \in eu_0$. Поскольку u_0 – терм, то $ef\alpha_s h_0 y \in eu_0$, и далее продолжаем, как и в случае (c).

(f) $a = \beta_s$, $b = \alpha_s$ двойственno (e).

Таким образом, предположив, что $e_i x_i$ слагаемое в w_0 , мы пришли к противоречию, поэтому все $e_i x_i$ входят в $e_i u_0$ для всех $i \in J$, следовательно, $u = u_0$. Теперь равенство $w = w_0$ очевидно.

Для завершения доказательства остается показать, что $t_1 = w + ev$ будет термом для любого терма v . Пусть $v = \sum_{i=1}^k h_i x_i$, тогда $t_1 = \sum_{i \in J} e_i x_i +$

$$+ e \sum_{i=1}^k h_i x_i = \sum_{i \in J} e_i x_i + \sum_{i=1}^k e h_i x_i.$$

Ни один из коэффициентов e_i не начинается с e и, следовательно, ни один из коэффициентов $e h_i$ не может быть начальным отрезком коэффициента в $\sum_{i \in J} e_i x_i$ и наоборот. Т. о. для t_1 выполняется условие (2) предложения 3, т. к. в противном случае оно нарушилось бы для термов t и v . Проверим условие (3) этого же предложения. Пусть

fah – некоторый коэффициент в t_1 . Если он входит в $\sum_{i \in J} e_i x_i$, то по построению $w + ev$ элемент fah_1 должен входить в $\sum_{i \in J} e_i x_i$. Если fah входит в $\sum_{i=1}^k eh_i x_i$, то $f = ef_1$ и $f_1 ah$ входят в $\sum_{i=1}^k h_i x_i$, и т. к. он терм, то в него входит $f_1 \bar{a} h_1$, т. о. $ef_1 \bar{a} h_1 = fah_1$ входит в $\sum_{i=1}^k eh_i x_i$. Следовательно, $t_1 = w + ev$ будет термом. Предложение доказано.

Терм можно рассмотреть в виде графа, представляющего собой дерево, корнем которого станет первое вхождение функциональной

переменной, и из любой его вершины выходят два ребра (если рассматривать термы арифметического типа $\{2\}$), а всякий путь из корня оканчивается на вершинах, которым соответствуют предметные переменные. Утверждение предложения 4 наглядно представлено на графике терма. Если мы возьмем какой-нибудь начальный отрезок (путь) в графике терма (в данном примере он обведен жирной линией), то элементы терма, имеющие такой начальный отрезок в своих коэффициентах будут составлять поддерево этого графа (обведен кривой линией), т. е. само оно является графиком

некоторого терма. Остальная часть дерева не является графиком никакого терма. Кроме того, если мы вместо обведенной части дерева подставим другое дерево (граф другого терма), то получившееся дерево опять сохранит свою структуру, т. е. будет являться графиком некоторого терма.

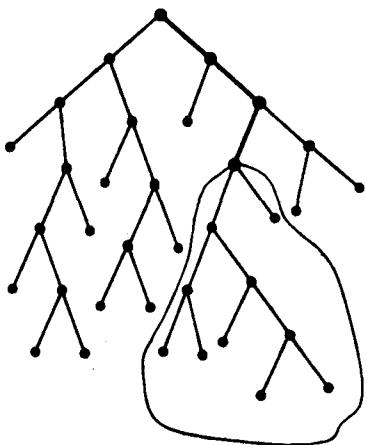
Пусть $t = w + ev$ – терм, тогда терм u будем обозначать через $t_{[E]} = u$ и называть подтермом терма t , соответствующим e . Ясно, что

$t_{[E]} \in X$ тогда и только тогда, когда $e \in I^*(t)$. Если $t = \sum_{i=1}^r e_i x_i$, то $t_{[e_i]} = x_i$

для всех $i = 1, \dots, r$. Терм $w + ev$ будем обозначать через $\sigma_{e,v}(t)$.

Предложение 5. Пусть t, v – два терма над (X, Σ) , $n \geq 0$, $e \in I_n(t)$, и положим $S = \sigma_{e,v}(t)$. Тогда

- (1) $I_m(s) = I_m(t)$ для всех $m \in \{0, \dots, n\}$;
- (2) $s_{[e]} = v$;
- (3) если $f \in I_n(t)$ и $f \neq e$, то $s_{[f]} = t_{[f]}$;
- (4) если $0 \leq m < n$, $x \in X$ и $g \in I_m(t)$, то $t_{[g]} = x$ тогда и только тогда, когда $s_{[g]} = x$.



Доказательство.

(1). Имеем $s = w + ev$, $t = w + eu$, и поскольку $m \leq n$, то в слагаемых ev и eu начальные отрезки длины m совпадают, т. к. $\partial(e) = n$, а w у них общее. Поэтому $I_m(s) = I_m(t)$.

(2). Очевидно.

(3). Т. к. $f \neq e$ и $\partial(f) = \partial(l) = n$, то f не может быть начальным отрезком коэффициента в ev и eu , т. е. он начальный отрезок коэффициента, входящего в w , и поэтому $s_{[j]}$ и $t_{[j]}$ будут состоять из одинаковых слагаемых.

(4). Т. к. $g \in I_m(t)$ и $t_{[g]} = x$, то g является коэффициентом, входящим в w , и поскольку $m < n$, а у s и t w – общее, то $s_{[g]} = x$. Аналогично обратное. Предложение доказано.

Пусть t – терм над (X, Σ) и $e_1, \dots, e_k \in I(t)$, такие, что если $i, j \in \{1, \dots, k\}$ и $e_i = e_j f$ для некоторого $f \in E$, то $i = j$. Другими словами, ни один e_i не может быть начальным отрезком для другого e_j . Такую систему e_1, \dots, e_k будем называть независимой. Тогда из доказательства предложения 4 будет следовать, что существуют единственныи w, u_1, \dots, u_k , такие, что w – полутерм, u_1, \dots, u_k – термы и $t = w + e_1 u_1 + \dots + e_k u_k$. Имеем $t_{[e_i]} = u_1, \dots, t_{[e_k]} = u_k$. Если v_1, \dots, v_k – произвольные термы, тогда $w + e_1 v_1 + \dots + e_k v_k$ – терм, который будем обозначать через $\sigma_{e_1 v_1} \dots \sigma_{e_k v_k}(t)$.

Пусть t – терм, $n \geq 0$ и p – подстановка $I_n(t)$. Обозначим через e_1, \dots, e_k (попарно различные) элементы $I_n(t)$. Очевидно, они удовлетворяют условию, описанному выше. Терм $\sigma_{e_1 v_1} \dots \sigma_{e_k v_k}(t)$, где $v_i = t_{[p(e_i)]}$ для всех $i = 1, \dots, k$, обозначим через $p[t]$.

Предложение 6. Пусть t – терм над (X, Σ) , $n \geq 0$, и пусть p – подстановка $I_n(t)$. Тогда

(1) $I_m(p[t]) = I_m(t)$ для всех $m \in \{0, \dots, n\}$;

(2) если $e \in I_n(t)$, то $p[t]_{[e]} = t_{[p(e)]}$;

(3) если $0 \leq m < n$, $x \in X$ и $e \in I_m(t)$, то $t_{[e]} = x$ тогда и только тогда, когда $p[t]_{[e]} = x$.

Доказательство. Следует из предложения 5.

Пусть $n \in N$, t_0, t_1, \dots, t_n – термы над (X, Σ) и a_1, \dots, a_n – некоторые элементы из $\{\alpha_i, \beta_i \mid i \in I\}$. Определим терм $[t_0, a_1, t_1, \dots, a_n, t_n]$ индукцией по n следующим образом: $[t_0] = t_0$; $[t_0, a_1, t_1, \dots, a_{n+1}, t_{n+1}] = X_i([t_0, a_1, t_1, \dots, a_n, t_n], t_{n+1})$, если $a_{n+1} = \alpha_i$, и $[t_0, a_1, t_1, \dots, a_{n+1}, t_{n+1}] = X_i(t_{n+1}, [t_0, a_1, t_1, \dots, a_n, t_n])$, если $a_{n+1} = \beta_i$.

Предложение 7. Пусть t – терм над (X, Σ) и $e = a_1 \dots a_n \in I_n(t)$ ($n \geq 0$).

Тогда

$$(1) \quad t = [t_{[e]}, a_n, t_{[a_1 \dots a_{n-1} \bar{a}_n]}, a_{n-1}, t_{[a_1 \dots a_{n-2} \bar{a}_{n-1}]}], \dots, a_1, t_{[\bar{a}_1]}];$$

$$(2) \quad \text{если } v \text{ – терм над } (X, \Sigma), \text{ то } \sigma_{e:v}(t) = [v, a_n, t_{[a_1 \dots a_{n-1} \bar{a}_n]}], \dots, a_1, t_{[\bar{a}_1]}].$$

Доказательство.

(1). Индукцией по $\lambda(t)$. Предположим, утверждение верно для $\lambda(t) < m$, докажем его для $\lambda(t) = m$. Т. к. t – терм, то существуют $X_i \in \Sigma$ и $u, v \in W_X^\Sigma$, такие, что $t = X_i(u, v) = \alpha_i u + \beta_i v$. Длина термов u, v меньше m . Пусть $e = a_1 \dots a_n \in I_n(t)$, тогда $a_1 = \alpha_i$ или $a_1 = \beta_i$. Рассмотрим случай $a_1 = \alpha_i$, тогда $a_2 \dots a_n \in I_{n-1}(u)$, т. к. $\alpha_i a_2 \dots a_n$ – коэффициент в $\alpha_i u$ и $t = [u, a_1, v]$. Имеем $v = t_{[\beta_i]} = t_{[\bar{a}_1]} = t_{[\bar{a}_1]}$ и по предположению индукции $u = [u_{[a_2 \dots a_n]}, a_n, u_{[a_2 \dots \bar{a}_n]}, a_{n-1}, \dots, a_2, u_{[\bar{a}_1]}]$. Поэтому

$$t = X_i(u, v) = X_i([u_{[a_2 \dots a_n]}, a_n, u_{[a_2 \dots \bar{a}_n]}, a_{n-1}, \dots, a_2, u_{[\bar{a}_1]}] t_{[\bar{a}_1]}) = \\ = [u_{[a_2 \dots a_n]}, a_n, u_{[a_2 \dots \bar{a}_n]}, a_{n-1}, \dots, a_2, u_{[\bar{a}_1]}, a_1, t_{[\bar{a}_1]}].$$

Теперь легко видеть, что $u_{[a_2 \dots a_n]} = t_{[a_1 a_2 \dots a_n]} \quad u_{[a_2 \dots \bar{a}_n]} = t_{[a_1 a_2 \dots \bar{a}_n]}, \dots, u_{[\bar{a}_1]} = t_{[a_1 \bar{a}_2]}$. Аналогично рассматривается случай $a_1 = \beta_i$.

(2). Следует из (1). Предложение доказано.

Если $e = a_1 \dots a_n \in E$, то упорядоченная пара $((i \mid a_i = \alpha_j), (i \mid a_i = \beta_j))$ называется j -весом e , а кортеж упорядоченных пар $((k_1, l_1), \dots, (k_i, l_i), \dots)$ – Σ -весом e , где (k_i, l_i) – i -вес e .

Обозначим через $P_{((k_1, l_1), \dots, (k_i, l_i), \dots)}(x, t)$ число коэффициентов терма t при переменной x , имеющих Σ -вес $((k_1, l_1), \dots, (k_i, l_i), \dots)$. Определим бинарное отношение R_X^Σ на W_X^Σ следующим образом:

$(u, v) \in R_X^\Sigma$ тогда и только тогда, когда $P_{((k_1, l_1), \dots, (k_i, l_i), \dots)}(x, u) = P_{((k_1, l_1), \dots, (k_i, l_i), \dots)}(x, v)$ для всех $x \in X$ и всех (k_i, l_i) , $i \in I$.

Пусть M_X^Σ – множество всех сверхтождеств, выполняющихся во всех сократимых бинарных абелевых алгебрах. Тогда при помощи вышеизложенных результатов можно доказать следующую теорему.

Теорема. R_X^Σ – вполне инвариантная конгруэнция алгебры W_X^Σ , и $M_X^\Sigma \subseteq R_X^\Sigma$.

ЛИТЕРАТУРА

- Мовсисян Ю.М. Введение в теорию алгебр со сверхтождествами. Еր.: Изд-во ЕГУ, 1986.

Ս. Ս. ԴԱՎԻԴՈՎ

ԵՐԿՏԵՂ ԹԵՐՄԵՐ ԵՎ ԿԻՍԱԹԵՐՄԵՐ

Ամփոփում

Հոդվածում ներմուծվում է կիսաթերմի գաղափարը, որի միջոցով ներկայացվում են ազատ հանրահաշվի տարրերը: Ստացված արդյունքները կիրառվում են աբելյան հանրահաշիվների դեպքում:

S. S. DAVIDOV

BINARY TERMS AND SEMITERMS

Summary

In the present paper we give a new construction of absolutely free binary algebra, the elements of which are called semiterms. These results are applied for abelian algebras.

Физика

УДК 13.3

Д. М. СЕДРАКЯН, А. Ж. ХАЧАТРЯН, Н. М. ИСПИРИЯН, Ю. Н. АЙРАПЕТИЯН

ПРОПУСКАНИЕ И ОТРАЖЕНИЕ ПЛОСКОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ, ПАДАЮЩЕЙ НАКЛОННО НА ИДЕАЛЬНУЮ СТРУКТУРУ

В данной работе нами исследуется поведение зон пропускания и отражения плоской электромагнитной волны, падающей наклонно на идеальную слоистую структуру в зависимости от ее параметров и угла падения волны. Найдено условие, при котором возможно соприкоснение зон пропускания. Данное условие имеет один и тот же вид как для случая s -волн, так и для p -волн. Показано, что в точках соприкоснения зон коэффициент прохождения волны равен единице.

Введение. Рассматривается прохождения плоской электромагнитной волны, падающей наклонно на идеальную периодическую структуру. В частности, мы исследуем поведение зон отражения и прохождения волны для структуры, представляющей собой периодическое повторение одного однородного слоя в пространстве в зависимости от ее параметров (показатель преломления слоя, его толщина, расстояния между слоями), а также в зависимости от угла падения волны. На наш взгляд, данная постановка задачи имеет помимо физического и практический интерес. Так, в частности, она позволяет проследить динамику изменения характера пропускания периодической системы при изменении одного из ее параметров (напр., изменение показателя преломления слоя в зависимости от его состава), а также по необходимости прогнозировать структуры с наперед заданными спектральными характеристиками.

Некоторые представленные ниже выводы являются обобщением результатов [1], полученных для задачи движения электрона в бесконечном и периодическом с обеих сторон одномерном поле, которое состоит из прямоугольных потенциальных барьеров.

Уравнения, определяющие границы четных и нечетных зон пропускания. Обсуждаемая задача хорошо известна, а ее решение можно встретить во многих учебниках по оптике (см., напр., [2, 3]). Поэтому,

мы ограничимся только ее постановкой и приведением окончательного результата.

Рассмотрим задачу определения коэффициента прохождения плоской монохроматической электромагнитной волны, падающей наклонно на идеальную слоистую структуру, представляющую собой периодическое повторение одного однородного слоя в пространстве. Диэлектрическая проницаемость для рассматриваемой структуры может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned}\varepsilon(z) = \varepsilon_0 \theta(-z) + \sum_{n=1}^N \varepsilon \theta(z - (n-1)a) \theta((n-1)a + d - z) + \\ + \sum_{n=1}^{N-1} \varepsilon_0 \theta(z - ((n-1)a + d)) \theta(na - z) + \varepsilon_0 \theta(z - L),\end{aligned}\quad (1)$$

где a является периодом структуры, ε – диэлектрическая постоянная одного слоя, d – его ширина и $L = (N-1)a - d$. Далее мы будем предполагать, что магнитная проницаемость слоев $\mu = 1$.

Выберем в качестве единичных базисных векторов \vec{e}_1 , \vec{e}_2 , \vec{e}_3 . Пусть волновой вектор плоской волны, падающей на слоистую структуру (1) из первой полубесконечной среды ($z < 0$), расположен в плоскости (x, z) . Тогда, рассматривая электрическую компоненту поля как реальную часть комплексного вектора $\vec{E} \exp\{-i\omega t\}$, пространственную зависимость вектора \vec{E} можем записать в виде

$$\vec{E}(\vec{r}) = \begin{cases} \vec{E}_0 \exp\{i\vec{k}_0 \cdot \vec{r}\} + \vec{E}_r \exp\{i\vec{k}_r \cdot \vec{r}\}, & z < 0, \\ \vec{E}_t \exp\{i\vec{k}_0 \cdot \vec{r}\}, & z > L, \end{cases}\quad (2)$$

где $|\vec{k}_0| = |\vec{k}_r| = k_0 = \omega \sqrt{\varepsilon_0} / c$ и

$$\vec{k}_0 = k_0 \sin \alpha \vec{e}_1 + k_0 \cos \alpha \vec{e}_3, \quad \vec{k}_r = k_0 \sin \alpha \vec{e}_1 - k_0 \cos \alpha \vec{e}_3. \quad (3)$$

Как известно, произвольно поляризованная плоская волна представляется как суперпозиция так называемых s - и p -поляризованных волн. Основным свойством этих волн является то, что они не меняют своей поляризации при рассеянии на слое. Для s -волны вектор электрического поля находится в плоскости слоя. В случае p -волны электрический вектор расположен в плоскости падения, соответственно магнитная компонента параллельна плоскости слоя. $|T_N^s|^2$ и $|T_N^p|^2$ – коэффициенты прохождения s - и p -волн для идеальной структуры (1) и могут быть представлены следующим образом [4] (см. также [5]):

$$|T_N^{s,p}| = \frac{\sin^2 \beta^{s,p} / \sin^2 N \beta^{s,p}}{|r^{s,p} / t^{s,p}|^2 + \sin^2 \beta^{s,p} / \sin^2 N \beta^{s,p}}, \quad (4)$$

где $r^{s,p}$ и $t^{s,p}$ являются амплитудами отражения и прохождения s - и

p-волн для одного слоя. В выражении (4) параметр $\beta^{s,p}$, который может принимать как действительное, так и мнимое значение, определяет характер прохождения волны через периодическую структуру: $\cos \beta^{s,p} = \operatorname{Re}(\exp\{-ik_0 a \cos \alpha\}/t^{s,p})$. В случае действительного $\beta^{s,p}$ прохождение волны через структуру имеет место при любом N . При мнимых значениях $\beta^{s,p}$ увеличение N приводит к полному отражению волны. Для *s*- и *p*-волн параметр $\beta^{s,p}$ определяется согласно следующим формулам:

$$\cos \beta^s = \cos\{k_{0z}b\} \cos\{k_z d\} - \frac{k_{0z}^2 + k_z^2}{2k_{0z}k_z} \sin\{k_{0z}b\} \sin\{k_z d\}, \quad (5)$$

$$\cos \beta^p = \cos\{k_{0z}b\} \cos\{k_z d\} - \frac{(\varepsilon/\varepsilon_0)k_{0z}^2 + (\varepsilon_0/\varepsilon)k_z^2}{2k_{0z}k_z} \sin\{k_{0z}b\} \sin\{k_z d\}. \quad (6)$$

В выражениях (5), (6) введены обозначения $b = a - d$, $k_{0z} = k_0 \cos \alpha$, $k_z = \omega \cos \gamma \sqrt{\varepsilon}/c$. Заметим, что, согласно закону Снеллиуса, между углом падения α и углом преломления волны в слое γ существует связь $\sqrt{\varepsilon_0} \sin \alpha = \sqrt{\varepsilon} \sin \gamma$. Вследствие этого, когда α больше предельного угла полного отражения $\alpha' = \arcsin \sqrt{\varepsilon/\varepsilon_0}$, k_z должно быть заменено величиной $k_z = iq_z$ (q_z – реальная величина), что в свою очередь предполагает аналитическое продолжение формул (5), (6).

Уравнения, определяющие границы нечетных и четных зон отражения, согласно (4)–(6), имеют вид

$$\cos \beta^{s,p} = 1 \text{ и } \cos \beta^{s,p} = -1. \quad (7)$$

Легко показать, что как для случая *s*-, так и для *p*-волн каждое из уравнений (7) распадается на два независимых друг от друга уравнения. Используя равенства (5), (6), запишем уравнения (7) через половинные углы $k_{0z}b/2$ и $k_z d/2$. Для *s*-волн имеем, что (5), (6) равносильны следующим двум уравнениям соответственно:

$$\operatorname{tg}^2(k_{0z}b/2) + \operatorname{tg}^2(k_z d/2) + \frac{k_{0z}^2 + k_z^2}{k_{0z}k_z} \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) \operatorname{tg}(k_z d/2) = 0, \quad (8)$$

$$\operatorname{ctg}^2(k_{0z}b/2) + \operatorname{tg}^2(k_z d/2) - \frac{k_{0z}^2 + k_z^2}{k_{0z}k_z} \operatorname{ctg}(k_{0z}b/2) \operatorname{tg}(k_z d/2) = 0. \quad (9)$$

Для случая *p*-волн уравнения (5), (6) запишутся в виде

$$\operatorname{tg}^2(k_{0z}b/2) + \operatorname{tg}^2(k_z d/2) + \frac{(\varepsilon/\varepsilon_0)k_{0z}^2 + (\varepsilon_0/\varepsilon)k_z^2}{k_{0z}k_z} \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) \operatorname{tg}(k_z d/2) = 0, \quad (10)$$

$$\operatorname{ctg}^2(k_{0z}b/2) + \operatorname{tg}^2(k_z d/2) - \frac{(\varepsilon/\varepsilon_0)k_{0z}^2 + (\varepsilon_0/\varepsilon)k_z^2}{k_{0z}k_z} \operatorname{ctg}(k_{0z}b/2) \operatorname{tg}(k_z d/2) = 0. \quad (11)$$

Рассматривая полученные уравнения (8)–(11) как квадратичные относительно переменной $\operatorname{tg}(k_{0z}b/2)$, легко видим, что каждое из них равносильно двум. Согласно (8), (9), спектральные уравнения, определяющие границы зон отражения для s -волны, могут рассматриваться в виде

$$\operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = -\frac{k_{0z}}{k_z} \operatorname{tg}(k_z d/2), \quad \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = -\frac{k_z}{k_{0z}} \operatorname{tg}(k_z d/2), \quad (12)$$

$$\operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = \frac{k_{0z}}{k_z} \operatorname{ctg}(k_z d/2), \quad \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = \frac{k_z}{k_{0z}} \operatorname{ctg}(k_z d/2). \quad (13)$$

Для нахождения зон отражения p -волн из уравнений (10), (11) получаем следующие уравнения:

$$\operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = -\frac{\epsilon k_{0z}}{\epsilon_0 k_z} \operatorname{tg}(k_z d/2), \quad \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = -\frac{\epsilon_0 k_z}{\epsilon k_{0z}} \operatorname{tg}(k_z d/2), \quad (14)$$

$$\operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = \frac{\epsilon k_{0z}}{\epsilon_0 k_z} \operatorname{ctg}(k_z d/2), \quad \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = \frac{\epsilon_0 k_z}{\epsilon k_{0z}} \operatorname{ctg}(k_z d/2). \quad (15)$$

Когда угол падения волны превышает предельный угол полного отражения, в уравнениях, определяющих спектр пропускания волны, величина k_z должна рассматриваться как мнимая ($k_z = iq_z$). Аналитическое продолжение уравнений (12), (13) на мнимую ось дает следующие соотношения:

$$\operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = -\frac{k_{0z}}{q_z} \operatorname{th}(q_z d/2), \quad \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = \frac{q_z}{k_{0z}} \operatorname{th}(q_z d/2), \quad (16)$$

$$\operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = -\frac{k_{0z}}{q_z} \operatorname{cth}(q_z d/2), \quad \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = \frac{q_z}{k_{0z}} \operatorname{cth}(q_z d/2). \quad (17)$$

Аналогично при замене $k_z = iq_z$ для уравнений (14), (15) имеем

$$\operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = -\frac{\epsilon k_{0z}}{\epsilon_0 q_z} \operatorname{th}(q_z d/2), \quad \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = \frac{\epsilon_0 q_z}{\epsilon k_{0z}} \operatorname{th}(q_z d/2), \quad (18)$$

$$\operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = -\frac{\epsilon k_{0z}}{\epsilon_0 q_z} \operatorname{cth}(q_z d/2), \quad \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = \frac{\epsilon_0 q_z}{\epsilon_0 k_{0z}} \operatorname{cth}(q_z d/2). \quad (19)$$

Интересно отметить, что для значений угла падения, больших предельного, при увеличении толщины слоев d ($q_z d \gg 1$) уравнения, определяющие границы нечетных и четных зон отражения как для случая s -волны, так и для p -волн, переходят друг в друга. Действительно, в уравнениях (16)–(19) при выполнении условия $q_z d \gg 1$ можно положить $\operatorname{th}(q_z d/2) \approx \operatorname{cth}(q_z d/2) \approx 1$. Поэтому для данного случая четверка уравнений – (16), (17) и (18), (19) – переходит в следующую пару уравнений:

$$\operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = -\frac{k_{0z}}{q_z}, \quad \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = \frac{q_z}{k_{0z}}, \quad (20)$$

$$\operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = -\frac{\varepsilon k_{0z}}{\varepsilon_0 q_z}, \quad \operatorname{tg}(k_{0z}b/2) = \frac{\varepsilon_0 q_z}{\varepsilon k_{0z}}. \quad (21)$$

Заметим, что уравнения (20), (21) определяют спектр частот симметричных и антисимметричных мод *s*- и *p*-поляризованных волн, распространяющихся в волноводном режиме внутри однородного слоя с диэлектрической проницаемостью ε_0 и толщиной b , когда диэлектрическая проницаемость слева и справа от слоя равна ε . Данный результат легко понять, если вспомнить, что условие $|\cos \beta^{s,p}| \leq 1$ определяет не только зоны пропускания волны для идеальной структуры конечных размеров, но также дает область значений частот волн, способных без затухания существовать внутри бесконечной с обеих сторон идеальной структуры. При условии полного внутреннего отражения волны на границе раздела слоев с диэлектрическими проницаемостями ε_0 и ε ($\varepsilon_0 > \varepsilon$) энергия волны в основном сосредоточена внутри оптически более плотных слоев. По мере увеличения ширины последних степень перекрытия полей, сосредоточенных внутри оптически менее плотных средах, убывает. Вследствие этого вся картина поля, существующая внутри идеальной бесконечной структуры, представляет собой бесконечное число отдельных не перекрывающихся друг с другом волн, каждая из которых распространяется внутри оптически более плотных слоев в волноводном режиме.

Эффект соприкосновения зон. В данной части работы мы обсудим эффект соприкосновения зон прохождения, о чем говорилось выше. Прежде всего заметим, соприкосновение зон прохождения означает, что в данной точке ширина запрещенной зоны стала равной нулю, т. е. ее границы сошлись в одну точку. Как было показано выше, каждое из уравнений (7), решения которых определяют сразу обе границы зон отражения, равносильно двум уравнениям, определяющим только одну из них. Напр., первое уравнение (7) в случае *s*-волны равносильно двум уравнениям (12). В зависимости от выбора значений параметров задачи каждое из полученных уравнений может определять как верхнюю, так и нижнюю границы зоны отражения. Причем переход нижней границы зоны отражения в верхнюю и, соответственно, верхней – в нижнюю происходит всякий раз, когда имеет место соприкосновение разрешенных зон.

Условие, когда обе границы запрещенной зоны совпадают, означает одновременное выполнение уравнений, определяющих ее границы. Согласно (12), (13) и (14), (15), как для *s*-, так и для *p*-волн это условие выражается в виде двух равенств

$$k_{0z}b = n\pi \quad \text{и} \quad k_z d = m\pi, \quad (22)$$

где n, m целые числа и нумеруют очередьность зон.

Из (22), в частности, следует, что соприкосновение зон возможно лишь тогда, когда между параметрами задачи существует следующая связь

$$\sin^2 \alpha = \frac{d^2 n^2 \varepsilon - b^2 m^2 \varepsilon_0}{\varepsilon_0 (d^2 n^2 - b^2 m^2)}. \quad (23)$$

Отсюда вытекает, что при фиксированных значениях параметров структуры ε_0 , ε , d , b должны рассматриваться только те целочисленные значения n , m , при которых значение $\sin^2 \alpha$ получается больше нуля и меньше единицы. Так, напр., при выборе $n=1$ это условие выполняется для всех $m \geq 3$.

Из первого равенства (22) видно, что соприкосновение происходит при частоте

$$\omega = \frac{\pi n c}{b \sqrt{\varepsilon_0} \cos \alpha}. \quad (24)$$

Заметим, что при заданных параметрах периодической структуры в (24) $\cos \alpha$ должна определяться из условия (22), т. е. частота соприкосновения зон зависит от всех параметров задачи, а не только от параметров ε , d , как это может показаться на первый взгляд.

Для того чтобы понять, к каким физическим последствиям может привести эффект соприкосновения зон, мы исследуем поведение коэффициента пропускания (4) на границах разрешенных зон в точках их соприкосновения. Необходимо сразу отметить, что точка соприкосновения не может рассматриваться граничной точкой ни для одной граничной зоны. При соприкосновении мы имеем одну большую разрешенную зону, получающуюся из двух, для которой точка соприкосновения является внутренней.

Из общей теории распространения волн в периодической системе известно, что на границах разрешенных зон увеличение длины системы ведет к полному отражению волны. Для рассматриваемой нами структуры на границах разрешенных зон коэффициент прохождения выглядит следующим образом [4, 6]:

$$|T_N^{s,p}| = \frac{1}{1 + N^2 |r^{s,p} / t^{s,p}|^2}. \quad (25)$$

Выражение (25) однозначно стремится к нулю при увеличении N , если только на краю запрещенной зоны $r^{s,p} \neq 0$. При $r^{s,p} = 0$ для любого N коэффициент пропускания равен единице. Напомним, что при $k_z d = m\pi$ амплитуды отражения как для s -, так и для p -волн равны нулю ($r^{s,p} = 0$). С другой стороны, согласно (22), равенство $k_z d = m\pi$ совместно с $k_{0z} b = n\pi$ определяет условие соприкосновения зон. Отсюда легко заключить, что в точках соприкосновения зон периодическая структура становится абсолютно прозрачной для плоской волны вне зависимости от ее поляризации.

Хорошо известен аналогичный эффект полной прозрачности исключительно для волн с p -поляризацией, когда угол падения волны равен

углу Брюстера [4, 6]. В этом случае $r^s = 0$. То, что при условии Брюстера разрешенные зоны должны соприкасаться, легко показать из уравнений (14) и (15), определяющих границы для зон p -волн. Действительно, данные уравнения дают совпадающие решения не только при выполнении условия (22), но и при условии

$$\frac{k_{0x}\epsilon}{k_x\epsilon_0} = \frac{\epsilon_0 k_x}{k_{0x}\epsilon}. \quad (26)$$

При использовании закона Снеллуса легко убедиться, что (26) есть не что иное, как закон Брюстера ($\operatorname{tg}\alpha = \sqrt{\epsilon/\epsilon_0}$).

Таким образом, если при падении волны под углом Брюстера периодическая система оказывается прозрачной для p -волны при произвольной ее частоте, то в нашем случае структура оказывается прозрачной для волны произвольной поляризации, и при определенном угле падения она может иметь определенную частоту.

ЕГУ, ГИУА

Поступила 30.09.2003

ЛИТЕРАТУРА

- Хачатрян А.Ж., Седракян Д.М. – Изв. НАН Армении, Физика, 2003, т. 38, с. 211.
- Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1964.
- Abeles F. – Ann. Phys., 1950, v. 5, pp. 596 and 706.
- Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. М.: Мир, 1987.
- Sedrakian D. M., Gevorgyan A.H., Khachatrian A.Zh. – Opt. Commun., 2001, v. 192, p. 135.
- Yariv A., Yen P. – JOSA, 1997, v. 61, p. 438 and v. 67, p. 423.

Դ.Մ. ՍԵՋԱԿՅԱՆ, Ա.Ժ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Ն.Մ. ԽՈՊԻՐՅԱՆ, ՅԱ.Ն. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ
ԹԵԶ ԸՆԿՆՈՂ ՀԱՐԹ ԷԼԵԿՏՐԱՍԻՎՆԻՍԱԿԱՆ ԱԼԻՔԻ ԱՆՑՈՒՄԸ
ԵՎ ԱՆԴՐԱԴԱՌՈՒՄԸ ԻԴԵԱԼԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՀԱՍՏՐ

Ամփոփում

Աշխատանքում հետազոտված է իդեալական կառուցվածքի վրա թեր ընկնող հարթ էլեկտրամագնիսական ալիքի անցման և անդրադարձման գոտիների կախումը կառուցվածքի պարամետրերից և անկման անկյունից: Գտնված է պայման, որի դեպքում տեղի ունի գոտիների հպում: Այդ պայմանը ունի միևնույն տեսքը ինչպես s -, այնպես էլ p -ալիքների համար: Ցույց է տրված, որ գոտիների հպման կետերում ալիքի անցման գործակիցը հավասար է մեկի:

TRANSMISSION AND REFLECTION OF A PLANE ELECTROMAGNETIC
WAVE OBLIQUELY INCIDENT ONTO AN IDEAL STRUCTURE

Summary

In the given article we investigate the behavior of transmission and reflection bands of flat electromagnetic wave falling inclined on ideal layered structure, subject to parameters of structure and wave angle of incidence. The condition at which the contact of transmission bands becomes possible is found. The given condition has the same view both in case of *s*- and *p*-waves. It has been shown, that independently of the kind of wave polarization in revealed points of band contacts the transmission coefficient of wave is equal to one.

Химия

УДК 547.279

Л.С. ГАБРИЕЛЯН

AB INITIO ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ
ПЕРХЛОРАТА И НИТРата ЛИТИЯ

Ab initio квантово-химическим методом исследованы перхлорат- и нитрат-анионы, а также ионные пары $\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$ и Li^+NO_3^- . Расчет геометрии и колебательных частот для свободных анионов, а такжеmono-, би- и тривалентных структур ионных пар проведен в базисах RHF/6-31+G(d) и B3LYP/6-31+G(d). Показано, что образование ионных пар бидентатной структуры предпочтительно как в случае перхлората лития, так и в случае нитрата лития.

Введение. Исследование неводных растворов солей лития представляет интерес для развития литиевых источников тока. Очень много работ посвящено изучению растворов солей лития в некоторых аprotонных растворителях, используемых в литиевых батареях высокой энергетической плотности [1–13]. Ранее нами с помощью методов ^1H ЯМР, УФ-спектроскопии, спектроскопии диэлектрической релаксации, измерений электропроводности и вязкости были изучены сольватационные свойства хлорида, нитрата и перхлората лития в растворах диметилсульфоксида (ДМСО) и диэтилсульфоксида (ДЭСО) [7–10].

Для более глубокого понимания строения и физико-химических процессов, происходящих в этих растворах, наряду с экспериментальными широко используются также и теоретические методы [11–14].

Колебательная спектроскопия интенсивно применяется для исследования внутри- и межмолекулярных взаимодействий в растворах. Ассоциация в растворе при образовании ионных пар или сольватационных комплексов вызывает изменения в частотах нормальных колебательных мод, интенсивностях и формах полос поглощения.

Расчет колебательных частот методами *ab initio* находит все большее применение в различных областях химии [15–17]. В частности квантово-химические методы дают возможность проследить связь между структурными и спектральными характеристиками объектов.

В данной работе оптимизированы геометрии и рассчитаны колебательные спектры свободных нитрат- и перхлорат-анионов, а также их ионных пар с литием. Было выявлено, что образование ионных пар бидентатной структуры более предпочтительно по сравнению с моно- и тридентатной структурами.

Методика расчета. Расчеты анионов ClO_4^- и NO_3^- , а также ионных пар $\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$, Li^+NO_3^- были выполнены с использованием квантово-химической программы Gaussian 98 [18]. Z-матрица вышеперечисленных соединений создавалась в программе HyperChem 6.0, а в Molekel Main Window осуществлялась визуализация рассчитанных структур.

Расчеты проведены в базисах RHF/6-31+G(d) и B3LYP/6-31+G(d). Ключевые слова RHF/6-31+G(d) и B3LYP/6-31+G(d) означают, что они были выполнены ограниченным методом Хартри-Фока и гибридным методом DFT (Density Functional Theory) в поляризационном базисе 6-31+G(d). В поляризационном базисе 6-31+G(d) для описания орбиталей остова используются 6 примитивных гауссовых функций, 3 и 1 функция – для валентных s- и p-орбиталей, а также набор из шести d-функций [19, 20].

Методы расчета, основанные на теории функционала плотности (DFT), сравнительно точно предсказывают молекулярные структуры, колебательные частоты и энергии реакций [17]. Здесь учитывается также энергия электронной корреляции. Из гибридных методов DFT [18] наиболее часто применяется B3LYP. Название последнего означает, что трехпараметрический функционал плотности включает корреляционный обменный градиент Беке, корреляционный функционал Воско, Вилка и Нусара [17, 18].

После оптимизации геометрии были рассчитаны колебательные спектры (колебательные частоты, ИК- и Раман-интенсивности).

Колебательный анализ в Gaussian включает несколько стадий. Перед тем как приступить к расчету частот, программа выполняет следующие шаги.

1. Рассчитывает и диагонализирует масс-весовую матрицу Гесса.
2. Определяет основные оси инерции.
3. Переводит координаты в рамки трансформации и вращения.
4. Затем программа приступает к расчету частот [15].

Обсуждение результатов.

1. *Перхлорат ион.* Первым шагом нашей работы являлось изучение влияния уровня базиса на результаты вычислений. Результаты длин связей и энергий для оптимизированных структур ClO_4^- и $\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$ приведены в табл. 1 (O' – кислород, координированный с Li^+ , O – кислород, не координированный с Li^+). Как видно из приведенных данных, расчеты в минимальном базисе 3-21G дают нереальные результаты по сравнению с литературными экспериментальными данными (длина связи $\text{Cl}-\text{O}\approx 1.47 \text{ \AA}$). Применение расширенных базисов с учетом поляризационных и диффузных функций (RHF/6-31+G(d) и B3LYP/6-31+G(d)) позво-

ляет достаточно точно описать реальную систему. С учетом вышесказанного в дальнейших расчетах минимальный базис 3–21G не использовался.

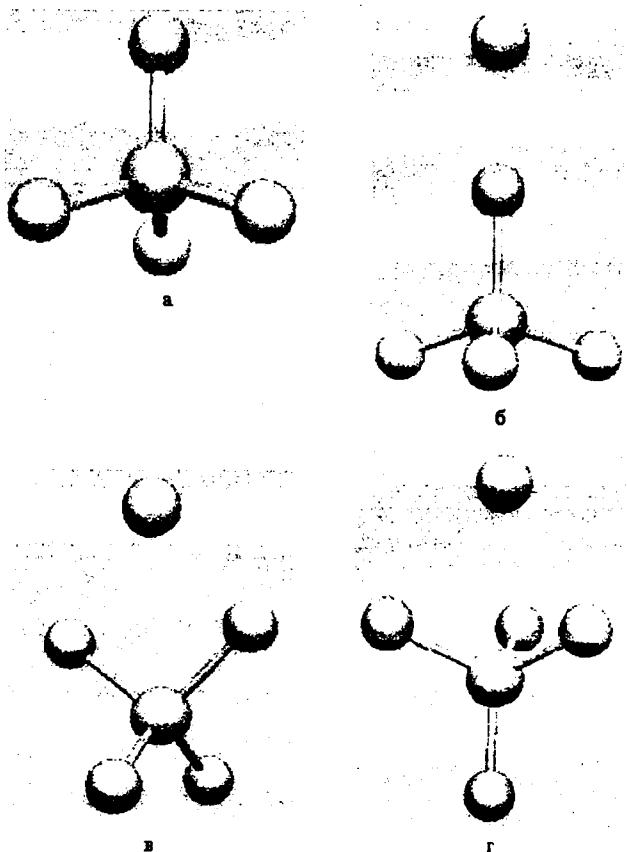


Рис. 1. Оптимизированные структуры аниона ClO_4^- (а), монодентатной (б), бидентатной (в) и тридентатной (г) ионных пар $\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$.

Таблица I

Оптимизированные геометрии (длины связей, Å, валентные углы, град.) и энергии (кДж/моль) для аниона ClO_4^- и координационных структур $\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$ (I – монодентатная, II – бидентатная, III – тридентатная)

Структура	Cl–O	Cl–O'	Li–O'	O'–Cl–O'	O–Cl–O	Полная энергия
RHF/6–31+G(d)c						
ClO_4^-*	1.452				105.9	-1991689.04
LiClO_4 (I)	1.430	1.4951	1.680	106.8	112.0	-2011201.43
LiClO_4 (II)	1.421	1.485	1.8845	101.5	112.9	-2011263.13
LiClO_4 (III)	1.414	1.465	2.156	113.8	–	-2011217.93
B3LYP/6–31+G(d)						
ClO_4^-	1.506				109.5	-1997561.30
LiClO_4 (I)	1.478	1.567	1.672	106.8	112.0	-2017209.29
LiClO_4 (II)	1.469	1.550	1.879	101.0	113.2	-2017276.00
LiClO_4 (III)	1.467	1.523	2.150	114.1	–	-2017236.15

* При расчете в базисе 3–21G длина связи Cl–O равна 1.851 Å.

Свободный анион ClO_4^- , как показано на рис. 1, а, имеет тетраэдрическую структуру и обладает симметрией T_d . При расчете геометрии и энергии ионных пар $\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$ рассматривались три возможные конфигурации: монодентатная, бидентатная и тридентатная (б, в, г).

В зависимости от конфигурации изменяется тип симметрии аниона. Это обусловлено тем, что при моно- и тридентатной координациях одна из его связей $\text{Cl}-\text{O}$ становится неравноценной остальным и симметрия аниона понижается до C_{3v} . При бидентатной координации две связи $\text{Cl}-\text{O}$ становятся неравноценными двум другим и симметрия аниона понижается до C_{2v} .

Координация приводит к удлинению связи $\text{Cl}-\text{O}'$ и уменьшению длины связи $\text{Cl}-\text{O}$ по сравнению со свободным перхлорат-анионом в следующем ряду: монодентатная > бидентатная > тридентатная. Подобная тенденция обусловлена частичным переносом несвязанных электронов р-орбитали кислорода на свободную s-орбиталь катиона лития.

Результаты расчетов показывают, что полная энергия бидентатной структуры несколько ниже энергий моно- и тридентатных структур (табл. 1).

Таблица 2

Рассчитанные атомные заряды и дипольный момент (D) для свободных анионов и ионных пар

Структура	RHF/6-31+G(d)					B3LYP/6-31+G(d)				
	O	O'	Cl	Li	диполь- ный момент	O	O'	Cl	Li	диполь- ный момент
ClO_4^-	-0.73894		1.955573		0.0033	-0.58800		1.351988		0.1850
LiClO_4 (I)	-0.64905	-0.72575	1.936032	0.736796	11.370	-0.48151	-0.55371	1.331754	0.666329	10.6612
LiClO_4 (II)	-0.59878	-0.73042	2.010418	0.648068	7.7062	-0.42555	-0.54929	1.378890	0.570804	7.0090
LiClO_4 (III)	-0.55547	-0.64794	1.832749	0.666550	7.0611	-0.39434	-0.43510	1.100107	0.599519	6.4425
	O	O'	N	Li	диполь- ный момент	O	O'	N	Li	диполь- ный момент
NO_3^-	-0.45126		0.353482		0.00110	-0.31576		-0.05262		0.0826
LiNO_3 (I)	-0.32178	-0.29793	0.264371	0.677119	10.3994	-0.1939	-0.12158	-0.09893	0.608315	9.9028
LiNO_3 (II)	-0.26733	-0.36077	0.330845	0.658082	7.0257	-0.16207	-0.21845	0.018718	0.580271	6.7820

В табл. 2 приведены рассчитанные атомные заряды, а также дипольный момент для перхлорат-аниона и ионных пар $\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$.

После оптимизации геометрий были рассчитаны колебательные частоты вышеперечисленных структур с использованием теорий Хартри-Фока и функционала плотности, сделаны отнесения этих частот.

Свободный перхлорат-анион имеет девять колебательных частот, разделенных между четырьмя нормальными колебаниями: полносимметричным валентным, симметричным деформационным, антисимметричным трижды вырожденным валентным и деформационным. Из них в

ИК-спектре активны только два колебания: трижды вырожденные антисимметричные валентные и деформационные (табл. 3).

Таблица 3

Рассчитанные колебательные частоты (см^{-1}) для свободного перхлорат-аниона и ионной пары $\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$ (I, II, III)

RHF	B3LYP	отнесения	RHF	B3LYP	отнесения	RHF	B3LYP	отнесения	RHF	B3LYP	отнесения
ClO_4^-	ClO_4^-	(I)	(I)	(II)	(II)	(III)	(III)	(III)	(III)	(III)	
1) 1148.9 1148.4 1147.9 (380)*	994 993 992 (350)	$v_a(\text{ClO}_4)$	1231.1	1094.4	$v_a(\text{ClO}_4)$	1272.0	1131.6	$v_a(\text{ClO}_2)$	1288.9	1144.1	$v_a(\text{ClO}_4)$
			1231.0	1094.1		1198.6	1050.7		1111.3	949.4	
			1118.7	944.0		1054.9	873.4		1111.1	949.2	
2) 957.5 (0)	819.2 (0)	$v_s(\text{ClO}_4)$	1035.8	911.3	$v_s(\text{ClO}_4)$	942.4	783.5	$v_s(\text{ClO}_2)$	958.7	812.8	$v_s(\text{ClO}_2)$
3) 659.0 659.0 659.0 (43)	549.7 549.4 549.1 (20)	$\delta_a(\text{ClO}_4)$	748.5	668.9	$v_s(\text{LiO})$	715.6	618.5	$v_s(\text{LiO})$ $\delta_a(\text{ClO}_4)$	691.4	590.6	$\delta_a(\text{ClO}_4)$
			655.7	544.8		655.7	550.3		653.9	542.9	
			655.7	544.1		645.0	537.5		653.9	542.5	
4) 474.1 474.1 (0)	392.2 392.2 (0)	$\delta_s(\text{ClO}_4)$	549.3	479.8	$\delta \text{LiO}'\text{Cl}$	601.6	566.4	$v_s(\text{LiO})$	479.1	475.9	$v_s \text{ LiClO}$
			470.2	386.5	$\delta_s(\text{ClO}_4)$	481.8	414.1	$\delta_s(\text{ClO}_4)$	476.0	394.4	$\delta_s(\text{ClO}_4)$
			470.2	386.0		444.8	360.2	ClO_2 тврс.	476.0	394.2	
			-97.8	-86.27	Li O ₂ Cl торс.	386.1	387.7	$\delta \text{LiO}'\text{Cl}$	-148.7	-128.8	Li O ₂ Cl торс.
			-97.8	-86.32		152.1	142.4	Li O ₂ Cl торс.	-148.7	-131.8	

* В скобках указаны ИК-интенсивности в км/моль

Два других колебания активны в Раман-спектре. Понижение симметрии при моно- и тридентатной координациях приводит к возрастанию числа частот в спектре до шести, а при бидентатной – до девяти. Сравнение частот рассчитанных структур (табл. 3) показывает, что в ИК-спектрах моно- и тридентатных структур в низкочастотной области имеются отрицательные частоты. Это свидетельствует о том, что данные структуры мнимые и нестабильны по сравнению с бидентатной. При сравнении видно, что частоты, рассчитанные методом Хартри–Фока, находятся в более высокочастотной области, чем частоты, рассчитанные при помощи теории функционала плотности. Это может быть обусловлено тем, что в теории функционала плотности в выражении энергии включается также энергия электронной корреляции, тогда как в теории Хартри–Фока электронная корреляция не учитывается.

2. *Нитрат ион.* На рис. 2 представлены оптимизированные структуры свободного нитрат-иона и ионных пар Li^+NO_3^- . Нитрат-ион представляет собой плоский равносторонний треугольник и имеет симметрию D_{3h} . При моно- и бидентатной координациях аниона NO_3^- с катионом лития одна из связей N–O становится неравноценной двум другим и сим-

метрия аниона понижается до C_{2v} (табл. 4). В табл. 2 приведены рассчитанные атомные заряды, а также дипольный момент вышеуказанных структур.

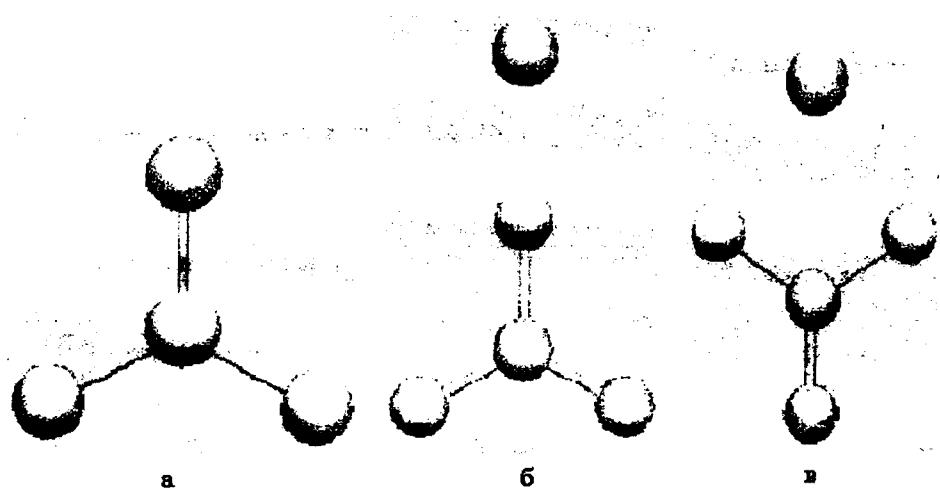


Рис. 2. Оптимизированные структуры аниона NO_3^- (а), монодентатной (б) и бидентатной (в) ионных пар Li^+NO_3^- .

После оптимизации геометрии был произведен расчет колебательных частот свободного нитрат-аниона и координационных структур. Результаты расчетов показывают, что полная энергия бидентатной структуры несколько ниже энергии монодентатной, как и в случае перхлората лития, и при монокоординации в колебательном спектре наблюдаются минусовые частоты.

Таблица 4

Оптимизированные геометрии (длины связей, Å, валентные углы, град.) и энергии (кДж/моль) для аниона NO_3^- и координационных структур Li^+NO_3^-

Структура	N-O	N-O'	Li-O'	O-N-O'	Полная энергия
RHF/6-31+G(d)					
NO_3^-	1.227			120	-732352.064
LiNO_3 (I)	1.232	1.272	1.650	117.8	-751917.747
LiNO_3 (II)	1.177	1.254	1.856	122.6	-751989.983
B3LYP/6-31+G(d)					
NO_3^-	1.256			120	-736139.596
LiNO_3 (I)	1.198	1.312	1.649	117.5	-755837.148
LiNO_3 (II)	1.214	1.293	1.856	122.6	-755909.310

Симметрии аниона D_{3h} соответствуют четыре нормальных колебания: симметричное валентное, внеплоскостное деформационное, дважды вырожденное антисимметричное валентное и плоскостное деформационное.

Рассчитанные колебательные частоты (см^{-1}) для свободного перхлорат-аниона и ионной пары Li^+NO_3^- (I, II)

RHF	B3LYP	отнесе- ния	RHF	B3LYP	отнесения	RHF	B3LYP	отнесения		
(I)	(I)		(II)	(II)		(II)	(II)			
1) 1591.9 1591.2	1401.5 1401.0	$\nu_a(\text{NO}_3)$	1753.7	1568.7	$\nu_a(\text{NO}_3)$	1832.1	1609.6	$\nu_a(\text{NO}_3)$		
			1605.5	1351.6	$\nu_a(\text{NO}_3)$	1492.1	1287.6	$\nu_a(\text{NO}_3)$		
2) 1236.9	1069.9	$\nu_s(\text{NO}_3)$	1285.4	1123.7	$\nu_s(\text{NO}_3)$	1193.4	1037.25	$\nu_s(\text{NO}_3)$		
			950.7	818.5	$\delta(\text{NO}_3)$ внепл.	952.6	814.0	$\delta(\text{NO}_3)$ внепл.		
4) 790.0 789.9	697.7 697.3	$\delta_s(\text{NO}_3)$	891.4	807.0	$\delta(\text{NO}_3)$ плоск.	850.9	762.8	$\delta(\text{NO}_3)$ плоск.		
			768.4	677.2	$\delta(\text{NO}_3)$ плоск.	787.3	695.0	$\delta(\text{NO}_3)$ плоск.		
			634.9	590.8	$\nu(\text{LiO}')$	601.1	570.5	$\nu(\text{LiO}')$		
			-39.15	-18.4	Li ON торс.	417.4	414.6	LiON плоск.торс.		
			-102.5	-81.2	Li ON торс.	180.5	172.6	LiON внепл.торс.		

Из них в ИК-спектре активны последние три. Надо отметить, что частоты, рассчитанные для нитрат-аниона DFT методом, находятся в хорошем соответствии с экспериментально наблюдаемыми частотами (1380, 1050, 830 и 730см^{-1}). Понижение симметрии приводит к снятию вырождения, вследствие чего число частот возрастает до шести (табл. 5).

Кафедра физической и коллоидной химии

Поступила 14.10.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Handbook of Batteries, 2-nd ed. / Ed. D. Linden. McGRAW-HILL, 1995.
2. Kloss A., Fawcett W.R. – J. Chem. Soc., Faraday Trans., 1998, v. 94, № 11, p. 1587–1591.
3. Ramana K.V., Singh S. – J. Raman Spectrosc., 1989, v. 20, p. 169–179.
4. Chabanel M., Legoff D., Touaj K. – J. Chem. Soc., Faraday Trans., 1996, v. 92, № 21, p. 4199–4205.
5. Alia J.M., Edwards H.G.M. – Vibr. Spectrosc., 2000, v. 24, p. 185–200.
6. Chang S., Schmidt P.P., Severson M.W. – J. Phys. Chem., 1986, v. 90, p. 1046–1050.
7. Markarian S.A., Stockhausen M. – Z. Phys. Chem., 2000, v. 214, p. 139–147.
8. Gabrielian L.S., Markarian S.A. – New Electronic J. Natural Sciences, 2003, v. 1, p. 8–10.
9. Галстян А.С., Габриелян Л.С., Амирян А.С., Маркарян Ш.А. – Ученые записки ЕГУ, 2001, т. 196, № 3, с. 3–18.
10. Габриелян Л.С., Маркарян Ш.А. – Ж. физ. химии, 2001, т. 75, № 10, с. 1790–1792.
11. Klassen B., Aroca R., Nazri M., Nazri G.A. – J. Phys. Chem. B, 1998, v. 102, № 24, p. 4795–4801.
12. Seo J.S., Cheong B.S., Cho H.G. – Spectrochim. Acta Part A, 2002, v. 58, p. 1747–1756.
13. Klassen B., Aroca R., Nazri G.A. – J. Phys. Chem., 1996, v. 100, p. 9334–9338.
14. Wang Y., Nakamura S., Tasaki K., Balbuena P.B. – J. Am. Chem. Soc., 2002, v. 124, p. 4408–4421.
15. Ochterski J. W. Vibrational analysis in Gaussian, 1999, www. gaussian. com.
16. Scott A.P., Radom L. – J. Phys. Chem., 1996, v. 100, p. 16502–16513.

17. Wong M.W. – Chem. Phys. Letters., 1996, v. 256, p. 391–399.
18. Frish M.J. et al. Gaussian 98, Gaussian, Inc., Pittsburgh, PA, 1998.
19. Кларк Т. Компьютерная химия. М.: Мир, 1990, с. 342.
20. Leach R.A. Molecular modeling. Principles and applications. Longman, 1996, p. 587.

Լ.Ս. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

ԼԻ�ԻՈՒՄԻ ՊԵՐՔԼՈՐԱՏԻ ԵՎ ՆԻՏՐԱՏԻ ՏԱՏԱՆՈՂԱԿԱՆ ՍՊԵԿՏՐՈՍԵՐԻ AB INITIO ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամփոփում

Պերքլորատ և նիտրատ անիոնները, ինչպես նաև $\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$ և Li^+NO_3^- իոնական զույգերը ուսումնասիրվել են *ab initio* քվանտարիմիական մեթոդով: Ազատ անիոնների ու մոնո-, բի- և տրիդենտատ կառուցվածք ունեցող իոնական զույգերի երկրաչափության և տատանողական հաճախությունների հաշվարկը կատարվել է RHF/6-31+G (d) և B3LYP/6-31+G (d) բազմաներում:

Ցույց է տրվել, որ բիդենտատ կառուցվածք ունեցող իոնական զույգերը նախընտրելի են ինչպես լիքիումի պերքլորատի, այնպես էլ լիքիումի նիտրատի դեպքում:

L. S. GABRIELIAN

AB INITIO STUDY OF VIBRATIONAL SPECTRA OF LITHIUM PERCHLORATE AND NITRATE

Summary

The perchlorate and nitrate anions, and also ion pairs $\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$ и Li^+NO_3^- have been studied by *ab initio* quantum chemical methods. Calculation of geometry and vibrational frequencies for the free anions and for monodentate, bidentate and tridentate structures of ion pairs has been performed at the RHF/6-31+G (d) and B3LYP/6-31+G (d) levels.

Химия

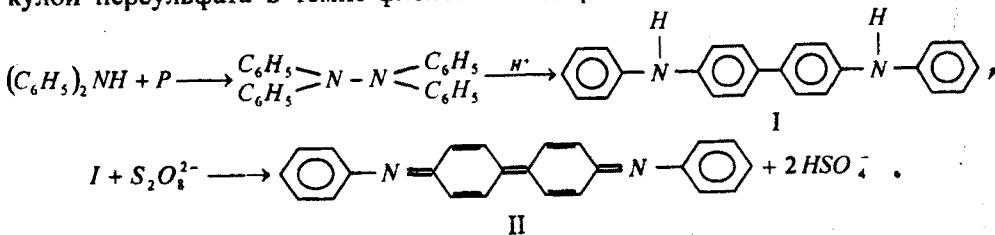
УДК 531.1 +547.554+ 661.185 +661.312

М. Г. ГЕВОРКЯН

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАСЫЩЕННЫХ ТЕТРАФЕНИЛ-
ГИДРАЗИНОМ МИЦЕЛЛ РАЗНЫХ ТИПОВ ПАВ НА КИНЕТИКУ И
МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ ДИФЕНИЛАМИНА С ПЕРСУЛЬФАТОМ КАЛИЯ

Изучено влияние предварительно насыщенных тетрафенилгидразином (ТФГ) мицелл ПАВ на скорость окисления персульфатом дифениламина. Показано, что скорость накопления продукта реакции в присутствии предварительно солюбилизованных ТФГ мицелл по сравнению с безмицеллярными системами понижается в меньшей мере, чем в системах, содержащих необработанные ТФГ мицеллы. Полученные результаты подтверждают сделанное нами ранее предположение о том, что локализованный в гидрофобном ядре мицелл ТФГ пространственно разобщается с персульфатом и процесс окисления дифениламина останавливается на первой стадии.

Кинетика и механизм окисления дифениламина персульфатом в отсутствие и присутствии мицелл. Ранее нами были изучены кинетика и механизм окисления маслорастворимого дифениламина ($\text{DFA} \equiv \text{A}$) водорастворимым персульфатом калия (P) в гомогенных водно-органических средах с одинаковой диэлектрической проницаемостью $\epsilon=49$ (в 50%-ых этанольных, 33%-ых диоксановых и 45%-ых ацетоновых водных растворах). Показано, что независимо от природы органического сорасторовителя реакция радикальная, нецепная и протекает постадийно [1]. Первым продуктом окисления DFA является тетрафенилгидразин (ТФГ), который под катализическим действием кислот, подвергаясь бензидиновой перегруппировке, превращается в дифенилбензидин (I). Последний окисляется второй молекулой персульфата в темно-фиолетовый дифенилбензидинвиолет (II):



В гомогенных водно-диоксановых растворах колориметрически определенная скорость накопления окрашенного продукта II выражается уравнением $\frac{dD_I}{dt} = k(P - 3x)^{3/2}(A - x)$ [1].

Установлено, что в мицеллярных растворах пентадецилсульфоната натрия (Е-30) независимо от природы органического сорастворителя (этанол [2], диоксан [3]), а также в водно-этанольных растворах неионогенных ПАВ (ОС-20 и Ц-30) [4] при небольших концентрациях замедляются скорости расхода P мицелл и образования продукта реакции. Высокие концентрации ПАВ изменяют механизм реакции, останавливая ее на стадии образования ТФГ. В водно-диоксановых смесях при постоянной концентрации $[E-30]=0,064M$ установлен кинетический закон скорости реакции $v = k(P - 2x)(A - x)$ [3]. Таким образом, в водно-диоксановых растворах Е-30, в отличие от гомогенных водно-диоксановых, меняется порядок по P и уменьшается стехиометрический коэффициент реакции, т. е. число молей P , необходимых для полного окисления 1 моля ДФА.

Для объяснения полученных результатов методом УФ-спектроскопии [5] определялось место локализации ДФА и ТФГ. Оказалось, что независимо от природы полярной группы ПАВ амин локализуется на полярной поверхности мицелл, а ТФГ – в их неполярном ядре. Персульфат распределяется между водно-органической фазой и поверхностью мицелл. Таким образом, в молекулярно-организованной мицеллярной системе за счет нековалентных взаимодействий происходит пространственное разобщение ТФГ и P . В результате дальнейшие превращения ТФГ и процесс окисления ДФА прекращаются.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. В данной работе изучено влияние предварительно насыщенных ТФГ мицелл неионогенного (ОС-20) и анионного (Е-30) ПАВ на скорость реакции $DFA+P$ в водно-диоксановых растворах, а также – мицелл оксиэтилированной кислоты (стеарокс-920) в водно-этанольных растворах при 308К.

Методики исследований описаны в [2, 6]. Кинетика накопления II окрашенного продукта реакции изучалась колориметрически (прибор ФЭК-56М, $\lambda=415\text{nm}$, $l=10\text{mm}$).

Для выявления роли солюбилизации ТФГ мицеллами ПАВ скорость реакции $DFA+P$ изучена в мицеллярных системах неионогенного (ОС-20) и анионного (Е-30) ПАВ в условиях, исключающих (по крайней мере, уменьшающих) делокализацию ТФГ из зоны реакции. С этой целью реакцию проводили в присутствии «насыщенных» ТФГ мицелл, и эти результаты сравнивались с данными, полученными в системах, содержащих необработанные ТФГ, т.н. – «пустые» мицеллы. ТФГ вводился в мицеллы в виде пасты, а также из его диоксанового раствора. Для получения пасты сухие ТФГ и ПАВ протирались в ступке, затем добавлялась вода и система центрифугировалась. Полученный центрифугат вводился в реакционную смесь. ТФГ практически нерастворим в этаноле, поэтому готовился его диоксановый раствор, к нему добавлялся раствор ПАВ, после

чего смесь перемешивалась на магнитной мешалке в течение часа. Последняя смесь вводилась в реакционную систему, в которой содержание диоксана доводилось до 33% по объему.

Оказалось, что в присутствии мицелл и ОС-20, и Е-30, насыщенных ТФГ, степень замедления реакции уменьшается вне зависимости от способа введения ТФГ в мицеллы. При этом кинетические кривые образования продукта реакции располагаются между кинетическими кривыми безмицеллярной системы и систем, содержащих только мицеллы ПАВ, т.е. – «пустые мицеллы» (рис. 1, 2). При этом в присутствии мицелл ОС-20, насыщенных ТФГ, в начале реакции (I стадия до ~50мин) наблюдается замедление скорости процесса, и она практически совпадает со скоростью с «пустыми» мицеллами (рис. 1, кр. 2, 3), а в конце (II стадия) – со скоростью реакции в безмицеллярной системе (рис. 1, кр. 1, 2). Полученные кинетические результаты подтверждают спектральные данные о различных местах локализации ДФА и ТФГ в мицеллах. Уменьшение скорости I стадии реакции, когда окисляется ДФА (а ТФГ в значительных количествах еще не образовался), можно объяснить солюбилизацией амина на поверхности мицелл, сорбционная способность которой в насыщенных ТФГ мицеллах сохраняется.

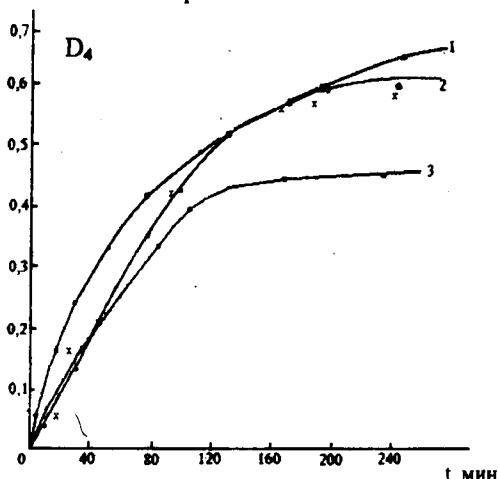


Рис. 1. Кинетические кривые накопления продукта реакции $\text{DFA}+P$ в водно-диоксановых растворах: 1 – в отсутствие ПАВ, 2 – в присутствии насыщенных ТФГ и 3 – в присутствии «пустых» мицелл ОС-20. $[\text{ДФА}] = [P] = 5 \cdot 10^{-3} M$, $T=308K$, $\lambda=440\text{nm}$, $[\text{ОС-20}]=2,35 \cdot 10^{-2} M$.

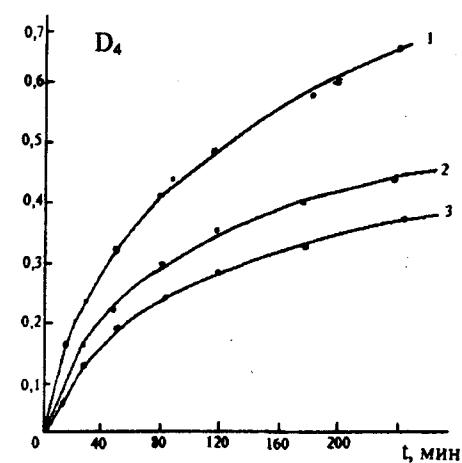


Рис. 2. Кинетические кривые накопления продукта реакции $\text{DFA}+P$ в водно-диоксановых растворах: 1 – в отсутствие ПАВ, 2 – в присутствии солюбилизовавших ТФГ, 3 – в присутствии «пустых» мицелл Е-30. $[\text{ДФА}] = [P] = 5 \cdot 10^{-3} M$, $T=308K$, $\lambda=440\text{nm}$, $[\text{E-30}]=2,35 \cdot 10^{-2} M$.

Факт увеличения скорости реакции в присутствии насыщенных ТФГ мицелл по сравнению с «пустыми» подтверждает сделанное нами ранее предположение о роли солюбилизации ядром ТФГ в замедлении окисления ДФА. А несовпадение кривых 1 и 3 в начальной стадии дает основание предположить, что солюбилизация ТФГ – не единственная причина в

замедлении окисления ДФА. Эти же факты можно объяснить с учетом того, что предварительно обработанные ТФГ мицеллы в условиях проведения реакции способны локализовать дополнительное количество ТФГ (напр., под воздействием электролита – персульфата калия).

С другой стороны, замедление изучаемой реакции за счет солюбилизации ТФГ в ядре мицелл может быть обусловлено неблагоприятным для бензидиновой перегруппировки изменением микроокружения реакционной зоны, в частности за счет недостатка в ядре мицелл H^+ -ионов. Это предположение подтверждается тем, что в присутствии добавок кислот (H_2SO_4 в водно-диоксановых [7], HCl в водно-этанольных [8] мицеллярных растворах Е-30) начальная скорость реакции практически не меняется, либо несколько уменьшается, а при $t \geq 120\text{ min}$ по мере увеличения концентрации кислоты ($[HCl] \geq 0,625M$) скорость II стадии реакции резко возрастает. В безмицеллярных системах добавки кислот не влияют непосредственно на скорость реакции $DFA+P$ [1], т.к. дифениламин – слишком слабое основание ($pK_a = 13,15$), не способное к заметному солеобразованию. Наблюдаемое в мицеллярных растворах Е-30 ускоряющее II стадию реакции действие кислот объясняется тем, что ТФГ подвергается моно- и дипротонированию, как и 1,2-дифенилгидразин, в отсутствие [9] и в присутствии ПАВ – лаурилсульфоната натрия [10].

Таким образом, характер воздействия мицелл на скорость окисления персульфатом дифениламина определяется возможностью протекания бензидиновой перегруппировки, которая в свою очередь зависит от кислотности среды.

О решающем влиянии мицелл на скорость катализируемой H^+ -ионами бензидиновой перегруппировки ТФГ свидетельствуют также данные по скорости реакции $DFA+P$ в водно-этанольных мицеллярных растворах оксиэтилированной кислоты (стеарокс-920). Как видно из рис. 3, в присутствии мицелл стеарокса-920 кинетическая кривая расхода P S-образна и по виду похожа на кинетические кривые накопления продукта реакции $DFA+P$ в присутствии $[E-30] \geq 4,75 \cdot 10^{-2}M$ и $[HCl] \geq 0,625M$ [8]. Замедляющее действие этих мицелл в большей мере проявляется в начале процесса (см. рис. 3), во второй же стадии (а

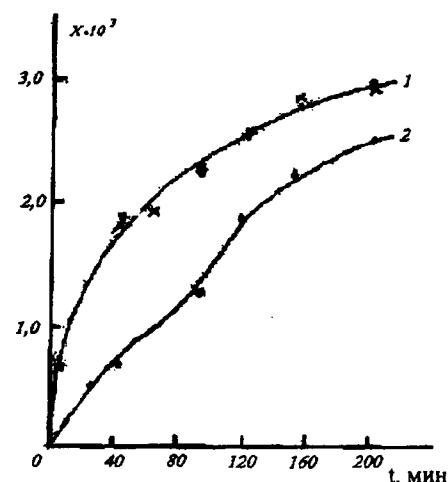


Рис. 3. Кинетические кривые расхода P в водно-этанольных растворах дифениламина в отсутствие и присутствии стеарокса-920. $[DFA]=[P]=5 \cdot 10^{-3}M$, $T=308K$, $[стеарокс-920]$: 1 – 0 (точки), $0,034M$ (крестики); 2 – $0,114M$.

именно, на стадии протекания бензидиновой перегруппировки) скорость реакции понижается в меньшей мере, очевидно, за счет наличия на их поверхности H^+ -ионов. В данном случае донором ионов H^+ является

сама карбоксильная группа ПАВ. Интересно отметить, что при окислении персульфатом анилина, не включающего специфический кислотный катализ, мицеллы стеарокса-920 вызывают равномерное по всему ходу процесса замедление реакции.

На рис. 3 представлена кинетика расхода P в водно-этанольных растворах ДФА в присутствии различных концентраций стеарокса-920. При концентрации $0,035M$ скорость реакции не меняется, а при $0,114M$ – замедляется.

Известно [11], что кинетические данные по влиянию ПАВ на скорость реакции можно использовать для определения его кинетической концентрации мицеллообразования (ККМ). На основании данных рис. 3 нами оценены пределы концентраций стеарокса-920 в водно-этанольном растворе при $308K$, между которыми должна находиться ККМ данного ПАВ ($0,035M < \text{ККМ} < 0,114M$).

На основании приведенных результатов мы полагаем, что в изучаемой реакции процесс бензидиновой перегруппировки является определяющим и позволяет под влиянием H^+ -ионов изменять природу нековалентных взаимодействий и тем самым регулировать специфичность многостадийного окисления дифениламина, протекающего в молекулярно-организованной системе, к промежуточному или конечному продуктам.

Кафедра физической и коллоидной химии

Поступила 03.11.2003

ЛИТЕРАТУРА

- Геворкян М.Г. Кинетика и механизм окисления арил- и аралкиламинов персульфатом калия: Автореф. дисс. на соискание уч. ст. канд. хим наук. Ереван, ЕГУ, 1970, 15 с.
- Геворкян М.Г., Бейлерян Н.М., Аштян А.П. – Арм. хим. ж., 1978, т. 31, № 5, с. 291.
- Gevorgyan M.G., Beylerian N.M. – J. Surface Sci. Technol., 1999, v. 15, № 1–2, p. 90.
- Геворкян М.Г., Карапетян Т.Г., Марьянян А.И., Левонян А.В., Мелконян Л.Г. – Арм. хим. ж., 1978, т. 31, № 5, с. 296.
- Геворкян М.Г., Бейлерян Н.М., Кишоян В.С. – Там же, 1979, т. 32, № 5, с. 348.
- Геворкян М.Г., Бейлерян Н.М., Чалтыкян О.А. – Там же, 1970, т. 23, с. 978.
- Геворкян М.Г., Яврян С.Ш., Бейлерян Н.М. – Ученые записки ЕГУ. 2001, № 1, с. 65.
- Геворкян М.Г. – Хим. журн. Армении, 2003, т. 56, № 4, с. 5.
- Bunton C.A., Rubin R.J. – Tetrahedron Letters, 1975, № 1, p. 59.
- Bunton C.A., Rubin R.J. – Tetrahedron Letters, 1975, № 1, p. 54.
- Broxton T.J., Christie J.R., Dole A.I. – J. Phys. Organic Chem., 1994, v. 7, p. 437.

Մ. Գ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

ՆԱԽՕՐՈՔ ՏԵՏՐԱՖԵՆԻԼԴԵՀԻԴՐԱԶԻՆՈՎ ՀԱԳԵՑԱԾ ՏԱՐԲԵՐ
ԲՆՈՒՅԹԻ ՄԱՆԵՐԻ ՄԻՑԵԼՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԴԻՖԵՆԵՆԻԼ-
ԱՄԻՆ+ԿԱԼԻՈՒՄԻ ՊԵՐՍՈՒԼՖԱՏ ՌԵԱԿՑԻԱՅԻ ԿԻՆԵՏԻԿԱՅԻ ԵՎ
ՄԵԽԱՆԻԶՄԻ ՎՐԱ

Ամփոփում

Ուսումնասիրվել է դիֆենիլամին+կալիումի պերսուլֆատ ռեակցիայի կիմիետիկայի և մեխանիզմի վրա տետրաֆենիլիդրազինով (ՏՖՀ) հագն-

ցած ոչ իննօգեն (OC-20) և անիոնային (E-30) ՍԱՆ-երի ազդեցությունը:

Ցույց է տրված, որ ՏՖՀ-ով հագեցած միցելների ներկայությամբ ռեակցիայի արգասիքի կուտակման արագությունը ավելի քիչ է նվազում, քան ՏՖՀ-ով շնչակված միցելներ պարունակող համակարգերում: Ստացված տվյալները հաստատում են նախկինում կատարված եղբակացությունը այն մասին, որ միցելի միջուկում տեղայնացված ՏՖՀ-ն և պերսուլատը տարածականորեն անջատվում են իրարից և դիֆենիլամինի օքսիդացման պրոցեսը կազմ է առնում I փուլում:

M. G. GEVORGYAN

**STUDY OF KINETICS AND MECHANISM OF THE DIPHENYLAMINE
REACTION WITH POTASSIUM PERSULFATE IN WATER-ETHANOL
MICELLAR SOLUTIONS OF DIFFERENT SURFACTANTS**

Summary

The influence of saturated with tetraphenylhydrazine (TPhH) micelles on the rate of diphenylamine reaction with potassium persulfate has been studied. It is shown that the rate of accumulation of a reaction product in presence of preliminary saturated with TPhH micelles decreases less in comparison with non-treated with TPhH micelles. Obtained results confirm our early assumption that located in a hydrophobic nucleus of micelles TPhH is spatially separated with persulfate, and the process of diphenylamine oxidation stops on stage 1.

Химия

УДК 543:544:546

Д. С. ГАЙБАКЯН, ЯСИН МАЛА, А. Г. ХАЧАТРЯН

ИОНООБМЕННАЯ ТОНКОСЛОЙНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

**2. Исследование комплексообразования Re (VII), Mo (VI), V (V) и W (VI)
в растворах органических кислот**

Изучено комплексообразование ионов Re (VII), Mo (VI), V (V) и W (VI) на закрепленных слоях катионообменника «Фиксион-50» с использованием в качестве подвижной фазы растворов щавелевой, винной и лимонной кислот.

Установлен ряд относительной прочности комплексов указанных ионов с соответствующими кислотами. Данные, полученные с применением двух вариантов ионообменной хроматографии (колоночной и тонкослойной), практически не отличаются друг от друга, что свидетельствует об их надежности и точности.

Целесообразно более широко применять метод ионообменной тонкослойной хроматографии для изучения комплексообразования в растворах, поскольку данный вариант характеризуется экспрессностью и не требуется для него использования сложной и дорогостоящей аппаратуры.

Метод тонкослойной хроматографии (ТСХ) при всей его простоте является одним из уникальных не только для решения аналитических задач разделения и определения, но и для исследования физико-химических аспектов процессов сорбции и комплексообразования. В связи с этим особенно эффективным является применение слоев измельченных порошков ионообменных смол, закрепленных на подложке различными связующими веществами. Такой метод называется ионообменно-тонкослойной хроматографией (ИОТСХ).

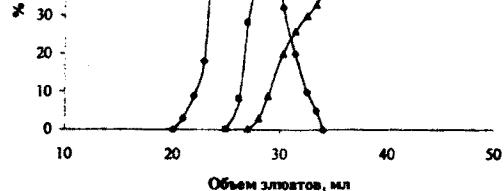
В последнее время все более широко для аналитических целей применяются готовые ионитовые пластинки [1–6]. Применяются они также и для исследования состояния ионов в растворах [7, 8]. Работы, посвященные исследованию комплексообразования ионов редких элементов с применением ионитовых пластин, в литературе не описаны.

Целью данной работы является исследование комплексообразования Re (VII), Mo (VI), V (V) и W (VI) на катионитовом закрепленном слое на пластинах типа «Фиксион-50» методом ИОТСХ в его пробирочном

варианте с применением в качестве подвижной фазы (ПФ) растворов щавелевой, винной и лимонной кислот. Полученные таким способом данные, свидетельствующие о состоянии указанных элементов и их комплексообразования (табл. 1), сопоставлены с результатами статических опытов, полученными методом ИОХ на сильнокислотном катионите КУ-2 в Н-форме [9] (см. рисунок).

Для сравнения данных, полученных двумя вариантами ионобменной хроматографии (ИОХ), катионитовые слои пластин «Фиксион-50» (производство Венгрии) переведены из Na-формы в Н-форму, в которой катиониты преимущественно применяются в колонках. Кроме того, согласно авторам [10], при влажности слоя 30% качественные закономерности, полученные ИОКХ, будут соответствовать данным метода ИОТСХ в идентичных условиях.

Толщина слоев «Фиксион-50» составляла в среднем $0,20 \pm 0,02$ (мм), размер пластин — $8,5\text{ см} \times 11,5\text{ см}$. Переведение слоя «Фиксион-50» в Н-форму осуществляли обработкой его раствором соляной кислоты с концентрацией 0,1 моль/л и последующей промывкой дистиллированной водой до нейтральной реакции промывных вод. Полученные слои выдерживали в экскаторах с силикагелем в течение 75 мин., что обеспечивало их влажность в пределах 30%.



Кривые вымывания молибдена (VI) органическими кислотами: 1 — щавелевой, 2 — лимонной, 3 — винной.

Методика эксперимента. На расстоянии 1,0 см от одного края пластиинки микрошипцирем наносили 1–4 мкл стандартных растворов перрената, молибдата, ванадата аммония и вольфрамата натрия, содержащих 1–4 мкг элементов. Слой с нанесенными ионами опускали в круглые камеры-пробирки диаметром 3,0–3,5 см, высотой 13,0 см, содержащие растворы органических кислот (щавелевой, винной и лимонной) в качестве ПФ. При этом слой погружали так, чтобы стартовая линия оставалась выше уровня жидкости на 0,5 см. Пробирку герметично закрывали корковой пробкой. После перемещения ПФ по слою на 10 см от старта пластиинки извлекали из камеры, сушили при комнатной температуре и проявляли хроматограммы путем опрыскивания их солянокислым раствором хлорида олова (II) (35%), затем насыщенным водным раствором роданида аммония. При этом зоны ионов на хроматограмме окрашиваются: рений (VII) — в оранжевый, молибден (VI) — в розовый, ванадий (V) — в зеленый, а вольфрам (VI) — в сине-зеленый цвет. Из проявленных хроматограмм рассчитывали значения R_f , а также оценивали форму и число пятен, образуемых ионами элементов.

Обсуждение полученных результатов. Данные, приведенные в табл. 1, свидетельствуют, что независимо от природы органической кислоты рений (VII) имеет высокие значения R_f , что указывает на отсутствие его поглощения на катионообменном слое.

В среде изученных кислот также высоки значения R_f для молибдена (VI). В разбавленных растворах кислот ($1 \cdot 10^{-5}$ – $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л), по-видимому, отсутствуют процессы комплексообразования, и молибден (VI) находится в анионной форме, так как образование катионов для молибдена (VI) наблюдается только при $\text{pH} < 3$. При более высоких концентрациях кислот молибден (VI), образуя анионные комплексы, уже не поглощается катионитом.

Таблица 1

Зависимость R_f ионов от концентрации винной, лимонной и щавелевой кислот при сорбции на пластинках «Фиксион-50» в Н-форме

ПФ и ее концентрация		R_f			
кислота	моль/л	Re (VII)	Mo (VI)	V (V)	W (VI)
винная	$1 \cdot 10^{-4}$	0,93	0,93	0,98; 0,07	0,92
	$1 \cdot 10^{-3}$	0,92	0,92	0,96; 0,07	0,98
	$1 \cdot 10^{-2}$	0,90	0,95	0,95; 0,02	0,98
	$5 \cdot 10^{-2}$	0,88	0,96	0,95; 0,04	0,98
	0,1	0,88	0,93	0,95; 0,74; 0,07	0,98
	0,5	0,88	0,96	0,93; 0,03	0,96
	1,0	0,88	0,97	0,93; 0,05	0,98
	2,0	0,92	0,96	0,94	0,96
лимонная	$1 \cdot 10^{-4}$	0,92	0,98	0,95; 0,24; 0,09	0,64–0,88
	$1 \cdot 10^{-3}$	0,93	0,97	0,93; 0,48; 0,15	0,64–0,88
	$1 \cdot 10^{-2}$	0,89	0,96	0,91; 0,44; 0,05	0,66–0,84
	$5 \cdot 10^{-2}$	0,90	0,96	0,90; 0,40; 0,06	0,65–0,86
	0,1	0,88	0,97	0,91; 0,03	0,67–0,85
	0,5	0,87	0,96	0,91; 0,02	0,66–0,82
	1,0	0,89	0,95	0,93; 0,05	0,64–0,80
	2,0	0,88	0,94	0,95	0,71
щавелевая	$1 \cdot 10^{-4}$	0,97	0,97	0,88	0,89
	$1 \cdot 10^{-3}$	0,97	0,97	0,88	0,91
	$1 \cdot 10^{-2}$	0,97	0,97	0,90	0,92
	$5 \cdot 10^{-2}$	0,94	0,95	0,90	0,91
	0,1	0,98	0,97	0,88	0,90
	0,5	0,98	0,97	0,88	0,89
	1,0	0,98	0,98	0,87	0,88
	2,0	0,97	0,98	0,86	0,91

Поведения вольфрама (VI) и молибдена (VI) аналогичны, с той лишь разницей, что в растворах щавелевой кислоты зоны вольфрама (VI) более вытянуты по сравнению с таковыми для молибдена (VI).

В то же время данные, приведенные в табл. 1, показывают, что по склонности к комплексообразованию с молибденом (VI) изученные кислоты располагаются в ряд: щавелевая > лимонная > винная, в случае с вольфрамом (VI) – в другой ряд: винная > щавелевая > лимонная [11].

Таблица 2

Зависимость R_f ионов от состава ПФ (этанол–органическая кислота) на пластинках «Фиксион–50» в Na-форме

Состав ПФ		R_f			
этанол, мл	кислота, мл	Re (VII)	Mo (VI)	V (V)	W (VI)
щавелевая кислота					
100	0	0,01	0,01	0,01	0,01
90	10	0,15–0,40	0,04	0,02	0,02
75	25	0,24–0,83	0,38–0,83	0,02	0,06
50	50	0,28–0,87	0,40–0,84	0,03	0,25
25	75	0,30–0,89	0,47–0,96	0,07	0,76
20	80	0,78–0,97	0,79–0,98	0,12	0,76
15	85	0,75–0,96	0,97	0,16	0,76
10	90	0,96	0,96	0,18	0,78
5	95	0,97	0,98	0,71	0,79
0	100	0,98	0,98	0,76	0,82
винная кислота					
100	0	0,01	0,01	0,01	0,01
90	10	0,32–0,82	0,12	0,02	0,08
75	25	0,35–0,93	0,17	0,01	0,23
50	50	0,35–0,93	0,28–0,74	0,38–0,64	0,90
25	75	0,94	0,96	0,92; 0,01	0,93
20	80	0,95	0,94	0,98; 0,02	0,95
15	85	0,95	0,94	0,98; 0,03	0,96
10	90	0,95	0,98	0,98; 0,02	0,98
5	95	0,97	0,97	0,97; 0,02	0,98
0	100	0,98	0,97	0,93; 0,03	0,98
лимонная кислота					
100	0	0,01	0,01	0,01	0,01
90	10	0,13–0,90	0–0,20	0,05	0,06
75	25	0,14–0,92	0,05–0,30	0,13	0,10
50	50	0,17–0,93	0,48–0,95	0,86; 0,06	0,82
25	75	0,93	0,94	0,94; 0,04	0,85
20	80	0,92	0,96	0,95; 0,07	0,90
15	85	0,94	0,94	0,95; 0,08	0,95
10	90	0,94	0,94	0,93; 0,12	0,93
5	95	0,95	0,94	0,94; 0,14	0,93
0	100	0,89	0,96	0,93; 0,02	0,92

Иная картина наблюдается для ванадия (V). В этом случае, особенно в растворах винной и лимонной кислот, на слое образуется несколько пятен

ванадия (V); значение R_f для одного из них очень мало, что указывает на положительный заряд соответствующего иона. В растворах щавелевой кислоты пятна ванадия (V) с низкими значениями R_f не наблюдаются, что позволяет представить следующий ряд прочности комплексов соответствующих кислот с ванадием (V): винная > лимонная > щавелевая.

Для дифференцирования комплексующих свойств указанных кислотами в качестве ПФ были использованы смеси этанола и 1,0M растворов кислот в различных объемных соотношениях. Данные по зависимости величин R_f от состава ПФ, приведенные в табл. 2, показывают, что в чистом этаноле исследуемые элементы остаются на стартовой линии неподвижными. Присутствие органических кислот в составе ПФ увеличивает значения R_f ионов, что наглядно проявляется в наибольшей степени для рения (VII). При постепенном увеличении доли органической кислоты в смеси со спиртом зоны рения (VII) и молибдена (VI) приобретают диффузный характер (пятна ионов более вытянуты). При объемном соотношении спирт–органическая кислота (1:3) пятна имеют компактную форму. Увеличение значений R_f более ощутимо в растворах ПФ с небольшим содержанием щавелевой кислоты.

Закономерности роста величин R_f в зависимости от содержания органических кислот в ПФ отчетливо демонстрируют их комплексообразующие свойства и могут служить мерой относительной прочности образуемых ими анионных комплексов изученных элементов.

Таким образом, методом ИОТСХ изучено комплексообразование ионов Re (VII), Mo (VI), V (V) и W (VI) с органическими кислотами (винной, лимонной и щавелевой). Установлены ряды относительной прочности образуемых ими комплексов для молибдена (VI), ванадия (V) и вольфрама (VI). Образование комплексов рения (VII) с указанными кислотами в тех же условиях не установлено. Сравнение данных, полученных двумя различными вариантами ИОХ, подтверждает достоверность результатов и целесообразность использования ИОТСХ для исследования процессов комплексообразования ионов редких элементов в растворах, что обусловлено экспрессностью эксперимента и простотой аппаратурного оформления данного варианта хроматографии.

Кафедра аналитической химии

Поступила 15.09.2002

ЛИТЕРАТУРА

1. Berger J., Meyniel G., Petit J. – Compt. Rend. Acad. Sci., 1962, v. 255, № 6, p.1116–1118.
2. Sherma J. – Talanta, 1963, v. 10, № 5, p. 787–792.
3. Berger J., Meyniel G., Petit J. – J. Chromatogr., 1967, v. 29, p.190–194.
4. Keleman B., Szarvas P. – Acta Univ. Debrecen, Ser. Phys. et Chim., 1974 (1975), v. 19, p. 183–186.
5. Lepri L., Desideri P., Coas V., Cozzi D. – J. Chromatogr., 1970, v. 47, № 3, p. 190–194.
6. Шульга В.А., Сенявин М.М., Белоусова М.Я. и др. – Заводская лаборатория, 1980, т. 46, № 10, с. 892–895.
7. Гайбакян Д.С., Турунджян С.М., Хачатрян А.Г. Теория и практика сорбционных процессов: Межвуз. сб. научных трудов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1969, вып. 20, с. 113–119.

8. Гайбакян Д.С., Хамуй Д.И. Химия и химическая технология: Межвуз. сб. научных трудов. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1991, вып.5, с. 22–30.
9. Гайбакян Д.С. Новые методы жидкостной хроматографии в аналитической химии рения, молибдена, ванадия, вольфрама, золота, селена и теллура: Автореф. Дисс. на соискание уч. ст. докт. хим. наук. Ер., 1989.
10. Сенявин М.М., Шульга В.А., Рубинштейн Р.Н. – ЖХХ, 1980, т. 35, № 12, с. 2389–2393.
11. Гайбакян Д.С., Ясин Мала, Хачатрян А.Г. – Ученые записки ЕГУ, 2003, № 3.

Դ. Ս. ԳԱՅԲԱԿՅԱՆ, ՅԱՍԻՆ ՄԱԼԱ, Հ. Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՏԱՐՐԵՐԻ ԻՈՆԱՓՈԽԱՆԱԿԱՅԻՆ ՆՐԲԱԾԵՐԸ ՋՐՈՍԱՏՈԳՐԱՖԻԱ

2. Re (VII), Mo (VI), V (V) և W (VI) իոնների կոմպլեքսագոյացման
ուսումնասիրումը օրգանական թրթուրներում

Ամփոփում

Ուսումնասիրվել է Re (VII), Mo (VI), V (V) և W (VI) իոնների կոմպլեքսագոյացումը «Ֆիքսիոն-50» տեսակի կատիոնափոխանակիչի ամրացված շերտերի օգտագործմամբ՝ որպես շարժուն ֆազեր կիրառելով թրթուրագրվի, գինները և կիտրոնաթթվի լուծույթները:

Հաստատվել է իոնների առաջացրած կոմպլեքսների հարաբերական կայունության հաջորդականությունը: Իոնափոխանակային թրթուրագրաֆիայի երկու՝ աշտարակային և նրբաշերտ տարրերակների կիրառմանը ստացված տվյալները գործնականորեն չեն տարրերվում իրարից, ինչը վկայում է դրանց հավաստիության և հուսալիության մասին:

Իոնափոխանակային նրբաշերտ թրթուրագրաֆիայի եղանակը նպատակահարմար է ավելի լայնորեն կիրառել լուծույթներում կոմպլեքսագոյացումն ուսումնասիրելու համար, քանի որ այդ տարրերակը արագընթաց է և ենթադրում է արտակարգ պարզ սարքերի կիրառում:

D. S. GAIBAKYAN, YASIN MALA, H. G. KHACHATRYAN

ION-EXCHANGE THIN-LAYER CHROMATOGRAPHY OF ELEMENTS

2. Study of the complexation of Re (VII), Mo (VI), V (V) and W (VI)
ions in organic acid solutions

Summary

Complexation of Re (VII), Mo (VI), V (V) and W (VI) ions on «Fixion-50» cationite fixed layers has been studied using oxalic, tartaric and citric acids solutions as mobile phases.

The row of relative stability of complexes of indicated ions with appropriate acids has been revealed. The obtained date of using the two versions of ion-exchange chromatography (column and thin-layer) do not differ, and it confirms their reliability and accuracy.

It is expedient to apply the ion-exchange thin-layer chromatography method more widely for the study of complexation in solutions because this version of chromatography is more express and does not suppose the use of complicated and expensive instruments.

Химия

УДК 546.23+547.496.3

Ш. А. ГЮЛЬНАЗАРЯН

**АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ ПЕРРЕНАТ-ИОНОВ
ОСНОВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ – МЕТИЛОВЫМ ФИОЛЕТОВЫМ
И КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ФИОЛЕТОВЫМ**

Методом амперометрического титрования исследовано взаимодействие перренат-ионов с основными красителями трифенилметанового ряда – метиловым фиолетовым (МФ) и кристаллическим фиолетовым (КФ). Титрование проведено по току окисления красителей на платиновом индикаторном электроде при потенциале +1,4В.

Установлено, что эквивалентная точка при титровании наблюдается при мольном соотношении реагирующих компонентов 1:1.

Оптимальная для определения рения(VII) кислотность соответствует концентрации фосфорной кислоты – 0,1–1,0 моль/л для МФ и 0,1–1,5 моль/л – для КФ.

Подчиняемость основному закону амперометрии наблюдается в интервале концентраций рения (VII) $2 \cdot 10^{-4}$ – $4 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Изучено влияние ряда сопутствующих ионов на определение рения (VII). Проведена математическая обработка экспериментальных данных.

Ранее нами было показано [1–3], что для амперометрического титрования рения (VII) могут быть успешно применены различные основные красители (сафранин Т, родамин 6Ж, родамин Ж), которые имеют ряд преимуществ по сравнению с известными в литературе реагентами, используемыми для амперометрического титрования рения (VII) [4–10].

Настоящая работа посвящена изучению возможности применения трифенилметановых красителей метилового фиолетового (МФ) и кристаллического фиолетового (КФ) для амперометрического определения рения(VII).

Экспериментальная часть. Стандартный раствор рения (VII) ($1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л) готовили растворением в дистиллированной воде точной навески перрената аммония (ч. д. а.). Рабочие растворы красителей ($1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л) готовили растворением в дистиллированной воде точных навесок препаратов квалификации ч. д. а. Раствор молибдена (VI)

готовили растворением молибденовой кислоты в 10моль/л растворе гидроксида натрия, а остальных сопутствующих элементов – растворением навесок их хлоридов или нитратов квалификации ч. д. а. в дистиллированной воде, подкисляя их при необходимости соответствующей кислотой для предотвращения гидролиза.

Амперометрическое титрование проводили на собранной амперометрической установке с платиновым индикаторным электродом (проволока длиной 4мм). Электрод сравнения – меркур-йодидный.

Результаты и обсуждение. Поскольку перренат-ионы не восстанавливаются на платиновом электроде, было изучено электродное поведение красителей на различных электролитических фонах – кислотах и солях. Было выяснено, что оба красителя дают электродную реакцию на фоне фосфорной кислоты. Соответствующие вольтамперные кривые приведены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, четко выраженные волны окисления красителей проявляются при потенциалах 1,2–1,6В. Титрование рения (VII) может

быть проведено на фоне 0,1–1,0моль/л H_3PO_4 для МФ и 0,1–1,5моль/л – для КФ. В дальнейшем в обоих случаях титрования проводились с использованием 0,8моль/л фосфорной кислоты при потенциале +1,4В.

При взаимодействии рения (VII) с МФ и КФ образуются темно-фиолетовые нерастворимые в воде соединения, причем их осаждение происходит медленно.

Следует отметить, что при высоких значениях кислотности, начиная с 2,0моль/л фосфорной кислоты, осадки не образуются – происходит только

Рис. 1. Вольтамперные кривые: 1 – 0,8моль/л H_3PO_4 ; 2 – 0,8моль/л H_3PO_4 +1мл 1,0 · 10^{-2} моль/л МФ; 3 – 0,8моль/л H_3PO_4 +1мл 1,0 · 10^{-2} моль/л КФ.

изменение окраски растворов от темно-фиолетового до зеленого.

Кривые амперометрического титрования рения (VII) с МФ и КФ приведены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, перегиб на кривых титрования наблюдается при мольном соотношении $[ReO_4^-] : [краситель] = 1:1$. До завершения химической реакции (до точки эквивалентности) реагент затрачивается на образование осадков, а на кривых титрования наблюдается лишь остаточный ток. После точки эквивалентности в растворе имеется избыток реагентов и диффузионный ток закономерно увеличивается с увеличением их содержания в растворе.

Амперометрическое титрование рения (VII) с обоими красителями возможно в интервале концентраций перренат-ионов $2 \cdot 10^{-4}$ – $4 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

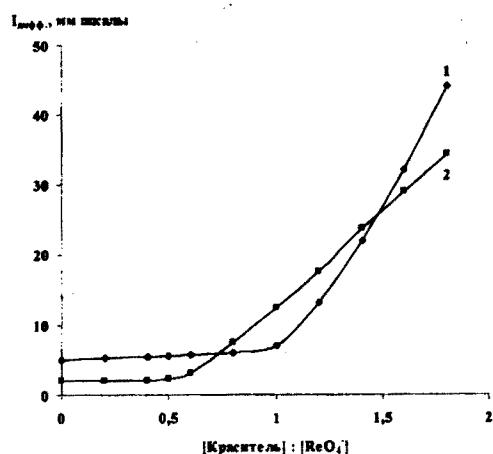


Рис.2. Кривые амперометрического титрования при потенциале +1,4В на фоне 0,8моль/л H₃PO₄: 1 – 1мл 1,0 · 10⁻²моль/л ReO₄⁻ с МФ; 2 – 0,5мл 1,0 · 10⁻²моль/л ReO₄⁻ с КФ.

Co²⁺, Cd²⁺, Mn²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺, Fe³⁺ и пятисоткратные – Mo (VI).

Образовавшиеся осадки являются ионными ассоциатами, т. е. взаимодействие катиона красителя с перренат-ионами происходит преимущественно за счет электростатических сил.

Была проведена математическая обработка полученных экспериментальных данных амперометрического титрования рения (VII) с обоими красителями. Результаты приведены в таблице.

При изучении влияния сопутствующих рению ионов на амперометрическое определение рения с МФ и КФ выяснилось, что в обоих случаях не мешают тысячетысячные количества Ni²⁺,

Правильность результатов определения рения (VII): $V = 25\text{мл}$; $P = 0,95$; $n = 5$; $t_a = 2,78$

Краситель	Взято рения (VII), мг	Найдено рения (VII), мг	S	$C \pm \frac{t_a \cdot S}{\sqrt{n}}$	S, %
метиловый фиолетовый	$3,724 \cdot 10^{-2}$	$3,739 \cdot 10^{-2}$	$5,477 \cdot 10^{-4}$	$(3,739 \pm 0,068) \cdot 10^{-2}$	1,47
	$7,448 \cdot 10^{-2}$	$7,478 \cdot 10^{-2}$	$1,225 \cdot 10^{-3}$	$(7,478 \pm 0,152) \cdot 10^{-2}$	1,64
	$7,448 \cdot 10^{-1}$	$7,448 \cdot 10^{-1}$	$1,489 \cdot 10^{-2}$	$(7,478 \pm 0,185) \cdot 10^{-1}$	1,99
кристал- лический фиолетовый	$3,724 \cdot 10^{-2}$	$3,754 \cdot 10^{-2}$	$3,200 \cdot 10^{-4}$	$(3,754 \pm 0,040) \cdot 10^{-2}$	0,85
	$7,448 \cdot 10^{-2}$	$7,509 \cdot 10^{-2}$	$7,100 \cdot 10^{-4}$	$(7,509 \pm 0,088) \cdot 10^{-2}$	0,94
	$7,448 \cdot 10^{-1}$	$7,448 \cdot 10^{-1}$	$1,489 \cdot 10^{-2}$	$(7,448 \pm 0,185) \cdot 10^{-1}$	1,99

В наших предыдущих сообщениях [1–3] было отмечено, что допустимые избыточные количества молибдена (VI) – от двадцати до пятидесятикратных. При больших содержаниях молибден (VI) вступает в реакции осадкообразования, увеличивая затрату реагентов-красителей. Повидимому, растворимость ионных ассоциатов молибдата при использовании МФ и КФ существенно увеличивается, что делает допустимым присутствие даже 500-кратных количеств молибдат-ионов.

Как следует из вышеизложенного, несмотря на то, что МФ и КФ уступают по чувствительности ранее использованным красителям, они

отличаются более высокой избирательностью, особенно в отношении молибдена (VI).

Таким образом, нами показано, что трифенилметановые основные красители – метиловый фиолетовый и кристаллический фиолетовый – могут быть использованы в качестве высокоизбирательных реагентов для амперометрического определения рения (VII).

ЕГУ, ИГН НАН РА

Поступила 02.07.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Гюльназарян Ш.А., Вартанян С.В., Хачатрян А.Г. Կառավարում (հալով բոլոր կում), 2001, с. 83–85.
2. Гюльназарян Ш.А., Вартанян С.В., Дарбинян Г.Г., Хачатрян А.Г. – Хим. ж. Армении, 2003, т. 45, № 1–2, с. 48–51.
3. Вартанян С.В., Гюльназарян Ш.А., Хачатрян А.Г. Информационные технологии и управление. Ер.: Изд-во «Энциклопедия-Арменика», 2003, т. 1, № 2, с. 199–204.
4. Галлай З.А., Рубинская Г.Я., Фурсова А.В. – ЖАХ, 1966, т. 21, № 5, с. 584–589.
5. Галлай З.А., Рубинская Г.Я. – ЖАХ, 1966, т. 21, № 8, с. 961–964.
6. Рубинская Г.Я., Галлай З.А., Жусид Л.Б. – ЖАХ, 1967, т. 22, № 9, с. 1319–1322.
7. Галлай З.А., Рубинская Г.Я. – ЖАХ, 1967, т. 22, № 10, с. 1378–1381.
8. Тарайн В.М., Вартанян С.В., Шапошникова Г.Н. – Докл. АН Арм. ССР, 1973, т. 36, № 2, с. 92–95.
9. Соломатин В.Т., Артемова Т.И. – ЖАХ, 1974, т. 29, № 3, с. 489–492.
10. Ржавичев С.П., Каплан В.Я., Соломатин В.Т. – Заводская лаборатория, 1978, т. 44, № 1, с. 4–7.

Ը. Ա. ԳՅՈՒՆԱԶԱՐՅԱՆ

ՊԵՐՈՒԵՍ-ԻՈՆՆԵՐԻ ԱՄՊԵՐԱՉԱՓԱԿԱՆ ՏԻՏՐՈՒՄԸ
ՄԵԹԻԼԱՅԻՆ ՍԱՆՈՒՉԱԿԱԳՈՒՅՆ ԵՎ ԲՅՈՒՐԵԴԱՅԻՆ ՍԱՆՈՒՉԱ-
ԿԱԳՈՒՅՆ ՀԻՄՆԱՅԻՆ ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹԵՐՈՎ

Ամփոփում

Ամպերաչափական եղանակով ուսումնասիրվել է պերուենատիոնների փոխազդեցությունը եռֆենիլմեթանային շարքի հիմնային օրգանական ներկանյութեր մեթիլային մանուշակագույնի և բյուրեդային մանուշակագույնի հետ: Տիտրումը կատարվել է $+1,4\%$ պոտենցիալով ըստ ներկանյութերի օքսիդացման հոսանքի:

Հաստատվել է, որ թիմիական ռեակցիայի ավարտը դիտվում է փոխազդող բաղադրամաների 1:1 մոլային հարաբերության դեպքում: Միջավայրի օպտիմալ թթվայնությունը մեթիլային մանուշակագույնի համար համապատասխանում է ֆոսֆորական թթվի $0,1\text{--}1,0 \text{մոլ/l}$, իսկ բյուրեդային մանուշակագույնի համար՝ $0,1\text{--}1,5 \text{մոլ/l}$ կոնցենտրացիաներին:

Ամպերաչափության հիմնական օրենքին ենթարկվելու տիրույթը կազմում է $2 \cdot 10^{-4}\text{--}4 \cdot 10^{-3} \text{մոլ/l}$ ըստ Re (VII)-ի:

Ուսումնասիրվել է ռենիումին ուղեկցող մի շաբթ տարրերի ազդեցությունը ռենիումի ամպերաչափական որոշման վրա:

Կատարվել է ստացված տվյալների մաքեմատիկական մշակում:

Sh. A. GYULNAZARYAN

AMPEROMETRIC TITRATION OF PERRHENATE-IONS BY METHYL VIOLET AND CRYSTAL VIOLET ORGANIC BASIC DYES

Summary

An interaction of perrhenat-ions with Methyl Violet and Crystal Violet triphenylmethanic basic dyes has been studied by amperometric titration method. Titration has been carried out by dyes oxidation current on the platinum indicating electrode at +1,4V potential.

It has been estimated that equivalent point of the chemical reaction is observed at 1 : 1 molar ratio of the reacting components.

Acidity optimal for the determination of rhenium (VII) corresponds to the 0,1–1,0 mol/l and 0,1–1,5 mol/l phosphoric acid solutions, correspondingly for Methyl Violet and Crystal Violet.

Submission to the amperometry's main law observed within $2 \cdot 10^{-4}$ – $4 \cdot 10^{-3}$ mol/l rhenium (VII) concentration range.

It is also studied the influence of the series of accompanying elements on the amperometric determination of rhenium (VII).

Mathematical treatment of experimental data obtained has been done

Химия

УДК 547.724+574.79

А. А. АВЕТИСЯН, Г. Г. ТОКМАДЖЯН, Л. В. КАРАПЕТЯН

СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ НЕНАСЫЩЕННЫХ γ -ЛАКТОНОВ,
СОДЕРЖАЩИХ ТЕТРАЗОЛЬНОЕ КОЛЬЦО

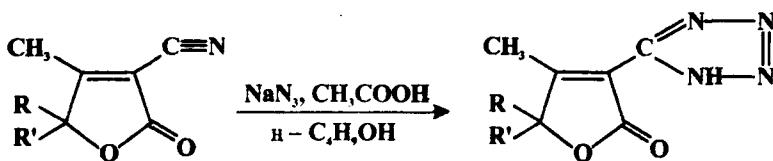
Взаимодействием замещенных цианобутенолидов с неорганическими азидами синтезированы новые, содержащие тетразольное кольцо, производные ненасыщенных γ -лактонов.

Известно, что ненасыщенные γ -лактоны широко распространены в природе и являются биологически активными веществами, а их производные применяются в самых различных областях народного хозяйства, в частности, в медицине, сельском хозяйстве, парфюмерии и т. д. [1]. Ярко выраженной биологической активностью обладают также производные тетразолов [2, 3].

С этой точки зрения представляет большой интерес синтез соединений, содержащих в своем составе как ненасыщенное γ -лактонное, так и тетразольное кольца, для дальнейшего изучения их биологической активности.

С целью осуществления синтеза подобных структур нами был выбран путь построения тетразольного кольца на основе взаимодействия цианозамещенных производных бутенолидов с азотистоводородной кислотой, которая образуется *in situ* в результате взаимодействия азода натрия и ледяной уксусной кислоты или хлорида аммония при нагревании. В качестве растворителей используется *n*-бутанол или диметилформамид – в зависимости от того, какие именно цианопроизводные бутенолидов берутся в качестве исходных соединений.

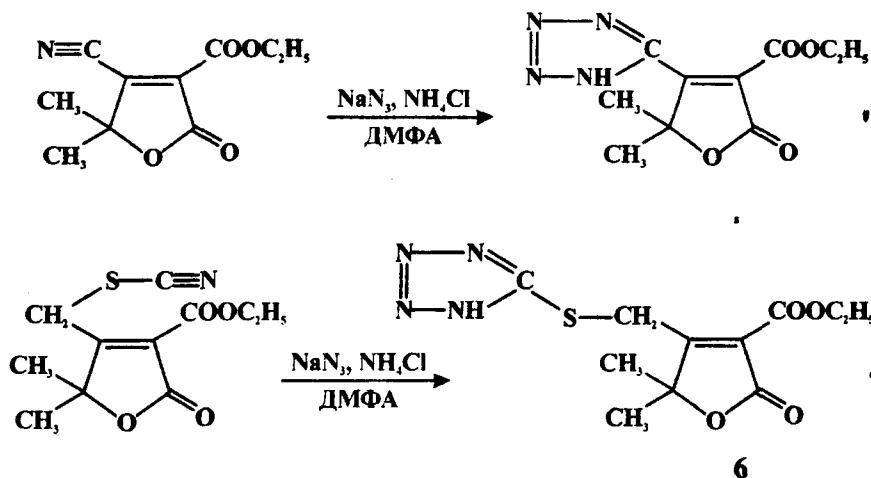
Было замечено, что при применении в качестве исходных соединений 2-циано-3-метил-4,4-диалкил-2-бутен-4-олидов реакция с азидом натрия нормально протекает в присутствии ледяной уксусной кислоты. Реакционную смесь нагревают при температуре кипения *n*-бутанола, применяемого в качестве растворителя. Целевые продукты – тетразольные производные бутенолидов 1–4, получаются с выходами 60–75%:



1-4

1. R=R'=CH₃; 2. R=CH₃, R'=C₂H₅; 3. R, R'=-(CH₂)₄-; 4. R, R'=-(CH₂)₅-.

Однако получить тетразольные производные бутенолидов, исходя из 2-этоксикарбонил-3-циано(тиоцианометил)-4,4-диметил-2-бутен-4-олидов, удалось лишь при несколько измененном условии реакции. Вышеуказанные бутенолиды были поставлены во взаимодействие с азида натрия и хлорида аммония при нагревании реакционной смеси в среде диметилформамида:



6

Строение соединений 1-6 было доказано их ИК-, ЯМР¹Н- и ЯМР¹³С-спектральными исследованиями.

Экспериментальная часть. ИК-спектры синтезированных соединений сняты на спектрометре «Specord 751R» в вазелиновом масле, ЯМР-спектры – на спектрометре «Mercury-300 Varian» (с рабочей частотой 300МГц) с применением в качестве внутреннего стандарта гексаметилдисилана (ГМДС). Чистота синтезированных соединений контролировалась методом тонкослойной хроматографии на пластинах «Silufol UV-254», проявление – парами йода и в ультрафиолетовом свете.

Соединения 1-4. Смесь 0,0031моль замещенного цианобутенолида, 0,26г (0,0041моль) азida натрия и 0,23мл (0,0041моль) ледяной уксусной кислоты в 5мл н-бутанола кипятят 10–15 часов. Затем добавляют еще 0,06г (0,0009моль) азida натрия и 0,25мл (0,0009моль) уксусной кислоты и продолжают кипячение в течение 10 часов. Реакционную смесь перегоняют под уменьшенным давлением до полного удаления растворителя,

остаток охлаждают, прибавляют 5мл воды. А. Если 5-замещенный тетразол не растворяется в воде, тогда водный слой промывают эфиром для удаления непрореагировавшего исходного цианобутенолида и подкисляют разбавленной (1:1) соляной кислотой до pH 2. Выпавшие кристаллы фильтруют, промывают водой и сушат на воздухе. В. Если 5-замещенный тетразол растворяется (или частично растворяется) в воде, тогда к водному слою добавляют 50%-ый раствор гидроксида натрия до pH 8, а под уменьшенным давлением удаляют амины и часть воды, остаток охлаждают, подкисляют разбавленной (1:1) соляной кислотой до pH 2. Выпавшие кристаллы фильтруют, промывают водой и сушат на воздухе.

*Таблица 1
ИК- и ЯМР ^1H -спектры соединений 1–6*

Соединение	ЯМР ^1H -спектры, δ , м. д., ДМСО-d_6	ИК-спектры, ν , cm^{-1}
1	1,60с (6Н, 2CH_3), 2,5с (3Н, $\text{CH}_3\text{C}=\text{C}$)	1640 ($\text{C}=\text{C}$ сопр.), 1680 ($\text{C}=\text{N}$ сопр.), 1730 ($\text{C}=\text{O}$ лакт.), 3210 (NH ассоц. с $\text{C}=\text{O}$)
2	1,30т (3Н, CH_2CH_2), 1,60с (5Н, CH_3 , CH_2CH_2), 2,50с (3Н, $\text{CH}_3\text{C}=\text{C}$)	1640 ($\text{C}=\text{C}$ сопр.), 1680 ($\text{C}=\text{N}$ сопр.), 1730 ($\text{C}=\text{O}$ лакт.), 3210 (NH ассоц. с $\text{C}=\text{O}$)
3	1,60–1,90м (8Н, -(CH_2) ₄), 2,50с (3Н, $\text{CH}_3\text{C}=\text{C}$)	1640 ($\text{C}=\text{C}$ сопр.), 1680 ($\text{C}=\text{N}$ сопр.), 1720 ($\text{C}=\text{O}$ лакт.), 3210 (NH ассоц. с $\text{C}=\text{O}$)
4	1,50–2,00м (10Н, -(CH_2) ₅), 2,50с (3Н, $\text{CH}_3\text{C}=\text{C}$)	1640 ($\text{C}=\text{C}$ сопр.), 1680 ($\text{C}=\text{N}$ сопр.), 1730 ($\text{C}=\text{O}$ лакт.), 3210 (NH ассоц. с $\text{C}=\text{O}$)
5	1,30т (3Н, $\text{COOCH}_2\text{CH}_3$), 1,78с (6Н, 2 CH_3), 4,40к (2Н, $\text{COOCH}_2\text{CH}_3$)	1640 ($\text{C}=\text{C}$ сопр.), 1680 ($\text{C}=\text{N}$ сопр.); 1730 ($\text{C}=\text{O}$ этоксикарбонил), 1775 ($\text{C}=\text{O}$ лакт.), 3210 (NH ассоц. с $\text{C}=\text{O}$)
6	1,40т (3Н, $\text{COOCH}_2\text{CH}_3$), 1,60с (6Н, 2 CH_3), 4,30к (2Н, $\text{COOCH}_2\text{CH}_3$), 4,45с (2Н, CH_2S)	700 ($\text{C}-\text{S}$), 1640 ($\text{C}=\text{C}$ сопр.), 1680 ($\text{C}=\text{N}$ сопр.), 1725 ($\text{C}=\text{O}$ этоксикарбонил), 1775 ($\text{C}=\text{O}$ лакт.), 3210 (NH ассоц. с $\text{C}=\text{O}$)

Таблица 2

Физико-химические константы соединений 1–6

Соединение	Т.пл., $^{\circ}\text{C}$	R_f	Выходы, %
1	177	0,59	65
2	189	0,57	62
3	84	0,55	75
4	170	0,54	66
5	135	0,53	60
6	140	0,50	61

Соединения 5–6. Смесь 0,002моль замещенного цианобутенолида, 0,14г (0,0022моль) азода натрия и 0,12г (0,0022моль) хлорида аммония в 6мл диметилформамида нагревают при 100–120 $^{\circ}\text{C}$ в течение 8–10 часов.

Таблица 3

Спектры ЯМР ^{13}C соединений 1 и 3 (в $\text{DMSO}-d_6/\text{CCL}_4=1/3$), химические сдвиги, δ , м. д.

Соединение	CH_3	$-(\text{CH}_2)_4-$	$\text{CH}_3\text{C}=\text{C}$	$\text{C}=\text{C}$	$\text{C}=\text{N}$	$\text{C}=\text{O}$	$\text{C}-\text{O}$
1	23,98		12,64	146,16	167,49	173,50	86,75
3		21,83 21,95 26,30 27,15	12,63	146,16	168,47	177,76	86,73

Реакционную смесь перегоняют под уменьшенным давлением до полного удаления растворителя, охлаждают, прибавляют 5мл воды. Соединение 5 обрабатывают согласно методу В, а соединение 6 – по методу А. Физико-химические константы, ИК- и ЯМР ^1H - и ^{13}C -спектральные данные приведены в табл. 1-3.

Кафедра органической химии

Поступила 30.06.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисян А.А., Токмаджян Г. Г. – Арм. хим. ж., 1993, №3–4, с. 219.
2. Колдобский Г. И., Островский В. А., Поплавский В. С. – ХГС, 1981, № 10, с. 1299.
3. Баскаков Ю. А. – ЖВХО, 1978, т. 23, с. 149.

Ա. Ա. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Գ. Գ. ԹՈՋԱԶՅԱՆ, Լ. Վ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ՏԵՏՐԱԶՈԼԻ ՕՂԱԿ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ԶՀԱԳԵՑԱԾ ՌԵՖՈՐՄԱՑԻՈՆ ԱԲԱՆՑՑԱԼՆԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶԸ

Ամփոփում

Սինթեզել ենք տետրազոլի օղակ պարունակող չհագեցած Ռ-լակտոնների նոր ածանցյալներ՝ տեղակալված ցիանոբութենուլիդները փոխագույրյան մեջ դնելով ամօրգանական ազիդների հետ:

A. A. AVETISYAN, G. G. TOKMAJYAN, L. V. KARAPETYAN

THE SYNTHESIS OF NEW DERIVATIVES OF UNSATURATED γ -LACTONES CONTAINING TETRAZOLE RING

Summary

New derivatives of unsaturated γ -lactones containing tetrazole ring have been synthesized by the interaction of substituted cyanobutenolids with inorganic azids.

Биология

УДК 581.143.6

А. Р. ПЕНЕСЯН, А. П. АНТОНЯН, Г. Р. ВАРДАПЕΤЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОЧИЩЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ
ГИПЕРИЦИНА С ДНК**

Выделен и фракционирован тотальный метанольный экстракт из цветков *Hypericum perforatum L.* гель-хроматографией на колонках с сефадексом LH-20. Методами абсорбционной и флюоресцентной спектроскопии, а также с помощью тонкослойной хроматографии показана высокая степень чистоты полученного препарата гиперицина.

Исследовано взаимодействие гиперицина с ДНК. Показано, что гиперицин избирательно и по-разному взаимодействует с пуриновыми и пиримидиновыми последовательностями ДНК.

Введение. Гиперицин является полициклическим ароматическим дионаном, который содержится в растениях рода *Hypericum*. Показано, что он обладает высокой антидепрессивной и антиретровирусной активностью (против нескольких типов вирусов, включая вирус иммuno-дефицита человека – ВИЧ) [1–4].

Хотя существует много данных об антивирусной активности гиперицина [1, 2, 5, 6], механизм и место его действия на клеточном уровне все еще остаются неясными. Гиперицин, как известно, является липофильной молекулой, способной встраиваться в бислои клеточных мембран [7]. Это подтверждается экспериментами по флюоресцентной микроскопии, показывающими, что гиперицин способен локализоваться в плазматических мембрanaх [2, 8].

Для оценки внутриклеточного распределения гиперицина среди различных компонентов клетки были проведены микроспектрофлюорометрические исследования на модельных системах, которые показали, что прежде всего гиперицин локализуется в клеточных мембрanaх и цитоплазме, а после долговременной инкубации (210мин) фактически достигает ядра клетки и концентрируется в нем [8]. Необходимо отметить, что эти исследования проводились в водных средах, где растворимость гиперицина достаточно низкая. Из полученных результатов следует, что ядро и внутриядерные структуры могут выступать в

качестве мишней для гиперицина, а эффект высокой биологической активности, по крайней мере частично, можно объяснить непосредственным его взаимодействием с ядерной ДНК [8].

Целью настоящей работы явилось выделение гиперицина, его хроматографическая очистка и исследование особенностей взаимодействия гиперицина с ДНК.

Материалы и методы. Гиперицин и его производные выделялись из цветков *H. perforatum L.* экспозиции 2001 года [9]. Цветки, высушенные теплым воздухом при $55\pm1(^{\circ}\text{C})$, последовательно экстрагировали хлороформом или дихлорметаном в течение 3 часов на качалке при комнатной температуре, для освобождения от пигментов и липидных соединений. После этого растительный материал сушили вакуумным роторным испарителем, помещали в аппарат Сокслета и проводили экстракцию 80% метанолом до его полного обесцвечивания. Полученный ярко-красного цвета экстракт центрифугировали, осадок удаляли, супернатант выпаривали вакуумным роторным испарителем, а осадок перерастворяли в 80% метаноле.

Концентрацию гиперицина определяли спектрофотометрически, за экстинкцию принимая значение $\epsilon = 43500 M^{-1} \text{см}^{-1}$ при 590нм.

Разделение метанольного экстракта проводили гель-хроматографией на колонке ($35\text{мм} \times 24\text{мм}$) с липофильным сепадексом LH-20 *Pharmacia* (Швеция). В качестве элюента использовали безводный метанол. Детектирование при разных длинах волн проводили посредством проточной кюветы на спектрофотометре *Specord UV-VIS* (Германия). Фракции, соответствующие основным абсорбционным пикам, регистрировали на самописце K-200 (Германия) и собирали на коллекторе E-200 (Венгрия).

Чистоту гиперицинового экстракта определяли флюоресцентной и абсорбционной спектроскопией на спектрофотометре *Specord M-400* (Германия).

Для качественного анализа экстракта *H. perforatum L.* использовали тонкослойную хроматографию (ТСХ) на целлюлозных пластинках *Merck* (Германия). В качестве подвижной фазы использовалась смесь хлороформ–ледяная уксусная кислота–вода (50:45:1). Хроматографическая камера насыщалась парами подвижной фазы около 30мин, после чего в нее опускались пластинки ТСХ с нанесенными пробами (5–10 μl). Использовалась восходящая хроматография. Сканирование хроматограмм проводилось под УФ-светом. Относительное содержание гиперицина определяли спектральным методом, принимая суммарное содержание вторичных метаболитов в интактном растении за 100%.

Флюоресценцию измеряли после растворения гиперициновой фракции в абсолютном метаноле. Флюоресцентный анализ проводили на автоматическом спектрофлюорометре. Фракции, содержащие гиперицин и псевдогиперицин, возбуждали при длине волны 254нм. В качестве гиперицинового пика принимали спектральный максимум – 590нм.

Для приготовления ДНК-гиперициновых комплексов использовали водорастворимый препарат гиперицина. С целью получения водо-

растворимого препарата растворенный в метаноле гиперицин разбавляли в 10-кратном избытке 20мM фосфатного буфера, pH 7.2. Полученный раствор нагревали до 100°C в течение 30мин и центрифугировали на центрифуге *Micro-centrifuge type 300* (Польша) при 15000 об./мин в течение 15мин. Надосадок, содержащий водорастворимый гиперицин, использовался для приготовления комплексов с ДНК. Необходимо отметить, что при этом спектральные характеристики водорастворимого гиперицина соответствовали аналогичным параметрам метанольного раствора, используемого в качестве стандарта.

ДНК-гиперициновые комплексы приготавливали смешиванием в 20мM фосфатном буфере при pH 7.2, из расчетной концентрации одна молекула гиперицина на 150, 200, 250 пар азотистых оснований ДНК. Растворы смешивали в течение 24 часов при комнатной температуре.

Исследование взаимодействия ДНК с очищенной фракцией гиперицина осуществляли методом «плавления». Плавление осуществляли в герметически закрытых кварцевых кюветах, помещаемых в терmostатирующую ячейку спектрофотометра *Unicam SP 8-100* (Англия) с автоматической регулировкой температуры и регистрацией оптической плотности. Скорость нагрева 0.25 град./мин, точность измерения температуры $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$, точность измерения оптической плотности $\pm 5 \cdot 10^{-4} \text{OE}$. Кривые плавления каждого образца регистрировались 3 раза.

Кривую плавления рассчитывали по формуле $1-\theta=A_{\text{T}}-A_0/A_{\text{max}}-A_0$, где A_{max} , A_0 и A_{T} – равновесные значения оптической плотности полностью клубкообразной, полностью спиральной ДНК и при данной температуре соответственно.

Результаты и обсуждение. В ряде работ (см., напр., [10]) было показано, что фармакологическая активность экстрактов *H. perforatum L.* обусловлена как гиперицином, так и рядом других компонентов. С

целью дальнейшей очистки препаратов гиперицина и исследования их отдельных компонентов проводилось фракционирование тотального экстракта *H. perforatum L.* гель-хроматографией на колонках с липофильным сепадексом LH-20. Результаты этих экспериментов приведены на рис. 1.

В процессе колоночной хроматографии были идентифицированы 4 основные фракции, которые отличаются

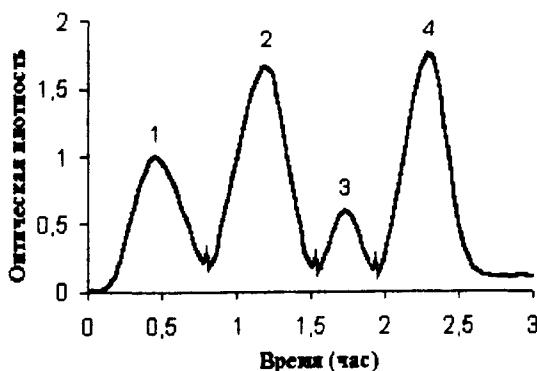


Рис. 1. Гель-хроматография тотального экстракта *H. perforatum L.* на колонке с сепадексом LH-20.

лись друг от друга цветом и скоростью элюции. Спектры поглощения этих фракций приведены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, полученные фракции существенно отличаются

по своим спектральным характеристикам. Фракции 3 и 4 показывают спектр поглощения, характерный для гиперицинов с максимумом поглощения в области 590 нм. Отсутствие поглощения в области 450–500 нм указывает на высокую степень очистки препарата гиперицина. Это подтверждается результатами ТСХ. Отдельный интерес вызывает фракция 1, которая имеет максимум поглощения в области 670 нм. Предполагается, что данная фракция ответственна за высокую фотосенсибилизационную активность гиперицинсодержащего экстракта.

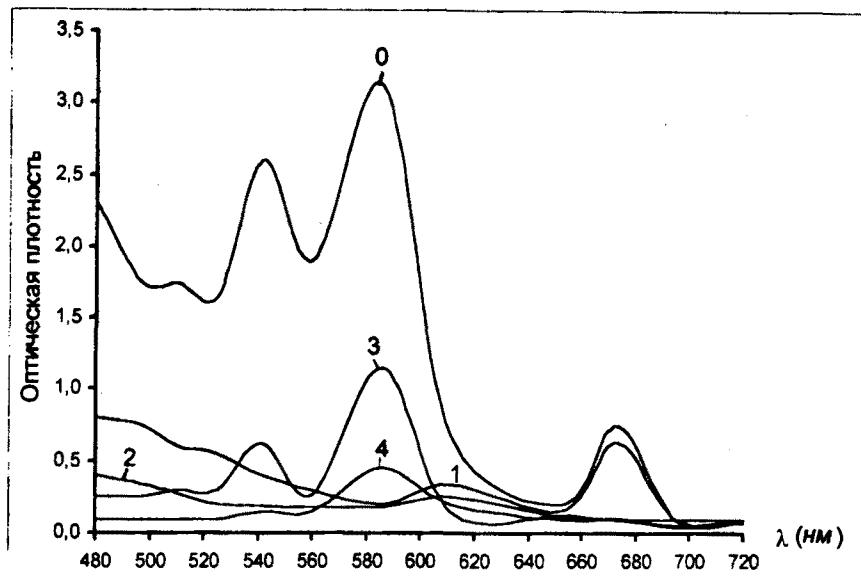


Рис. 2. Спектры поглощения отдельных фракций экстракта *H. perforatum L.* (0 – тотальный экстракт, 1 – 1-я фракция, 2 – 2-я фракция, 3, 4 – гиперицинсодержащие фракции)

Для лучшего понимания механизмов действия этого лекарственного препарата необходимо исследовать его взаимодействие с основными субклеточными структурами (мембранами, белками и нуклеиновыми кислотами).

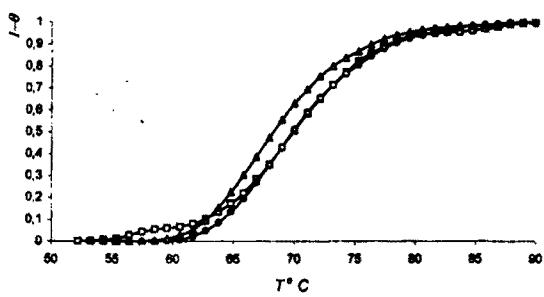


Рис. 3. Кривые плавления ДНК тимуса теленка (Δ) и ее комплексов с гиперицином в мольных соотношениях гиперицина с ДНК – 1:250 (\circ), 1:150 (\square).

Ранее было показано [11], что гиперицин взаимодействует с синтетическими полинуклеотидами – поли-(dG-dC), поли-(dA-dT) и т. д., а также, что он избирательно и по-разному взаимодействует с определенными последовательностями ДНК. Для исследования взаимодействия гиперицина с ДНК были получены кривые плавления ДНК-гиперициновых комп-

лексов, которые приведены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, в зависимости от возрастания концентрации гиперицина в комплексах кривые плавления последних смещаются в область высоких температур. Это может быть связано с более предпочтительным связыванием гиперицина с двухцепочечной ДНК. Появление сателлитного участка в низкотемпературной области кривых плавления (около 55–60°C) обусловлено частичным дестекингом оснований при взаимодействии гиперицина с А-Т-богатыми участками ДНК [11]. Появление сателлитного участка в высокотемпературной области (свыше 80°C) при увеличении соотношения гиперицин–ДНК до 1:150 подтверждает предположение о том, что гиперицин проявляет высокое сродство к Г-С-богатым кластерам ДНК, образуя прочные водородные связи с седьмым атомом азота гуанина [11].

Таким образом, изменения в кривых плавления указывают на возможность непосредственного взаимодействия гиперицина с ДНК. Полученные результаты показывают, что фармакологическая активность гиперицина может быть обусловлена его непосредственным взаимодействием с ДНК. Об этом свидетельствуют также целенаправленный транспорт и накопление гиперицина в ядерных структурах при инкубации клеточных культур в среде, содержащей гиперицин [8].

Из вышеотмеченных результатов следует также, что определение транспорта и локализации гиперицина в ядерных структурах важнее, чем это предполагалось до сих пор. Следовательно, дальнейшие исследования взаимодействия гиперицина с ДНК представляют большой интерес для выявления механизмов действия и объяснения биологической активности данного соединения.

Работа выполнена при финансовой поддержке исследовательского гранта ANSEF № NS 82.

Кафедра биофизики

Поступила 25.12.2002

ЛИТЕРАТУРА

1. Muruelo D., Lavie G., Lavie D. – Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1988, v. 85, p. 5230–5234.
2. Lavie G., Valentine F., Levin B., Mazur Y., Gallo G., Lavie D., Weiner D., Meruelo D. – Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1989, v. 86, p. 5963–5967.
3. Lavie G., Mazur Y., Lavie D., Levin B., Ittah Y., Meruelo D. – AIDS: Anti-HIV Agents Ther Vaccines, 1990, v. 616, p. 556–562.
4. Duran N., Song S. – Photochem. Photobiol., 1986, v. 43, p. 677–680.
5. Kraus G.A., Pratt D., Tosseberg J.S. – Biochem. Biophys. Res. Commun., 1990, v. 172, p. 149–153.
6. Lopez-Bazzocchi I., Hudson B., Towers N. – Photochem. Photobiol., 1991, v. 54, p. 95–98.
7. Sureau F., Khunel J.M., Schwaller M.A., Turpin P.Y. In: Laser Application in Life Sciences, 1994, v. 2370, p. 263–267. SPIE Proceedings of the 5th LALS Int. Conf.
8. Miskovsky P., Sureau F., Chinsky L., Turpin P.Y. – Photochemistry and Photobiology, 1995, v. 62, № 3, p. 546–549.

9. Kirakosyan A.B., Vardapetyan H.R., Charchoglyan A.G. – Russian Journal of Plant Physiology, 2000, v. 47, № 2, p. 302–306.
10. Giese A.C. – Phytochem. Phytobiol. Rev., 1980, v. 5, p. 229–255.
11. Miskovsky P., Chinsky L., Wheeler G. and Turpin P.Y. – J. of Biomolecular Structure & Dynamics, 1995, v. 13, № 3, p. 547–552.

Ա. Ռ. ՓԵՆԵՍՅԱՆ, Ա. Պ. ԱՆՏՈՆՅԱՆ, Հ. Ռ. ՎԱՐԴԱՊԵՏՅԱՆ

ՀԻՊԵՐԻՑԻՆԻ ՍԱԶՐՎԱԾ ՆՍՐԻՉՆԵՐԻ ԵՎ ԴՆԹ-Ի
ՓՈԽԱԶԴՆԵՑՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամփոփում

Կատարվել է *Hypericum perforatum* L.-ի ծաղիկներից ստացված ամբողջական բուրմի մեթանոլային անջատում և ֆրակցիաների բաժանում գել-քրոմատոգրաֆիայի միջոցով սեֆադերս LH-20 պարունակող աշտարակների վրա: Կլանճան և ֆլուորեսցենտային սպեկտրոսկոպիայի միջոցով, ինչպես նաև նրբաշերտ քրոմատոգրաֆիայի օգնությամբ ցույց է տրվել հիպերիցինի ստացված նմուշների բարձր աստիճանի մաքրությունը:

Ուսումնասիրվել է հիպերիցինի և ԴՆԹ-ի փոխազդեցությունը: Ցույց է տրվել, որ հիպերիցինը ընտրողաբար և տարբեր ձևերով է փոխազդում ԴՆԹ-ի պորիհնային և պիրիմիդինային հաջորդականությունների հետ:

A. R. PENESYAN, A. P. ANTONYAN, H. R. VARDAPETYAN

STUDY OF INTERACTION BETWEEN PURIFIED HYPERICIN PREPARATIONS AND DNA

Summary

Isolation and fractionation of total methanol extract, obtained from *Hypericum perforatum* L. flowers, using the method of gel-chromatography on columns, containing sephadex LH-20, were performed. Absorption and fluorescent spectroscopy, as well as the method of TLC have shown the high purity of obtained hypericin preparations.

Interaction between hypericin and DNA was investigated. It was shown that hypericin interacts with purine and pyrimidine sequences of DNA selectively and in different ways.

Биология

УДК 58.03+581.174+543.426

Дж. М. ДЖАВРШЯН, Л. С. ГАБРИЕЛЯН

**ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА
ПАРАМЕТРЫ МЕДЛЕННОЙ ИНДУКЦИИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ
ХЛОРОФИЛЛА *a* ФОТОСИСТЕМЫ 2 ХЛОРЕЛЛЫ**

Исследовалось влияние последействия высоких температур на кинетику медленной индукции флуоресценции хлорофилла *a* хлореллы. Прогревание водоросли при температурах выше 45°C вызывало уменьшение параметров Р и М индукционной кривой. Изменение этих параметров указывает на подавление активности фотосистемы 2. Фотосистема 1 более устойчива к действию повышенных температур. Полученные данные позволяют полагать, что о термоустойчивости водорослей можно судить по изменениям индукционных кривых медленной флуоресценции у объектов, подвергнутых предварительной тепловой обработке. Характер изменений кинетической кривой может указывать на повреждение различных участков фотосинтетической цепи переноса электрона.

В настоящее время методы фотолюминесценции хлорофилла *a* фотосистемы 2 (ФС2) автотрофных организмов широко применяются для оценки функционального состояния фотосинтетического аппарата [1–3]. Это обусловлено тем, что параметры фотолюминесценции хлорофилла тесно связаны с первичными процессами фотосинтеза [1–3]. В частности медленная индукция флуоресценции (МИФ) хлорофилла отражает последовательность взаимосвязанных фотофизических и фотохимических процессов фотосинтеза [1, 4, 5].

Индукционные кривые флуоресценции состоят из ряда максимумов и минимумов, природа которых в основном установлена [1, 2, 4]. Они успешно применяются при исследовании влияния экстремальных факторов окружающей среды на первичные процессы фотосинтеза [6–11]. В связи с этим использование параметров МИФ является весьма перспективным для оценки структурно-функционального нарушения тилакоидных мембран зеленых микроводорослей.

Целью данной работы является исследование механизмов нарушения первичных процессов фотосинтеза микроводоросли хлореллы после действия высоких температур.

Объект и методы исследования. Объектом исследования служила одноклеточная зеленая водоросль *Chlorella pyrenoidosa* 82. Хлореллу выращивали на среде Тамия при комнатной температуре ($23\text{--}27^{\circ}\text{C}$) и естественном освещении (500–800 лк). Для тепловой обработки применялся ультратермостат ТУ-1. Суспензию хлореллы одинаковой плотности и одинакового объема подвергали тепловому воздействию ($25\text{--}55^{\circ}\text{C}$ с интервалом в 10°C) в течение 15 мин. Затем объект адаптировали к комнатной температуре и регистрировали МИФ на флуориметро-фосфороскопической установке, разработанной автором [12]. Биологическая повторность опытов 5-кратная. Полученные данные подвергались статистической обработке.

Результаты и обсуждение. Нами было рассмотрено влияние последствия высоких температур на форму индукционных кривых, максимумы и их соотношения. Сравнение индукционных кривых флуоресценции хлореллы, подвергнутой действию различных температур, показывает, что действие высоких температур отражается на форме индукционной кривой (рис. 1). Как видно из рис. 1, кинетическая кривая индукции флуоресценции хлорофилла *a* контрольных интактных клеток хлореллы при 25°C в основном аналогична индукционной кривой зеленых растений (кр. 1) [1, 2]. В настоящее время установлено, что кинетические кривые индукции флуоресценции хлорофилла отражают состояние электрон-транспортной цепи фотосинтеза (ЭТЦ) [1–4, 8].

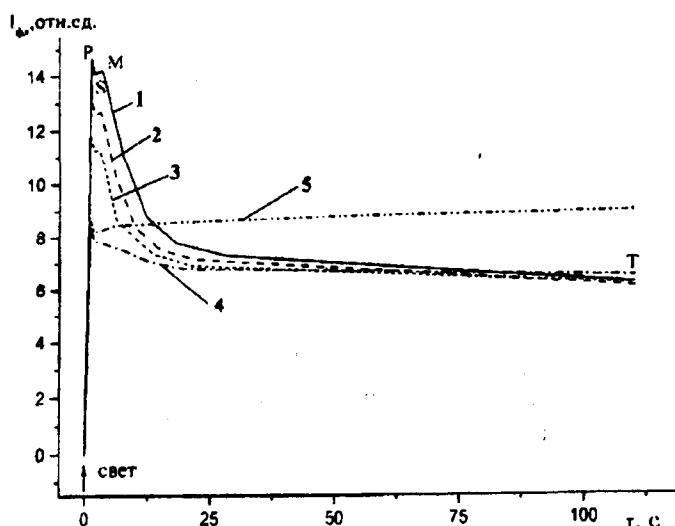


Рис. 1. Кинетические кривые индукции флуоресценции хлореллы после предварительного прогрева при 25° (1), 35° (2), 45° (3), 50° (4) и 55°C (5).

При освещении предварительно адаптированных к темноте фотосинтезирующих объектов интенсивность флуоресценции претерпевает ряд медленных Р–С–М–Т переходов (с максимумами Р и М и минимумами С и Т) [1–4]. После предварительной тепловой обработки суспензии водоросли (25 – 55°C) кривые индукции флуоресценции подвергаются значительным изменениям (рис. 1, кр. 2–5). При этом с повышением температуры в интервале 35 – 50°C происходит уменьшение максимумов Р и М, что проявляется в течение τ от 0 до 5 сек. после включения возбуждающего света. Падение интенсивности максимума Р в среднем составляет 41,3%, а максимума М – 54,7%.

Исследования последних лет установили природу Р максимума и показали, что пик Р связан с восстановлением первичного акцептора ФС2 Q_A^- , который принимает электрон от феофитина (ФФ) [1, 2, 4]. При полном восстановлении первичного хинона (Q_A^-) реакционный центр (РЦ) ФС2 переходит в закрытое состояние ($P_{680}^+ \Phi\Phi Q_A^-$). При последующем восстановлении РЦ ФС2 вследствие электростатического отталкивания перенос электрона от P_{680} на ФФ (ФФ $^-$) в присутствии Q_A^- не происходит. Благодаря этому энергия возбужденного РЦ (P_{680}^*) возвращается в антенну, вследствие чего уровень флуоресценции становится максимальным (пик Р).

Из рис. 1 (кр. 2–5) видно, что с ростом температуры происходит уменьшение интенсивности максимального уровня Р. Тушение флуоресценции в точке Р можно объяснить термоиндуцированным нарушением работы ЭТЦ на уровне РЦ (P_{680}), первичного акцептора ФФ и первичного хиона Q_A^- , когда электрон переносится на хинон с образованием Q_A^- состояния ($P_{680}^+ \Phi\Phi Q_A^-$).

Появление на индукционной кривой второго максимума М связывают с циклическим/нециклическим электронным транспортом, соотношениями АТФ/АДФ, НАДФН/НАДФ $^+$ и величиной протонного градиента [1, 4, 7]. Падение уровня флуоресценции в точке М после температурного воздействия (35 – 50°C) составляет приблизительно 55%. Это можно объяснить не только вышеприведенными факторами, но и падением интенсивности максимума Р. Данный процесс вызывается также нарушением работы водоразлагающего комплекса и пула пластохинонов, которые при нециклической ЭТЦ ответственны за создание протонного градиента на тилакоидной мемbrane [14]. Кроме того, возможно, имеет место нарушение работы ЭТЦ на участке P_{680} -ФФ- Q_A^- . Об этом свидетельствует изменение значений максимумов Р и М и их соотношения. Последнее возрастает до 5,2% при температурах от 25 до 50°C (рис. 2). Но, как видно из рис. 2, при 55°C происходит заметное нарушение этой закономерности. Такое изменение соотношения Р/М свидетельствует о том, что образование протонного градиента более чувствительно к тепловому воздействию, чем сам процесс восстановления Q_A^- .

Падение интенсивности флуоресценции при переходе Р–С в литературе объясняется различными механизмами [1, 2, 4]. Уменьшение

интенсивности флуоресценции при переходе Р–С связывают с фотохимическими и нефотохимическими процессами [1]. Фотохимическое тушение флуоресценции происходит при окислении первичного акцептора Q_A фотосистемой 1 (ФС1) [1], а нефотохимическое – связано с конформационными изменениями мембран, из-за которых происходит перераспределение энергии возбуждения между ФС2 и ФС1 по механизму спилловера [1, 13]. Причем, согласно современным представлениям, процесс перераспределения энергии между фотосистемами связывают с фосфорилированием белков светособирающего комплекса (ССК), в процессе которого участвуют ферменты протеинкиназа и протеинфосфатаза [13–15]. Результаты наших опытов указывают на то, что последействие высоких температур ($35\text{--}55^{\circ}\text{C}$) приводит к росту соотношения интенсивностей флуоресценции в точках Р и С (F_p/F_s) приблизительно на 5% (рис. 2). Этот рост можно объяснить нарушением фотохимического тушения флуоресценции вследствие постепенной инактивации ФС1. Соотношение F_p/F_s указывает и на перераспределение энергии между фотосистемами. Рост этого отношения можно объяснить более резким изменением параметра S. Это свидетельствует о том, что процесс спилловера ингибируется быстрее, чем восстановление Q_A , вероятно, вследствие тепловой инактивации протеинкиназы и протеинфосфатазы.

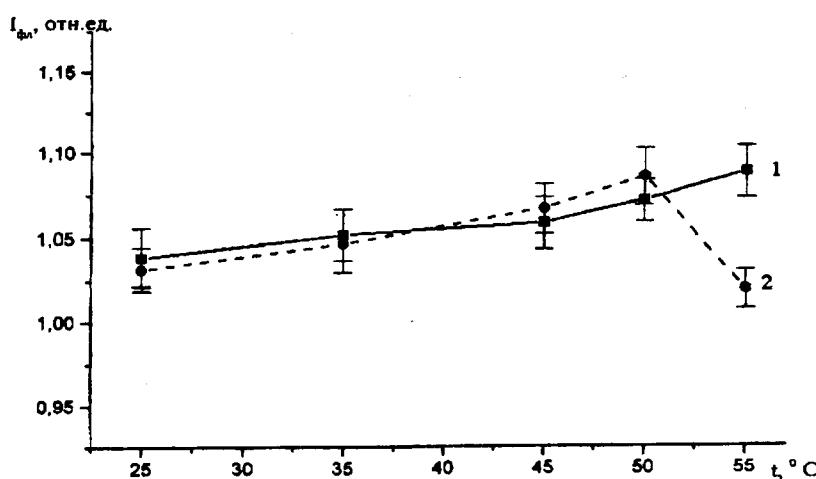


Рис. 2. Зависимость отношений параметров F_p/F_s (1) и F_p/F_m (2) от температуры предварительного прогрева.

Как уже указывалось выше, изменение интенсивности флуоресценции при переходе М–Т зависит от циклического/нециклического электронного транспорта, соотношения АТФ/АДФ, НАДФН/НАДФ⁺ и величины протонного градиента. Считается, что тушение флуоресценции на участке М–Т вызвано усилением нециклического электронного транспорта [1].

Есть данные о корреляции между МТ-тушением флуоресценции и стационарной скоростью фиксации CO_2 [1,4,5].

Из рис. 1 видно, что падение интенсивности флуоресценции при переходе М-Т ($\tau=25-100\text{c}$) не подвергается заметному изменению при температурах $25-50^\circ\text{C}$ (кр. 1-4). Дальнейшее повышение температуры до 55°C приводит к росту уровня флуоресценции ($\tau=2-100\text{c}$), что отражено на кривой 5. При 100 сек. интенсивность уровня флуоресценции возрастает на 42,2%.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в области $25-50^\circ\text{C}$ наблюдается заметное нарушение стационарной скорости фиксации CO_2 , а также эффективности нециклического электронного транспорта. Возрастание уровня флуоресценции на участке М-Т при 55°C свидетельствует о возможном нарушении работы ФС1 и фиксации CO_2 . Таким образом, приведенные данные показывают, что повышение температуры приводит к постепенному ингибиованию цепи электронного транспорта, а также нарушению работы ССК, ФС2 и ФС1.

Согласно авторам [1], степень ингибиования может быть оценена из сравнения F_p/F_t , F_m/F_t , где F_p , F_m и F_t – интенсивности флуоресценции в точках Р, М и Т кривой индукции флуоресценции.

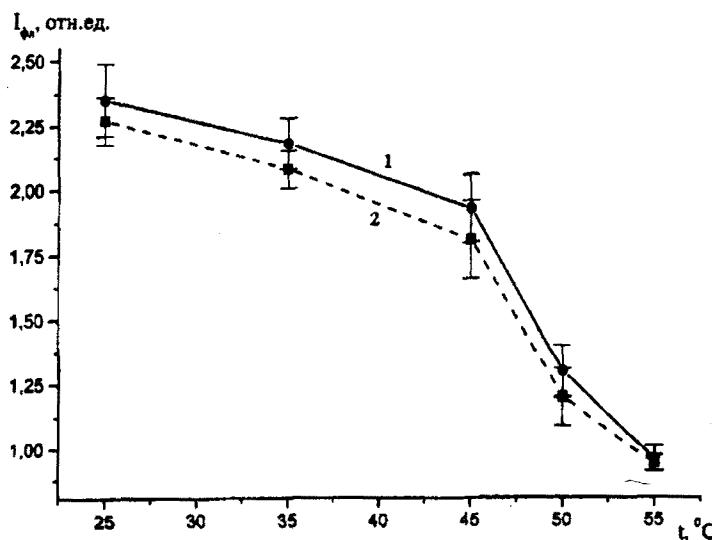


Рис. 3. Зависимость отношений параметров F_p/F_t (1) и F_m/F_t (2) от температуры предварительного прогрева.

Нами исследована температурная зависимость отношения F_p/F_t (см. рис. 3). Рост температуры сопровождается спадом отношения F_p/F_t приблизительно на 59%. Падение отношения F_p/F_t у хлореллы в зависимости от температуры соответствовало данным, полученным нами ранее при исследовании влияния высоких температур на цианобактерию *Spirulina* [11]. Отношение F_p/F_t у спирулины менялось менее резко: спад:

составлял 22,5%. Анализ кривых максимального и стационарного уровней индукции флуоресценции хлореллы показывает, что происходит непропорциональное изменение F_p и F_t . То есть, с одной стороны, падение уровня F_p , с другой – рост F_t обусловливают малую величину отношения F_p/F_t при высоких температурах.

Кроме того, проведен анализ отношения F_m/F_t (рис. 3), которое, согласно имеющимся литературным данным, связано с фотосинтетической активностью объекта [1, 5]. Отношение F_m/F_t у хлореллы уменьшается на 58,6% параллельно росту температуры. У спирорулины же при росте температуры до 35°C наблюдалось повышение отношения F_m/F_t приблизительно на 2%, а при 55°C – падение на 14,4% [11].

Сравнение отношений параметров у хлореллы и спирорулины показывает, что фотосинтетический аппарат первой является более термоустойчивым, чем аппарат второй [11].

Таким образом, последействие высоких температур, сказывающееся на индукцию флуоресценции хлореллы, заключается в изменении формы кинетической кривой и ее максимумов. При этом разные участки индукционной кривой, отражающие включение того или иного компонента фотосинтетической ЭТЦ, имеют различную термоустойчивость. Следовательно, участки ЭТЦ также обладают неодинаковой чувствительностью к высоким температурам. Сохранение в индукционной кривой флуоресценции хлореллы, прогретой до 45°C , довольно высокого уровня F_p свидетельствует о том, что наблюдается восстановление хинона (Q_A). То есть функционирование донорной части ФС2 происходит достаточно активно. Уменьшение интенсивности F_p при температурах выше 45°C свидетельствует об ослаблении донорной части ФС2, что препятствует фотовосстановлению Q_A . При температурах выше 50°C наблюдается замедление тушения флуоресценции на М–Т участке вследствие нарушения стационарной скорости фиксации CO_2 . Замедление тушения при переходе М–Т, возможно, происходит также из-за нарушения нециклического электронного транспорта. Таким образом, повышение температуры приводит к инактивации ЭТЦ и исчезновению второго максимума М. Пик М связывается с величиной протонного градиента на тилакоидной мембране [1]. Отсутствие пика М у прогретой при 55°C хлореллы свидетельствует о том, что вследствие инактивации реакционного центра (РЦ) ФС2 не могут обеспечиваться перенос электронов и, следовательно, существенное накопление протонов на мембране.

Таким образом, анализ полученных данных позволяет заключить, что исследование тепловой инактивации фотосинтетического аппарата хлореллы методом индукции флуоресценции хлорофилла указывает на повреждение РЦ ФС2 (при температурах $45\text{--}50^{\circ}\text{C}$). ФС1 при этом сохраняет функциональную активность. Дальнейшее повышение температуры (до 55°C) приводит к потере фотосинтетической активности вследствие инактивации и ФС1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселовский В.А., Веселова Т.В. Люминесценция растений. М.: Наука, 1990, 200 с.
2. Карапетян Н.В., Бухов Н.Г. – Физиология растений, 1986, т. 33, вып. 5, с. 1013–1026.
3. Гаевский Н.А., Моргун В.Н. – Физиология растений, 1993, т. 40, вып. 1, с. 136–145.
4. Иванов Б.Н. и др. – Там же, 1988, т. 35, вып. 2, с. 294–302.
5. Караваев В.А., Кукушкина М. А. – Биофизика, 1998, т. 43, вып. 6, с. 1130–1131.
6. Егорова Е.А., Бухов Н.Г. – Физиология растений, 2002, т. 49, вып. 5, с. 645–655.
7. Бухов Н.Г., Джигладзе Т.Г., Карапетян Н.В. – Физиология растений, 1987, т. 34, вып. 3, с. 435–444.
8. Franck F., Juneaub P., Popovic R. – BBA, 2002, v. 1556, p. 239–246.
9. Pospisil P., Skotnicka J., Naus J. – BBA, 1998, v. 1363, p. 95–99.
10. Yamane Y. et al. – Photosynthesis Research, 1997, v. 52, p. 57–64.
11. Джаваршян Дж. М., Габриелян Л. С. Материалы III респ. молод. конф. «XXI век: экологическая наука». Ер., 2002, с. 80–85.
12. Джаваршян Дж. М. Первичные процессы фотосинтеза растений при загрязнении атмосферы и перспективы биофизического мониторинга: Автореф. дис. на соискание уч. ст. док. биол. наук. Минск, 1991.
13. Рубин А.Б. Биофизика. Т. 2. М.: Книжный дом “Университет”, 2000, 468 с.
14. Allen J.F., Bennet J. et al. – Nature, 1981, v. 291, p. 25–29.
15. Ebbert V., Godde D. – BBA, 1994, v. 1187, p. 335–346.

Զ. Մ. ԹԱՎՐԸՅԱՆ, Լ. Ս. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

ՔԱՐՁ ԶԵՐՄԱՍԻՑԱՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՔԼՈՐԵԼԱՅԻ
ՖՈՏՈՀԱՍԱԿԱՐԳ 2-Ի ՔԼՈՐՈՖԻԼ ա-ի ՖԼՈՒՌԵՍՑԵՆՑԻԱՅԻ
ԴԱՆԴԱՆ ԻՆԴԻԿՑԻԱՅԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՎՐԱ

Ամփոփում

Ուսումնասիրվել է բարձր ջերմաստիճանների հետազդեցությունը քլորելայի քլորոֆիլ ա-ի ֆլուորեսցենցիայի դանդաղ ինդուկցիայի կինետիկայի վրա: Ջրիմուռի տարացումը ($45^{\circ}C$ -ից բարձր) առաջ է բերում ինդուկցիոն կորի P և M պարամետրերի անկում, ինչը մատնանշում է ֆոտոհամակարգ 2-ի ակտիվության նվազումը: Ֆոտոհամակարգ 1-ը ավելի կայուն է բարձր ջերմաստիճանների նկատմամբ: Նախապես ջերմային մշակման ենթարկված օրյեկտների դանդաղ ֆլուորեսցենցիայի ինդուկցիոն կորերի փոփոխությունները բույլ են տալիս ենթադրել ջրիմուռների ջերմազգայունության նասին: Կինետիկ կորի փոփոխությունների բնույթից կարելի է պատկերացում կազմել ֆոտոսինթետիկ էլեկտրոն փոխադրող շղթայի տարրեր բաղադրանասերի վնասնան մասին:

AFTEREFFECTS OF HIGH TEMPERATURE ON THE PARAMETERS
OF SLOW INDUCTION OF PHOTOSYSTEM 2 CHLOROPHYLL α
FLUORESCENCE IN CHLORELLA

Summary

Aftereffects of high temperature on the kinetics of slow induction of chlorophyll α fluorescence were studied in Chlorella. Heating of alga at the temperature over 45°C caused decrease of induction curve parameters P and M. Changes of these parameters indicated a suppression of photosystem 2 activity. Photosystem 1 was more stable to the high temperature effect. The results suggest that an algae thermosensitivity may be evaluated by changes in the induction curves of slow fluorescence in the preheated objects. The pattern of changes in kinetic curves may indicate disturbances in particular sites of photosynthetic electron transport chain.

Биология

УДК 577.113.6

А. Г. ДАВТЯН

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БРОМИСТОГО ЭТИДИЯ С СИНТЕТИЧЕСКИМ
ГОМОПОЛИНУКЛЕОТИДОМ $\text{poly}[\text{d(A-T)}]-\text{poly}[\text{d(A-T)}]$**

Получены кривые связывания бромистого этидия (БЭ) с двухцепочечным (дц) и одноцепочечным (оц) полинуклеотидом $\text{poly}[\text{d(A-T)}]-\text{poly}[\text{d(A-T)}]$ в координатах Скетчарда. Выявлено, что БЭ с дц- $\text{poly}[\text{d(A-T)}]-\text{poly}[\text{d(A-T)}]$ взаимодействует, по меньшей мере, двумя способами. Обнаружено, что БЭ образует комплексы двумя способами также с оц- $\text{poly}[\text{d(A-T)}]$. Получены значения К – константы связывания и n – числа оснований, приходящихся на одно место связывания для этих комплексов. Выявлено, что параметры связывания БЭ с дц- и оц- $\text{poly}[\text{d(A-T)}]$ совпадают с таковыми, полученными для комплексов БЭ с В-ДНК.

Теоретические и экспериментальные данные указывают на то, что бромистый этидий (БЭ) может с В-ДНК образовывать несколько типов комплексов одновременно [1–3]. При этом выявлено, что с двухцепочечным (дц) ДНК этот лиганд образует, по крайней мере, три типа комплексов (интеркаляционный, полуинтеркаляционный и электростатический), а с одноцепочечным (оц) – два типа [3–7]. В работе [5] показано, что с синтетическим гомополинуклеотидом $\text{poly}(\text{dA})-\text{poly}(\text{dT})$ БЭ взаимодействует кооперативно при низких температурах ($t \leq 25^{\circ}\text{C}$), а при значениях t , соответствующих предплавлению, т. е. при значении температуры, выше которой полинуклеотид начинает плавиться ($\approx 40^{\circ}\text{C}$), кооперативность исчезает. Структура $\text{poly}(\text{dA})-\text{poly}(\text{dT})$ в водных растворах относится к В-конформационному семейству, однако имеются некоторые отличия от канонической В-формы [8]. В первую очередь, это является следствием большей гидратированности этого полинуклеотида, из-за чего малая бороздка более узкая, а молекула в целом – более жесткая, чем В-ДНК [5, 8]. Вследствие этого взаимодействие БЭ с этим полинуклеотидом носит кооперативный характер при указанных температурах.

Целью данной работы явилось сравнение термодинамических параметров взаимодействия БЭ с дц- и оц- гомополинуклеотидами $\text{poly}[\text{d(A-T)}]-\text{poly}[\text{d(A-T)}]$ и $\text{poly}(\text{dA})-\text{poly}(\text{dT})$.

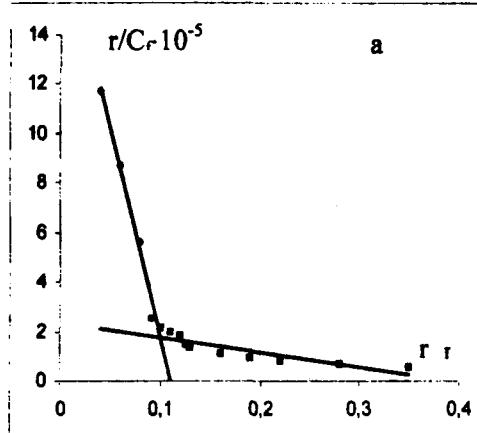
Материалы и методы. В работе были использованы следующие препараты: poly(dA)–poly(dT), poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] фирмы «Sigma» (США), БЭ «Serva» (Германия), 0,1×SSC (1×SSC – 0,15M NaCl и 0,015M Na-цитрат), этилендиаминетрауксусная кислота (ЭДТК) – 10⁻³M. Концентрации полинуклеотида и БЭ определяли спектрофотометрически, используя следующие коэффициенты экстинкции: $\epsilon_{260}=6000 M^{-1} cm^{-1}$ для poly(dA)–poly(dT), $\epsilon_{260}=6600 M^{-1} cm^{-1}$ для poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] и $\epsilon_{480}=5600 M^{-1} cm^{-1}$ для БЭ.

Спектрофотометрические исследования проводились на спектрофотометре PYE Unicam-SP 8-100 (Англия). Все измерения выполнялись в герметически закрытых кварцевых кюветах с длиной оптического пути в 1 см при температурах 25 и 70°C (где оба полинуклеотида в комплексе с БЭ находятся полностью в оц состоянии), $\mu=2,0 \cdot 10^{-2} M [Na^+]$.

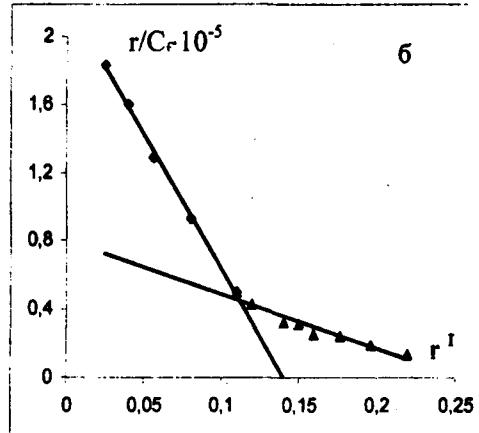
Изотермы адсорбции строили в координатах Скетчарда на основании спектров поглощения чистого БЭ и его комплексов с ДНК в интервале длины волны 400–600 нм, как и описано в работах [3, 4].

Результаты и обсуждение. При исследовании взаимодействий БЭ с синтетическими гомополинуклеотидами poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] и poly(dA)–poly(dT), структура которых представляет собой чередование АТ и А и Т оснований в каждой из цепей, нами показано, что кооперативность не обнаруживается при poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] [9], в то время как при poly(dA)–poly(dT) кооперативность очевидна [5, 9]. Более того, кривые связывания БЭ с этим полинуклеотидом в координатах Скетчарда, приведенные на рисунке, совпадают с аналогичными кривыми, полученными при взаимодействии БЭ с ДНК [3, 9], между тем кривые связывания БЭ с poly(dA)–poly(dT) и ДНК отличаются [5]. На рисунке приведены кривые связывания БЭ с ди-poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] (а), которые нелинейны и состоят из двух прямолинейных участков, соответствующих двум типам комплексов. Из этих кривых получены термодинамические параметры (K и n) методом итерации теоретической зависимости для некооперативного связывания лигандов с ДНК [10]. Значения K и n, полученные для двух способов связывания БЭ с ди-poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)], приведены в табл. 1, из которых видно, что указанный полинуклеотид имеет структуру, характерную для Б–ДНК, при этом значение K_s, соответствующее интеркаляционному способу связывания, больше, чем значение K_s, оцененное в работах [5, 6] для комплексов БЭ–ди-poly(dA)–poly(dT) (табл. 2). По всей вероятности, это различие обусловлено тем, что молекулы poly(dA)–poly(dT) более гидратированы по сравнению с poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] и ДНК, вследствие чего затрудняются включение гидрофобного хромофора молекулы БЭ в плоскость пар оснований полинуклеотида и образование стекинг-связей с ними. Известно, что стекинг-взаимодействия стабилизируются как вандерваальсовыми, так и гидрофобными силами, поэтому интеркаляция первой молекулы лиганда приводит к нарушению гидратной оболочки, а также к раскручиванию спирали, которая меняется в структуре, и интеркаляция для других

молекул БЭ облегчается [8]. Так как poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] менее гидратирован и его структура соответствует канонической В-форме, интеркаляция молекул БЭ практически не зависит от этого фактора и кооперативность не наблюдается.



a



b

Кривые связывания БЭ с дЦ-poly[d(A-T)]-poly[d(A-T)] при $t=25^\circ\text{C}$ (а) и оЦ-poly[d(A-T)] при $t=70^\circ\text{C}$ (б) в координатах Скетчарда при $\mu=2,0 \cdot 10^{-2} M [\text{Na}^+]$. Кривые состоят из двух прямолинейных участков, соответствующих двум способам связывания.

В работах [1, 4, 7] показано, что БЭ может связываться и с оЦ-полинуклеотидами, по крайней мере, двумя способами. Кривая связывания БЭ с оЦ-poly[d(A-T)], приведенная на рисунке (б), нелинейна; с учетом данных [1, 4, 7] анализ этой кривой проводился исходя из того, что имеют место два типа взаимодействия. Из полученной кривой определены значения параметров связывания – K и n (см. табл. 1). Величины констант K , оцененные для сильного и слабого способов связывания БЭ с дЦ-poly[d(A-T)]-poly[d(A-T)], отличаются друг от друга почти в 30 раз ($K_s/K_w \approx 30$, K_s – константа связывания сильным способом, K_w – слабым). Это находится в хорошем соответствии с данными, полученными для комплексов БЭ–дЦ–ДНК тимуса теленка (см. [3]), в то время как для комплексов БЭ–дЦ–poly(dA)–poly(dT) $K_s/K_w \approx 2$ (см. [6] и табл. 2). Этот факт также является косвенным подтверждением структурных различий дЦ-poly[d(A-T)]-poly[d(A-T)] и дЦ-poly(dA)-poly(dT), что приводит к разным механизмам взаимодействия с БЭ. При связывании БЭ с оЦ-poly[d(A-T)] и с оЦ-poly(dA) или poly(dT) $K_s/K_w \approx 5–6$, откуда видно, что в оЦ состоянии исчезает структурное различие между двумя полинуклеотидами, поэтому значения K и n , соответствующие обоим, совпадают, причем один из этих способов является сильным (табл. 1 и 2). Также показано, что БЭ может образовывать сильные комплексы полуинтеркаляционным механизмом с оЦ-ДНК. Следовательно, полагаем, сильный способ связывания БЭ с оЦ-poly[d(A-T)] соответствует данному механизму, так как значение K_s при этом совпадает со значением K , оцененным при полуинтеркаляционном способе взаимодействия БЭ и с ДНК, и с оЦ-poly(dA) или оЦ-poly(dT) [3, 4, 6].

Значение n , соответствующее интеркаляционному способу связывания, существенно отличается от такового, полученного для комплексов БЭ—poly(dA)—poly(dT), и совпадает с данными, полученными для БЭ ДНК, что также является следствием структурных особенностей poly(dA)—poly(dT).

Таблица 1

Значения параметров связывания K и n при взаимодействии БЭ с дц- и оц-poly(dA-T))

ди-poly[d(A-T)]—poly[d(A-T)]			
$K_s \cdot 10^{-5}$	$K_w \cdot 10^{-5}$	n_s	n_w
$40 \pm 0,08$	$1,33 \pm 0,35$	9	3,5
оц-poly[d(A-T)]			
$K_s \cdot 10^{-5}$	$K_w \cdot 10^{-5}$	n_s	n_w
$1,63 \pm 0,07$	$0,31 \pm 0,07$	8	4

Таблица 2

Значения параметров связывания K и n при взаимодействии БЭ с дц- и оц-poly(dA)—poly(dT)

ди-poly(dA)—poly(dT)			
$K_s \cdot 10^{-5}$	$K_w \cdot 10^{-5}$	n_s	n_w
$7,0 \pm 0,01$	$3,05 \pm 0,05$	10	18
оц-poly(dA)/оц-poly(dT)			
$K_s \cdot 10^{-5}$	$K_w \cdot 10^{-5}$	n_s	n_w
$1,7 \pm 0,1$	$0,29 \pm 0,1$	8	4

K_s и K_w – значения, соответствующие сильному и слабому способам связывания соответственно:

n_s и n_w – числа оснований, приходящиеся на одно место связывания сильным и слабым способами соответственно.

Таким образом, вышеприведенные результаты подтверждают, что комплексообразование БЭ с ДНК зависит от пурин-тиимилидин-щелочеводействий [8]. Более того, для обоих синтетических полинуклеотидов, состоящих из однотипных оснований, выявлены существенные структурные отличия, влияющие на особенности их взаимодействия с лигандом БЭ.

Кафедра биофизики

Поступила 14.06.2003

ЛИТЕРАТУРА

- Кагаретян А.Т., Мехриашвили Н.М., Терзикан Г.А., Вардеванян Р.О., Антонян А.Р., Бакирова О.Р., Франк-Каменецкий М.Д. – J. Biol. Struct. Dynam., 1996, v. 14, № 2, p. 273–285.
- Вардеванян Р.О., Антонян А.Р., Манукян Г.А., Кагаретян А.Т. – Experimental and Molecular Medicine, 2001, v. 33, № 4, p. 205–208.
- Вардеванян Р.О., Антонян А.Р., Манукян Г.А., Кагаретян А.Т. Some aspects of DNA-ligand interaction peculiarities. The Genome and Beyond: Structural Biology for Medicine. 2002. Advances in Theogenics: Miami, Florida, USA, p. 17–18.

4. Вардеванян П.О., Антонян А.П., Манукян Г.А., Карапетян А.Т., Щелкина А.К., Борисова О.Ф. – Мол. биол., 2000, т. 34, вып. 2, с. 310–315.
5. Тищенко Е.И., Карапетян А.Т., Борисова О.Ф. – Мол. биол., 1996, т. 30, вып. 6, с. 1370–1377.
6. Борисова О.Ф., Щелкина А.А., Карапетян А.Т., Суровая А.Н. – Мол. биол., 1998, т. 32, с. 855–862.
7. Веселков А.Н., Бараповский С.Ф., Дымант Л.Н., Петренко Н.В., Веселков Д.А., Такер А., Дэвис Д.Б. – Мол. биол., 1997, т. 31, № 2, с. 263–273.
8. Зенгер В. Принципы структурной организации нуклеиновых кислот. Под редакцией акад. Вайнштейна Б.К. М.: Мир, 1987, 584 с.
9. Антонян А.П. Мультимодальное взаимодействие лигандов с ДНК: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. биол. наук. Ер.: ЕГУ, 1998.
10. Бабаян Ю.С. – Биополимеры и клетка, 1989, т. 5, № 3, с. 79–82.

Հ. Գ. ԴԱՎՏՅԱՆ

**Poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] ՍԻՆԹԵՏԻԿ ՀՈՄՈԼԻՆՈՒԿԼԵՈՏԻԴԻ ՀԵՏ
ԷԹԻԴԻ ԿԻՌԵԲՐՈՍԻԴԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Ամփոփում

Ստացվել են երկշղթա և միաշղթա poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] պոլինուկլեոտիդի հետ էթիդիոբրոմիդի (ԷԲ) փոխազդեցուքյան կողմանը Սկետչարդի կոռոդինատներով: Պարզվել է, որ երկշղթա poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)]-ի հետ ԷԲ-ը փոխազդում է առնվազն երկու եղանակով: Հայտնաբերվել է, որ ԷԲ-ը միաշղթա poly[d(A-T)]-ի հետ ևս առաջացնում է կոմպլեքսներ երկու եղանակով: Ստացվել են K-ի՝ կապման հաստատունի և n-ի՝ կապման տեղին համապատասխանող հիմքերի քվի արժեքները: Պարզվել է, որ ԷԲ-ի հետ երկշղթա և միաշղթա poly[d(A-T)]-ի կապման պարամետրերը համընկնում են ԷԲ–Բ–ԴՆԹ կոմպլեքսների համար ստացված պարամետրերի հետ:

H. G. DAVTYAN

INTERACTION OF ETIDIUM BROMIDE WITH SYNTHETIC HOMOPOLINUCLEOTIDE poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)]

Summary

Curves of Etidium Bromide binding with single- and double stranded polynucleotide poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] were obtained in Scatchard coordinates. It was revealed that EtBr binds to double stranded poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)] in two ways. Furthermore, EtBr may form two type complexes with one stranded poly[d(A-T)]. Values of K – binding constant and n – number site size for these complexes were obtained. Parameters of EtBr binding with single stranded and double stranded polynucleotide poly[d(A-T)] coincide with those for EtBr–B–DNA complexes

Биология

УДК 579.66.578.81.579.871.8

Н. А. ОГАНЕСЯН, М. Б. ЧИТЧЯН, ШЕ Ю ЧИН, Г. Г. ОГАНЕЗОВА, М. А. МЕЛКУМЯН,
О. Ю. СААКЯН

**ВЛИЯНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОЗЫ ГЕНОВ *ppc* И *dapA* НА
ПРОДУКЦИЮ ЛИЗИНА У *BREVIBACTERIUM LACTOFERMENTUM***

Производство L-лизина основано на использовании штаммов-продуцентов *Corynebacterium glutamicum*. Клонирование генов биосинтеза лизина позволяет изучать влияние отдельных генов и их сочетаний на выход конечного продукта. Ген *ppc*, кодирующий фосфоенолпирваткарбоксилазу, и ген *dapA*, кодирующий дигидродипиколинатсинтетазу, являются ключевыми для синтеза лизина. В настоящей работе сконструирована плазмида pPPC:DAP, содержащая гены *ppc* и *dapA*, и показано, что введение этой плазмиды в штамм-продуцент *Brevibacterium lactofermentum* приводит к повышению его лизин-синтезирующей активности.

L-лизин является экономически наиболее важной аминокислотой, производство которой основано на применении мутантов *Corynebacterium glutamicum*, полученных генетико-селекционными методами. С появлением технологий рекомбинантных ДНК стало развиваться новое направление получения продуцентов аминокислот – метаболическая инженерия, которая дает возможность конструировать штаммы с направленным изменением потока промежуточных соединений клеточного метаболизма [1]. Высокий уровень продукции лизина известных продуцентов затрудняет задачу дальнейшего повышения лизин-синтезирующей активности. Одним из способов повышения продуктивности штаммов является клонирование ключевых генов биосинтеза лизина.

Ген *ppc*, кодирующий фосфоенолпирват(ФЕП)карбоксилазу, и ген *dapA*, кодирующий дигидродипиколинат(ДДП)синтетазу, играют важную роль в биосинтезе лизина у коринебактерий. ФЕП и пиреват занимают центральное положение в метаболизме глюкозы. ФЕПкарбоксилаза и пиреваткарбоксилаза участвуют в анаплеротическом пути синтеза щавелевоуксусной кислоты (ЩУК) – предшественника аспартата. Усиление этого пути приводит к значительному увеличению продукции лизина и глютамата [2]. ДДПсинтетаза осуществляет реакцию конденсации пиревата

и аспартатполуальдегида в ДДП – предшественника лизина. Повышение активности ДДПсинтетазы в клетках продуцента лизина приводит к увеличению продукции этой аминокислоты [3]. В настоящей работе сконструирована плазмида, содержащая гены *ppc* и *dapA* *Brevibacterium lactofermentum*, которая была внесена в клетки штамма-продуцента L-лизина. Показано, что продукция лизина в рекомбинантном штамме *B. lactofermentum* увеличена.

Материалы и методы.

Штаммы, плазмиды и условия культивирования. Использованные в работе штаммы и плазмиды приведены в табл. 1. Штаммы *Escherichia coli* и *B. lactofermentum* выращивали на полноценной жидкой среде LB и агаризованной среде LA [4] при 37° и 30°C, соответственно. Для *E. coli* использовали минимальную среду M9 [4]. Ампицилин добавляли до концентрации 50 мкг/мл, хлорамфеникол – 20 мкг/мл.

Таблица 1

Бактериальные штаммы и плазмиды

Штаммы		Свойства и генотип	Источник
		<i>E. coli</i> DH 5 α XS1D2	Hanaban [10] НИИ "Биотехнология"
<i>B. lactofermentum</i>	ATCC 13869	дикий тип	– “ –
	PT 131	AEC ^r , FP ^s	– “ –
Плазмиды	PKK223-3	Ap ^r , TacP	Brosius et al. [11]
	PEC5	Cm ^r , ori pBL1	Eikmanns et al. [12]
	pPPC:DAP	PEC5, ppc, TacP: <i>dapA</i>	данная работа

AEC – аминоэтилцистеин, FP – фторпируват, Ap – ампицилин, Cm – хлорамфеникол, ori – участок начала репликации.

Ферментации проводили на среде, содержащей 22% мелассы, 15% гидролизата паприна, 2,5% CaCl₂, pH 7, при 30°C в течение 72 ч., 250 об./мин.

Выделение ДНК и трансформация. Выделение плазмид из *E. coli* проводили известным методом [5], из *B. lactofermentum* – тем же методом с предварительной обработкой лизоцимом (5 мг/мл) в течение 1 часа при 37°C. ДНК хромосомы *B. lactofermentum* выделяли по ранее описанному методу [6]. Клетки *E. coli* трансформировали методом CaCl₂ [4], а *B. lactofermentum* – методом электропорации [7].

Образование PCR (polymerization chain reaction) продуктов и клонирование. Для амплификации фрагмента хромосомной ДНК *B. lactofermentum* с геном *ppc*, включающего RBS (*ribosome binding site*) и коди-

рующую последовательность гена [8], подобрана соответствующая пара праймеров, согласно нуклеотидной последовательности: 231–254 – праймер 1 и 3074–3053 – праймер 2. Для амплификации фрагмента ДНК *B. lactofermentum* с геном *dapA*, включающего *RBS* и кодирующую последовательность гена [9], подобрана пара праймеров, соответствующая нуклеотидам 2356–2379 – праймер 1, и 3544–3522 – праймер 2.

Фрагменты, амплифицированные с помощью хромосомной ДНК *B. lactofermentum* и соответствующих праймеров, выделены из агарозного геля, обработаны ДНКполимеразой Т4 и полинуклеотидкиназой Т4 по стандартным протоколам [4]. Фрагменты ДНК, полученные таким способом, имеют тупые концы.

Конструирование и анализ плазмид также проводили согласно принятым протоколам [4]. Рестриктазы, ДНКлигаза Т4, щелочная фосфатаза теленка, Тацполимераза, ДНКполимераза Т4 и полинуклеотидкиназа Т4 получены от *Invitrogen*.

Результаты и обсуждение.

Конструирование плазмида *pPPC:DAP*. Конструирование плазмида *pPPC:DAP*, содержащей гены *dapA* и *ppc* *B. lactofermentum*, проводилось в несколько этапов.

На первом этапе *PCR* продукт (1,2 kb^*), содержащий *RBS* и кодирующую последовательность гена *dapA* *B. lactofermentum*, был встроен в *SmaI* сайт плазмида *pPPC223-3* в ориентации, позволяющей экспрессию гена *dapA* под контролем промотора *TacP*, расположенного на плазмиде [13]. Выбор промотора *TacP* обусловлен его способностью функционировать в клетках коринебактерий [12]. Лигирование проводили по тупым концам и лигазной смесью трансформировали штамм *E. coli* *DH5 α* , отбирали трансформанты, устойчивые к Аре. Рекомбинантные плазмиды отбирали посредством скрининга. Плазмиду, содержащую встроенный фрагмент в ориентации, при которой ген *dapA* находится под контролем *TacP* промотора, отбирали путем рестрикционного анализа рекомбинантных плазмид. Таким образом получена плазмида *pKK223-3:TacP dapA*.

Далее, продукт *PCR* (2,7 kb), содержащий *RBS* и кодирующую последовательность гена *ppc*, встраивали в *SmaI* сайт челночного вектора *pEC5*, способного реплицироваться как в *E. coli*, так и в *B. lactofermentum*. *SmaI* сайт вектора *pEC5* входит в состав полилинкера, расположенного непосредственно за участком, на котором находится один из промоторов плазмида *pBL1* [14]. Лигирование проводилось по тупым концам. Лигазной смесью трансформировали штамм *E. coli* *DH5 α* , отбирали трансформанты, устойчивые к хлорамфениколу. Рекомбинантные плазмиды также отбирали путем скрининга. Плазмида *pEC5:ppc* с ориентацией клонированного фрагмента, необходимой для экспрессии гена *ppc* под контролем промотора, расположенного на векторе, отобрана после рестрикционного анализа рекомбинантных плазмид.

* kb – тысяча пар нуклеотидов.

Плазмидой pEC5:*ppc* трансформировали штамм *E. coli* XS1D2, мутантный по гену *ppc*. Трансформанты отбирали на минимальной среде M9, не содержащей сукцинат натрия. Результаты трансформации показали, что плазмида pEC5:*ppc* комплементирует мутацию *ppc* гена. Это свидетельствует об экспрессии гена *ppc* *B. lactofermentum* под контролем промотора вектора pEC5.

Для переноса гена *dapA* плазмиду pKK223-3: TacP*dapA* обрабатывали рестриктазой *SalI* и полученный фрагмент размером 1,7 kb, содержащий TacP*dapA*, лигировали с pEC5:*ppc*, предварительно обработанной *SalI*. Лигазной смесью трансформировали штамм *E. coli* DH5 α , отбирали трансформанты, устойчивые к хлорамфениколу. Рекомбинантную плазмиду *pPPC:DAP* отобрали так же, как остальные плазмиды. Плазмида *pPPC:DAP* размером 11,6 kb содержит гены *B. lactofermentum:ppc*, экспрессирующийся под контролем промотора вектора pEC5, и *dapA*, находящийся под контролем TacP промотора (см. рисунок).

Влияние плазмиды *pPPC:DAP* на продукцию лизина у *B. lactofermentum*. Влияние плазмиды *pPPC:DAP* на продукцию лизина исследовалось на штамме PT131 – производителе лизина. Штамм PT131 трансформирован плазмидами pEC5:*ppc* и *pPPC:DAP* методом электропорации, трансформанты отбирались на среде с хлорамфениколом. Трансформанты, содержащие плазмиду pEC5:*ppc* и плазмиду *pPPC:DAP*, проверялись на лизин-синтезирующую активность в экспериментах по ферментации на среде с мелассой, гидролизатом паприна и хлорамфениколом (см. **Материалы и методы**). Результаты ферментации приведены в табл. 2.

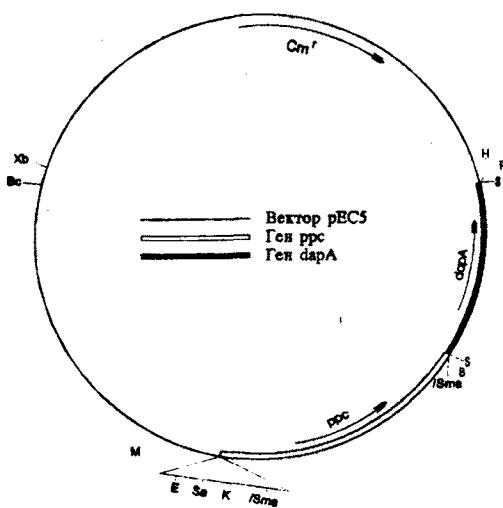


Диаграмма плазмиды *pPPC:DAP*, (11.6 kb). Сокращения: В – BamHI; Вс – Bcl I; Е – EcoRI; Н – Hind III; К – KpnI; М – MluI; Р – PstI; С – Sal I; Sa – SacI; Хб – XbaI; /Sma – указывает на сайт SmaI, образованный в результате лигирования фрагментов без последующего восстановления исходных сайтов рестрикции.

Результаты ферментаций показали увеличение продукции лизина: у трансформантов, содержащих плазмиду с геном, кодирующим ФЕПкарбоксилазу – на 6г/л, а содержащих плазмиду с двумя генами, кодирующими ФЕПкарбоксилазу и ДДПсинтетазу – на 14г/л. Увеличение продукции лизина в результате повышения активности ДДПсинтетазы в клетках продуцентов показано в работе Эгелинга и др. [3]. Однако при повышении активности ФЕПкарбоксилазы продукция лизина у штаммов *B. lactofermentum* оставалась почти неизменной [13]. Недавно достигнуто.

значительное увеличение продукции лизина в результате клонирования в *C. glutamicum* гена, кодирующего пируваткарбоксилазу, которая так же, как ФЕПкарбоксилаза, участвует в анаплеротическом синтезе ЩУК [2].

Таблица 2

Лизин-синтезирующая активность трансформантов PT131/pEC5:ppc и PT131/pPPC:DAP

Штаммы <i>B. lactofermentum</i>	Лизин (г/л)
PT131	26–28
PT131/pEC5:ppc	32–34
PT131/pPPC:DAP	40–42

Согласно данным, полученным нами, на продукцию лизина влияет увеличение не только дозы гена *dapA* *B. lactofermentum*, но и дозы гена *ppc*. Предполагается, что повышение продукции лизина происходит в результате усиления потока промежуточных соединений, участвующих в биосинтезе лизина.

НИИ "Биотехнология", ЕГУ, Институт микробиологии Синцзянской АСН (КНР)

Поступила 10.12.2002

ЛИТЕРАТУРА

1. Jetten M.S., Sinskey A.J. – Critical Reviews in Biotechnology, 1995, v. 15, № 1, p. 73–103.
2. Peters-Wendisch P.G., Schiel B., Wendisch V.F., Katsoulidis E., Mockel B., Sahm H., Eikmanns B.J. – J. Mol. Microbiol. Biotechnol., 2001, v. 3, № 2, p. 295–300.
3. Eggeling L., Oberle S., Sahm H. – Appl. Microbiol. Biotechnol., 1998, v. 49, p. 24–30.
4. Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. – Molecular Cloning: Laboratory Manual, 1989, 2nd edn. NY: Cold Spring Harbor Laboratory.
5. Birnboim H.C., Doly J. – Nucleic Acids Res., 1979, № 7, p. 1513–1523.
6. Eikmanns B.J., Thum-Schmitz N., Eggeling L., Ludtke K-U., Sahm H. – Microbiology, 1994, v. 140, p. 1817–1828.
7. Duncan L.K., Shivnan E. – Bio/Technology, 1990, № 7, p. 1067–1071.
8. Eikmanns B.J., Follettie M.T., Griot M.U., Sinskey A.J. – Mol. Gen. Genet., 1989, v. 218, p. 330–339.
9. Pisabarro A., Malumbres M., Mateos L.M., Oguiza J.A., Martin J.F. – J. Bacteriology, 1993, v. 175, № 9, p. 2743–2749.
10. Hanahan D. J. – Mol. Biol., 1985, v. 166, p. 557–580.
11. Brosius J., Ullrich A., Raker M.A., Gray A., Dull T.J., Gutell R.R., Noller H.F. – Plasmid, 1981, № 6, p. 112–118.
12. Eikmanns B.J., Kleinertz E., Liebl W., Sahm H. – Gene, 1991, v. 102, p. 93–98.
13. Gubler M.E., Park S.M., Jetten M.S., Stephanopoulos G., Sinskey A.J. – Appl. Microbiol. Biotechnol., 1994, v. 40, p. 857–869.
14. Cadenas R., Martin J.F., Gil J.A. – Gene, 1991, v. 98, p. 117–120.

Ն.Ա. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Մ.Բ. ՉԻԹՋՅԱՆ, ԾԵ ՅՈՒ ՇԻՆ, Գ.Գ. ՕԳԱՆԵԶՈՎԱ,
Մ.Ա. ՄԵԼՔՈՒՄՅԱՆ, Հ.ՅԱ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ

**BREVIBACTERIUM LACTOFERMENTUM-ի ppc ԵՎ dapA ԳԵՆԵՐԻ
ԴՈԶԱՅԻ ԱՎԵԼԱՑՄԱՆ ԱՉՂԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԼԻԶԻՆԻ
ԱՐՏԱԴՐՄԱՆ ՎՐԱ**

Ամփոփում

Լ-լիզինի արտադրությունը հիմնված է *Corynebacterium glutamicum*-ի շտամ-արտադրիչների օգտագործման վրա: Լիզինի կենսասինթեզի համար պատասխանառու գեների կրնավորումը բույլ է տալիս ուսումնասիրել առանձին գեների և նրանց խմբերի ազդեցությունը վերջնական ելքի վրա: *ppc* գենը, որը կողավորում է ֆուոնենոլախրուվատկարքսիլազը և *dapA* գենը, որը կողավորում է ղիկիղոսիլինատսինթետազը, որոշիչ են լիզինի սինթեզի համար: Տվյալ աշխատանքում կառուցված է *pPPC:DAP* պլազմիդը, որը պարունակում է *Brevibacterium lactofermentum*-ի *ppc* և *dapA* գեները, և ցույց է տրված, որ այդ պլազմիդի ներմուծումը լիզինի շտամ-արտադրիչի մեջ հանգեցնում է լիզին-սինթեզող ակտիվության բարձրացմանը:

N. A. HOVHANNISYAN, M. B. CHITCHYAN, XIE YU QING, G. G. OGANEZOVA,
M. A. MELKUMYAN, H. Yu. SAHAKYAN

**EFFECT OF *ppc* AND *dapA* DOSAGE INCREASE ON LYSINE
PRODUCTION IN *BREVIBACTERIUM LACTOFERMENTUM***

Summary

L-lysine production is based on the use of *Corynebacterium glutamicum* strains. With the cloning of the genes involved in lysine biosynthesis it is possible to investigate the influence of particular gene or group of genes on the yield of lysine. PEP carboxylase coding *ppc* gene and dihydrotidipicolinate synthase coding *dapA* gene are the key genes in lysine biosynthesis. In the present work the plasmid *pPPC:DAP* has been constructed, containing *ppc* and *dapA* genes of *Brevibacterium lactofermentum* and the effect of this plasmid on lysine production increase with strain *B. lactofermentum* has been shown.

Биология

УДК 612.821.3

В. Г. ГРИГОРЯН, А. Ю. СТЕПАНЯН, А. Н. АРАКЕЛЯН, А. Р. АГАБАБЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАЧ ЛАБИРИНТНОГО ТИПА

Исследованы изменения статистических параметров сердечного ритма при выполнении лабиринтной задачи на компьютере. Выделены две группы испытуемых по типу реагирования на нагрузку: I группа характеризуется снижением индекса напряжения, II группа – его повышением. Показано, что у большинства лиц, выполняющих задание высокоэффективно, регуляция сердечного ритма осуществляется на уровне автономного контура, тогда как у большинства лиц, выполняющих задание низкоэффективно, – на уровне центрального контура.

Изучение умственной деятельности занимает особое место в психофизиологических исследованиях. Любые процессы, в том числе и интеллектуальные, характеризуются определенным уровнем напряжения регуляторных механизмов и находят свое отражение в различных вегетативных показателях [1–3]. Наиболее информативными из них считаются показатели сердечно-сосудистой системы [4–6].

Особое место для оценки психофизиологической напряженности занимают показатели сердечного ритма и гемодинамики [4, 7, 8].

Целью настоящего исследования было изучение реакций сердечно-сосудистой системы при выполнении на компьютере задачи лабиринтного типа, которая требует от исполнителя определенного нервно-эмоционального напряжения, т. к. решение задачи связано с постоянным поиском оптимального варианта выхода из закрытого пространства.

Задачей исследования являлось – изучение динамических изменений статистических параметров сердечного ритма и артериального давления испытуемых, вызванных под влиянием предложенной деятельности.

Методика исследования. Исследования проводились на 60 практически здоровых мужчинах и женщинах в возрасте от 18 до 23 лет. Решение задачи лабиринтного типа выполнялось испытуемым в течение

одного часа. Испытуемые были заранее ознакомлены с содержанием предложенного задания, усложняющегося от уровня к уровню, где необходимо было найти выход из трехмерного компьютерного лабиринта. Время прохождения каждого уровня игры фиксировалось компьютером. Критерием оценки эффективности деятельности в течение одного часа выполнения задания являлось количество пройденных ими усложняющихся уровней компьютерной игры. Прохождение более 4-х уровней принималось за высокую эффективность деятельности. Для выявления сдвигов функционального состояния (ФС) центрально-нервной системы (ЦНС) регистрировались фоновые показатели сердечно-сосудистой системы: электрокардиограмма (ЭКГ) и частота сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин) до начала эксперимента (T_0) и после одного часа выполнения задания (T_1). Измерялось артериальное давление (мм рт. ст.) – систолическое ($АД_s$) и диастолическое ($АД_d$). По методу вариационной пульсометрии Р. М. Баевского [4] анализировались следующие статистические параметры сердечного ритма: мода (M_0 , с), вариационный размах (Δx , с) и амплитуда моды (AM_0 , %). Объем выборки – 100 кардиоинтервалов. По данным вариационной пульсометрии вычислялся индекс напряжения (ИН) регуляторных систем, отражающий степень централизации управления сердечным ритмом. Экспериментальный материал обрабатывался по специально разработанной программе SPSS for Windows.

Результаты и их обсуждение. По типу реагирования на предложенную нагрузку выделены две группы испытуемых: в I вошли испытуемые, у которых наблюдалось снижение ИН (50%); во II – те, у которых наблюдалось повышение ИН (50%).

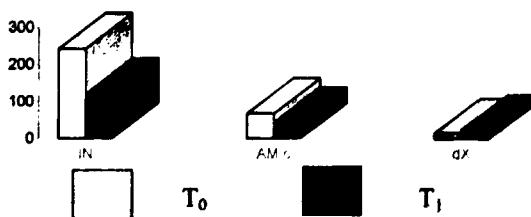
Среднестатистический анализ показателей сердечного ритма у испытуемых I группы показал, что исходное состояние (T_0) характеризовалось следующими значениями параметров сердечного ритма: ИН при T_0 составлял 242 ± 51 (ед.), AM_0 – $67 \pm 1,5$ (%), M_0 – $0,76 \pm 0,11$ (с) и Δx – $0,14 \pm 0,005$ (с). После выполнения задания (T_1) значение ИН достоверно ($p < 0,001$) снизилось на 122 (ед.), AM_0 – до $43 \pm 0,13$ (%), Δx достоверно ($p < 0,001$) увеличилось до $0,24 \pm 0,09$ (с), значение же M_0 через час стало равным $0,83 \pm 0,011$ (с) (рис. 1, А). Фоновое значение средней ЧСС у испытуемых I группы составляло $75,67 \pm 5,95$ (уд./мин). При T_1 ее значение достоверно ($p < 0,01$) снизилось до $66,13 \pm 5,87$ (уд./мин) (рис. 1, Б).

Систолическое артериальное давление при T_0 равнялось $108 \pm 9,41$, а диастолическое – $70,33 \pm 8,12$ (мм рт. ст.). К концу выполнения задания значения $АД_s$ и $АД_d$ достоверно ($p < 0,01$) снизились соответственно до $104 \pm 9,10$ и $64 \pm 9,10$ (мм рт. ст.) (рис. 1, В).

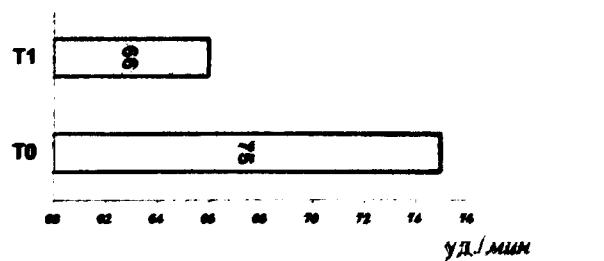
В результате анализа полученных данных у испытуемых I группы выявлено достоверное понижение ИН от T_0 к T_1 , сопровождающееся достоверным снижением AM_0 и повышением Δx , что свидетельствует о высокой степени вариативности R-R интервалов. Одновременно с этим наблюдалось достоверное снижение значений показателей ЧСС и артериального давления.

Анализ эффективности деятельности у испытуемых I группы показал, что она высока у 69% испытуемых, а низка – у 31%.

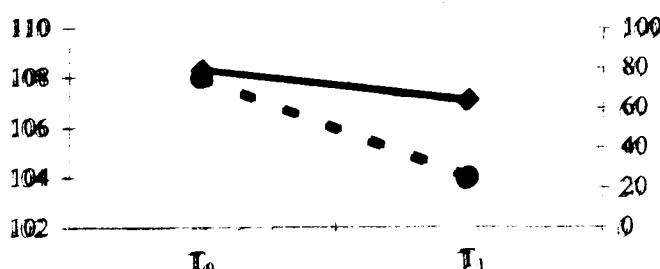
А



Б



В



1 – систолическое давление, 2 – диастолическое давление

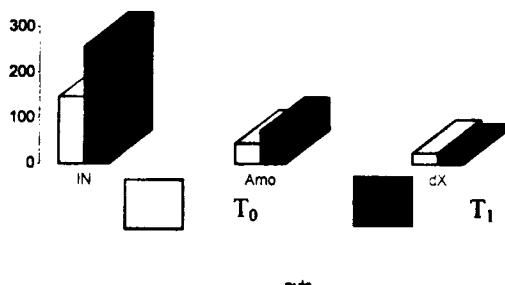
Рис. 1. Изменения статистических показателей сердечного ритма (А), частоты сердечных сокращений (Б) и артериального давления (В) у испытуемых I группы.

Среднестатистический анализ показателей сердечного ритма у испытуемых II группы выявил характерные для исходного состояния (T₀) значения параметров: ИН равен 145±58 (ед.), АМ₀ – 43,73±0,7 (%), Δх – 0,23±0,08 (с). М₀ – 0,73±0,11 (с). При Т₁ значение ИН увеличилось ($p<0,05$) на 112 (ед.), АМ₀ – на 29% ($p<0,001$), Δх снизилось ($p<0,001$) до 0,13±0,05 (с), значение М₀ стало равным 0,80±0,11 (с) (рис. 2, А).

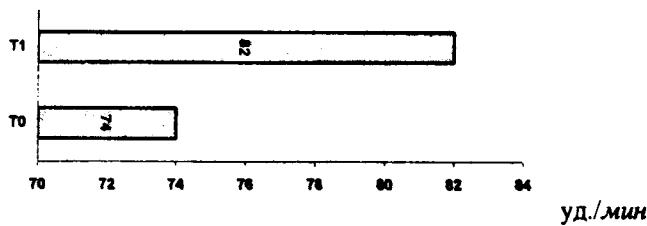
Среднестатистический анализ изменений величины ЧСС и артериального давления у испытуемых II группы выявил достоверное

увеличение значения этих параметров к концу выполнения задания: ЧСС – на 8,13 уд./мин (рис. 2, Б), систолического АД на 6,0 мм рт. ст., а диастолического – на 15,33 мм рт. ст. (рис. 2, В).

А

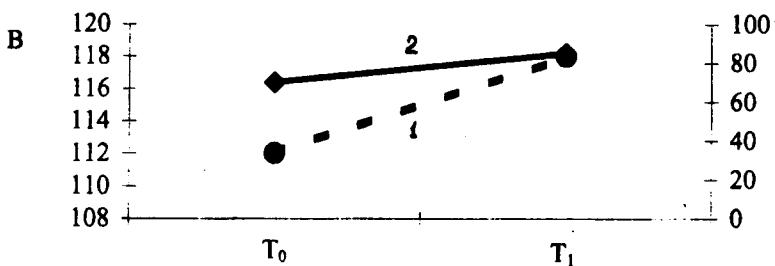


Б



мм рт. ст

мм рт. ст



1 – систолическое давление, 2 – диастолическое давление.

Рис. 2. Изменения статистических показателей сердечного ритма (А), частоты сердечных сокращений (Б) и артериального давления (В) у испытуемых II группы.

Из полученных данных следует, что у испытуемых II группы к концу 1-го часа выполнения задания наблюдалось достоверное увеличение значений ИН, которое сопровождалось увеличением A_{M_0} и снижением Δx . Значения артериального давления и ЧСС после 1-го часа работы повышались по сравнению с фоном на уровне тенденции.

Анализ эффективности деятельности испытуемых II группы показал, что она высокая у 20,7% испытуемых и низкая – у 79,3%.

Обнаруженные в результате исследования изменения параметров сердечного ритма указывают на наличие у испытуемых двух типов

вегетативных реакций на данную нагрузку: наблюдается преобладание парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) (I группа – 50% испытуемых) и преобладание симпатического отдела ВНС (II группа – 50%). Исходя из полученных фактов понижения ИН и АМ₀ и повышения Δх у испытуемых I группы, можно говорить о преобладании у них тонуса парасимпатического отдела ВНС к концу выполнения задания. В свою очередь, преобладание тонуса парасимпатической нервной системы обычно принято считать свидетельством усиления процессов саморегуляции, активации автономного контура регуляции сердечного ритма, рабочими элементами которого являются синусовый узел, блуждающие нервы и их ядра в продолговатом мозгу [6, 9, 10].

Изменение параметров второго типа реагирования (увеличение ИН, АМ₀ и понижение Δх) говорит о преобладании тонуса симпатической нервной системы, что указывает на нарастающую централизацию управления сердечным ритмом. А так как известно, что “возбуждение симпатической нервной системы является обязательным условием развития эмоционального напряжения, то есть фактически начальным звеном гормональных реакций стресса” [11], то в связи с вышеизложенным полученные нами данные могут свидетельствовать о развитии эмоционального напряжения у испытуемых II группы.

Анализ показателей артериального давления выявил достоверное понижение систолического и диастолического артериального давления у испытуемых I группы. В то же время у испытуемых II группы наблюдалось повышение артериального давления. Эти данные свидетельствуют о нарастании симпатического влияния на ЦНС и согласуются с выявлением нами (по данным параметров сердечного ритма) симпатическим эффектом у II группы. Одной из причин достоверного повышения артериального давления при эмоциональном напряжении в результате усиления симпатического влияния можно считать дискоординацию между изменениями сердечного выброса и периферическим сосудистым сопротивлением.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что у испытуемых I группы регуляция деятельности происходит на уровне автономной системы и предложенное задание не требует особых усилий. В то же время у испытуемых II группы в ходе выполнения задания нарастает симпатическое влияние, что является свидетельством развития эмоционального напряжения и приводит к понижению эффективности выполнения задания.

Кафедра физиологии человека и животных

Поступила 09.12.2002

ЛИТЕРАТУРА

1. Джебраилова Т.Д., Умрюхина Е.А. – Физиология человека, 1995, т. 21, № 2, с. 44.
2. Naqvi S.A. – J. Hum. Ergol. (Tokyo), 1994, v. 23, № 1, p. 41.
3. Kurimori S., Kakizaki T. – Ind. Health., 1995, v. 33, № 1, p. 7.

4. Баевский Р.М., Кириллов О.О., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984, с. 221.
5. Ефимова И.В., Хомская Е.Д. – Физиология человека, 1990, т. 16, № 5, с. 147.
6. Казакова М.И., Братанов В.В. – Там же, 1991, т. 17, № 5, с. 151.
7. Горбунов В.В. – Там же, 1994, т. 23, № 5, с. 40.
8. Данилова Н.Н., Астафьев С.В. – ЖВНД, 1999, т. 49, вып. 1, с. 28.
9. Богданов А.Ф. В кн.: Новые исследования в психологии и возрастной физиологии. М.: Педагогика, 1989, т. 1, с. 122.
10. Федоров Б.М. – Физиология человека, 1997, т. 23, № 2, с. 89.
11. Ноздрачев А.Д., Баженов Ю.И., Баранникова И.А. и др. Общий курс физиологии человека и животных. М.: Высшая школа, 1991, с. 528.

Վ. Հ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա. ՅՈՒ. ՍԵՓԱՆՅԱՆ, Ա. Ն. ԱՐԱԿԵԼՅԱՆ, Հ. Ռ. ԱՂԱԲԱՅՅԱՆ

ՄԻՏԻ ՈՒԹՄԸ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԼԱԲԻՐԻՆԹՈՍԱՅԻՆ ՏԻՊԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԿԱՏԱՐՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ամփոփում

Ուսումնասիվել են սիրտ-աճորթյան համակարգի ցուցանիշների փոփոխությունները համակարգչով լաբիրինթոսային առաջադրանքի կատարման ժամանակ: Ըստ վեգետատիվ ռեակցիաների առանձնահատկությունների առանձնացվել են երկու խումբ փորձարկվողներ՝ I խմբի փորձարկվողները բնորոշվում են լարվածության ինդեքսի նվազումով, II խմբի փորձարկվողները՝ լարվածության ինդեքսի բարձրացումով: Ցույց է տրված, որ առաջադրանքը բարձր էֆեկտիվությամբ կատարողների մեծամասնության սրտի ոիթմի կարգավորումը իրականացվում է ինքնավարությամբ մակարդակով, իսկ ցածր էֆեկտիվությամբ կատարողներինը՝ կենտրոնական ուրվագծի մակարդակով:

V. H. GRIGORYAN, A. Y. STEPANYAN, A. N. ARAKELYAN, H. R. AGHABABYAN

THE INVESTIGATION OF HEART RHYTHM VARIABILITY DURING FULFILMENT OF MAZE-MODEL TASKS

Summary

The changes of statistical characteristics of heart rhythm during carrying out of maze-model tasks on the computer are investigated. Two groups of probationers were allotted by their reaction to the loading: the first group is characterized by the decreasing of strain index (SI); the second group – by the increasing of SI. It is shown, that at the most of probationers, carrying out the tasks with high efficiency, the heart rhythm regulation is realized by the level of autonomous contour, while at the most of probationers carrying out the tasks with low efficiency – by the level of central contour.

Биология

УДК 528.28

С. Г. НАНАГЮЛЯН, А. Л. СИРУНЯН, А. А. АМИРЯН

НОВЫЕ ДЛЯ МИКОБИОТЫ АРМЕНИИ ВИДЫ АГАРИКОИДНЫХ
И ГАСТЕРОИДНЫХ ГРИБОВ

В статье приведены сведения о распространении 24 видов агарикоидных и гастероидных грибов, впервые обнаруженных на территории Армении. Обнаруженные виды грибов относятся к отделу *Eumycota*, подотделу *Basidiomycotina*, классам *Homobasidiomycetes* и *Gasteromycetes*, 9 семействам и 18 родам.

Несмотря на многочисленные публикации по исследованию биоразнообразия грибов Армении, изучение видового состава базидиальных грибов не завершено. Регистрация новых видов позволяет выяснить наиболее полную картину распространения шляпочных грибов на ее территории. В настоящей работе приводится список впервые обнаруженных 24 видов агарикоидных и гастероидных базидиомицетов, полученных в результате планомерных исследований биоты макромицетов различных регионов Армении. Обнаруженные виды грибов относятся к отделу *Eumycota*, подотделу *Basidiomycotina*, классам *Homobasidiomycetes* и *Gasteromycetes*, 9 семействам и 18 родам. Отмечен также новый род *Leucocoprinus*. Анализ данных показал, что из найденных макромицетов 10 видов принадлежат к съедобным (2 из них – к условно съедобным), 13 – к несъедобным, и только 1 вид – к ядовитым грибам.

Для каждого вида указываются латинское, русское и армянское названия, а также фамилии авторов таксонов, литературные ссылки, в отдельных случаях – синонимы, субстраты, типы фитоценоза, время и место его обнаружения, трофическая группа, встречаемость и обилие, съедобность или ядовитость.

Класс *Homobasidiomycetes* – Гомобазидиомицеты – Հոմոբազիդիոմիցետներ

Подкласс *Agaricomycetidae* – Агарикоидные – Ագարիկուլիցետներ

Порядок *Agaricales Clem.* – Агарикальные – Ագարիկալ սենյակ

Семейство *Agaricaceae Cohn.* – Агариковые, Шампиньоновые –

Ագարիկայիններ

Род *Agaricus* Fr. em. Karst. – Шампиньон – Ծամպինյոն, Ազարիկոն

1. *Agaricus pseudopratensis* (Bohus) S.Wasser [1]:175 – Шампиньон ложнолуговой – Ծամպինյոն կեղծ դաշտային

На почве. X. Гум. с.* Близ с. Норамарг, безлесные местообитания, вдоль реки Севджур. Редко. Единично. Съедобность или ядовитость не изучена.

2. *Agaricus semotus* Fr. [2]:189 – Шампиньон выделяющийся – Ծամպինյոն զատվող

На почве. Березовая роща. VIII. Гум. с. Анкаван. Редко. Единично. Съедобен.

Род *Lepiota* (Pers.:Fr.)S.F.Gray – Лепиота, Чешуйница – Լեպիոտա

3. *Lepiota pseudohelvola* Kühn. ex Hora [1]:259 – Лепиота ложно-кирлично-красная – Լեպիոտա կեղծ աղյուսակարմիր

На почве. VIII. Гум. с. Иджеванский дендропарк. Редко. Единично. Несъедобен.

Род *Leucoagaricus* (Locq.)Sing. – Лейкоагарикус – Լեուկագարիկոս

4. *Leucoagaricus carneifolius* (Gill.) S.Wasser [1]:289 – Лейкоагарикус телеснопластинковый – Լեուկագարիկոս մարմարույն

На почве. IX, X. Гум. с. Горованские пески, Иджеванский дендропарк. Редко. Единично. Съедобность или ядовитость не изучена.

Род *Leucocoprinus* Pat. – Белонавозник – Սպիտակ գոմարքատունկ.

5. *Leucocoprinus pilatianus* (Demoulin) S.Wasser [1]:279 – Белонавозник Пилата – Սպիտակ գոմարքատունկ Պիլատի

На почве. X. Гум. с. Близ с. Норамарг, безлесное местообитание, вдоль реки Севджур. Редко. Группами. Съедобность или ядовитость не изучена.

Семейство *Coprinaceae* Roze – Навозниковые, Копринусовые –
Գոմարքանկայիններ

Род *Coprinus* (Fr.)S.F.Gray – Навозник, Копринус – Գոմարքատունկ,
Կոպրինոս

6. *Coprinus congregatus* Bull.:Fr. [2]:179 – Навозник скученный –
Գոմարքատունկ կուտակված

На навозе. VII. Копр. СНП. Редко. Группами. Несъедобен.

7. *Coprinus extinctorius* (Bull.:St-Am.) Fr. [3]:73 – Навозник угасающий –
Գոմարքատունկ հաճախող

На гнилой древесине. VII, X. Ксил. СНП, окр. г. Иджевана. Редко. Единично. Несъедобен.

Род *Panaeolus* (Fr.)Quel. – Панеолус – Պանեոլոս

8. *Panaeolus rickenii* Hora [2]:181 – Панеолус Рикена – Պանեոլոս
Ռիկենի

* В статье принятые следующие сокращения: гум. с. – гумусовый сапротроф, СНП – Севанский национальный парк, копр. – копротроф, ксил. – ксилотроф, микор. – микоризообразователь, подст. с. – подстилочный сапротроф.

На унавоженной почве, на пастбище. VII. Копр. Окр. г. Иджевана. Редко. Несъедобен.

Род *Psathyrella* (Fr.) Quel. – Псатирелла, Хруплянка – Պատիրելլա

9. *Psathyrella multipedata* (Pk.) A. H. Sm. [4]:131. Syn.: *Psathyra multipedata* Pk. – Псатирелла многоножковая – Պատիրելլա բազմուղիկ

На пнях лиственных пород. Смешанный лес. VII. Ксил. СНП. Редко. Группами. Несъедобен.

Семейство *Cortinariaceae* Heim.:Pouz. – Паутинниковые –

Սարդոստայնասնկայիններ (Ուտայնասնկայիններ)

Род *Cortinarius* (Pers.) S.F.Gray – Паутинник – Ուտայնասնկ

10. *Cortinarius delibutus* Fr. [5]:106 – Паутинник намазанный – Ուտայնասնկ շպարված

На почве. Смешанный лес. X. Микор. СНП. Редко. Съедобен.

11. *Cortinarius variecolor* (Pers.:Fr.) Fr. [5]:85 – Паутинник разноцветный – Ուտայնասնկ բազմերանգ

На почве. Сосняк. VIII. Микор. Окр. г. Иджевана. Редко. Условно съедобен.

Семейство *Tricholomataceae* Heim : Pouz. – Рядковые – Շարքասնկայիններ

Род *Calocybe* Kuhn. : Donk – Калоцибе – Կալոցիբե

12. *Calocybe carneoides* (Bull. : Fr.) Donk [6]:135. Syn.: *Lyophyllum carneum* (Fr.) Kuhn. et Romagn., *Tricholoma carneum* (Bull. : Fr.) Kumm. – Калоцибе семговая – Կալոցիբե մարմնագույն

На подстилке. Смешанный лес. VIII. Подст. с. Окр. г. Иджевана, по дороге в Гош. Редко. Съедобен.

Род *Melanoleuca* Pat. – Меланолейка – Մելանոլեյկա

13. *Melanoleuca exscissa* (Fr.) Sing. ss. Kuhn. [7]:248 – Меланолейка разрезанная – Մելանոլեյկա ճաղրված

На почве. Дачный участок. X. Гум. с. Карапашамб, ущелье реки Раздан. Редко. Съедобен.

Род *Mycena* (Pers. : Fr.) S. F. Gray – Мицена – Միցենա

14. *Mycena olivacea-marginata* (Mass. ap. Cke) Mass. [2]:74. Syn.: *M. brunneomarginata* Kuhn. – Мицена оливково-окаймленная – Միցենա դեղնականաչ եղողով

На подстилке. Смешанный лес. IX. Подст. с. Окр. г. Капана. Редко. Группами. Несъедобен.

Род *Tricholoma* (Fr.) Quel. – Рядовка, Трихолома – Շարքասնկ

15. *Tricholoma acerbum* (Bull. : Fr.) Quel. [7]:320 – Рядовка вяжущая – Շարքասնկ տուխած

На почве. Буковый лес. VII. Гум. с. Окр. г. Иджевана. Редко. Условно съедобен.

16. *Tricholoma pardinum* Quel. [6]:124. Syn *T. tigrinum* Schaeff. – Рядовка леопардовая – Շարքասնկ հովազանման

На почве. Приусадебный участок. Х. Гум. с. Ж.-д. станция Масис. Редко. Группами. Ядовит.

Род *Strobilurus* Sing. – Шишкотюб, Стробилурус – Կոճասեր, Ստրոբիլուրոս
17. *Strobilurus tenacellus* (Pers. : Fr.) Sing. [7]:320. Syn.: *Marasmius tenacellus* (Fr.) Favre, *Collybia tenacella* Pers. – Шишкотюб хрупкий – Կոճասեր փիրունի

На подстилке. Сосняк. V. Подст. с. СНП. Редко. Съедобен.

Порядок *Amanitales* Julich – Аманитальные грибы – Ամանիտային սնկեր
Семейство *Pluteaceae* Kotl : Pouz. – Плютеевые – Պլուտեայիններ

Род *Pluteus* Fr. – Плютей – Պլուտեոս

18. *Pluteus salicinus* (Pers. : Fr.) Kumm. [8]:52 – Плютей ивовый – Պլուտեոս ունենու

На гнилушках. Широколиственный лес. VII. Ксил. СНП, п-ов Артаниш. Редко. Единично. Малоизвестный съедобный гриб.

Порядок *Boletales* Gilb. – Болетальные – Բոլետալ սնկեր

Семейство *Boletaceae* Chev. – Болетовые – Բոլետայիններ

Род *Leccinum* S. F. Gray – Лекцинум, Обабок – Լեկցինում

19. *Leccinum melanoeum* (Smotl.) Pil. : Dermek [9]:181. Syn.: *L. scabrum* f. *melanoeum* (Smotl.) Skirg. – Подберезовик черный – Կեշապունկ սև

На почве, в сырьих местах у речки. Смешанный лес с бересой. X. Микор. По дороге в Капан. Редко. Единично. Съедобен.

20. *Leccinum testaceoscabrum* (Secr.) Sing. [9]:182 – Подосиновик желто-бурый – Կաղամախապունկ դեղնագորշավոն

На почве. Березовая роща. VIII. Микор. Анкаван. Редко. Съедобен.

Порядок *Hygrophorales* Locq. – Гигрофоральные – Հիգրոֆորալ սնկեր

Семейство *Hygrophoraceae* Lotsy – Гигрофоровые – Հիգրոֆորայիններ

Род *Cyphophyllus* (Donk) Bon – Куфофилл – Կոփոֆիլոս

21. *Cyphophyllus flavipes* (Britz.) Bon [10]:29. Syn.: *Hygrophorus flavipes* Britz., *Camarophyllus flavipes* (Britz.) Clemenccon – Куфофилл желтоноожковый – Կոփոֆիլոս դեղնապունկ

На почве, среди травы. Иджеванский дендропарк. VIII. Гум. с. Редко. Несъедобен.

Порядок *Russulales* (Roze) Kreis. em. Pegler et Young – Рассулальные – Ռուսուլալ սնկեր

Семейство *Russulaceae* Roze – Сыроежковые – Խոնավամկայիններ

Род *Lactarius* (DC : Fr.) S. F. Gray – Груздь, Млечник – Կարբասունկ

22. *Lactarius omphaliformis* Romagn. [6]:460 – Млечник омфалевидный – Կարբասունկ ձագարձան

На почве. Иджеванский дендропарк. VIII. Микор. Редко. Несъедобен.

Класс *Gasteromycetes* – Гастеромицеты – Գաստերոմիցետներ

Порядок *Lycoperdales* – Ликопердаловые – Լիկոպերդալ սնկեր

Семейство *Geastraceae* Cda – Гастральные грибы – Գեաստրայիններ

Род *Geastrum* Pers. – Звездовик, Земляная звезда – Հողաստղ

23. *Geastrum nanum* Pers. [11]:101 – Звездовик карликовый – Հողաստղ զանաբիշ

На подстилке и почве. Сосняк. VII, XI. Гум.с. СНП. Часто. Обильно.

24. *Geastrum rufescens* Pers.: Pers. [11]:113 – Звездовик рыжеватый – Հողաստղ շիկակարմրավուն

На гнилой древесине. Смешанный лес. V. Гум.с. Окр. села Гош. Редко.

Кафедра ботаники

Поступила 29.01.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Вассер С.П. Флора грибов Украины. Агариковые грибы. Киев: Наукова думка, 1980, 328 с.
2. Phillips R. Der grosse Kosmos-naturfuhrer Pilze. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlags GmbH and Co., 1998, 288 р.
3. Самгина Д.И. Флора споровых растений Казахстана. Агариковые грибы. Алма-Ата: Наука, 1985, т. XIII (II), 271 с.
4. Сержанникова Г.И. Шляпочные грибы Белоруссии. Определитель и конспект флоры. Минск: Наука, 1984, 407 с.
5. Нездойминого Э.Л. Определитель грибов России. Семейство Паутинниковые. СПб.: Наука, 1996, 407 с.
6. Moser M. Die Röhlinge und Blätterpilze (Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales). Kryptogamenflora. Stuttgart. New York: Fischer, 1978, Band II b/2, 532 s.
7. Brietenbach J., Kzanzlin F. Pilze der Schweiz. Beitrag zur Kenntnis der Pilzflora der Schweiz. Röhlinge und Blätterpilze. Luzern: Verlag Mykologia, 1991, Band 3 (1), 364 s.
8. Вассер С.П. Флора грибов Украины. Аманитальные грибы. Киев: Наукова думка, 1992, 166 с.
9. Гарикова Л.В., Сидорова И.И. Грибы. Энциклопедия природы России. М.: АБФ, 1997, 352 с.
10. Коваленко А.Е. Определитель грибов СССР. Порядок *Hygrophorales*. Л.: Наука, 1989, 174 с.
11. Сосин П.Е. Определитель гастеромицетов СССР. Л.: Наука, 1973, 163 с.

Ս. Գ. ՆԱԽԱԳՅՈՒՆՅԱՆ, Ա. Լ. ՄԻՐՈԽՆՅԱՆ, Ա. Ա. ԱՄԻՐՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՍԻԿՈԲԻՈՏԱՅԻ ՀԱՍՏԱՐ ՆՈՐ ԱԳԱՐԻԿՈՒԴ ԵՎ
ԳԱՍՏԵՐՈՒԴ ՄՆԿԵՐԻ ՏԵՍԱԿՆԵՐ

Ամփոփում

Ներկայացվում են Հայաստանի տարրեր աշխարհագրական շրջաններում առաջին անգամ գրանցված ազարիկուդ և զաստերուդ բազիդիոմիցետների քսանչորս տեսակ, որոնք պատկանում են *Eumycota* բաժնին, *Basidiomycotina* ենթաբաժնին, *Homobasidiomycetes* և *Gasteromycetes* դասերին, 9 ընտանիքի և 18 ցեղի:

NEW FOR ARMENIAN MYCOBIOTA SPECIES OF AGARICOID AND
GASTEROID FUNGI

Summary

Twenty four species of agaricoid and gasteroid basidiomycetes from different geographical regions of Armenia are recorded for the first time. The list includes the species, which belong to the division *Eumycota*, subdivision *Basidiomycotina*, classes *Homobasidiomycetes* and *Gasteromycetes*, 9 families and 18 genera.

Геология

УДК 552.16

О. П. ГЮМДЖЯН

ПЕТРОГРАФИЯ ГРАНИТИЗИРОВАННЫХ И БАЗИФИЦИРОВАННЫХ
ПОРОД КОНТАКТОВ ГРАНИТОИДНЫХ ИНТРУЗИВОВ
БАРГУШАТСКОГО ХРЕБТА (СЮНИКСКИЙ МАРЗ, АРМЕНИЯ)

В статье приведены петрографическое описание контактово-метасоматически гранитизированных и базифицированных пород, структурно-текстурные особенности редких и малоизвестных в геологической литературе типов пород, форма метасоматических тел, их внутреннее строение и взаимоотношение с вмещающими вулканическими породами базальт-андезитового состава. Доказывается возможность образования пород типа гранитоидов и габброидов по вулканитам андезит-базальтового состава при контактово-метасоматической гранитизации. Приведенные геолого-петрографические данные являются объективной основой для решения вопросов петрогенезиса этих проблематичных пород.

Гранитоидные интрузивы палеогена Баргушатского хребта окаймлены зоной базифицированных пород типа горнблендитов и габбро, а также кварцевых диоритов и гранодиоритов, которые постепенно или резко переходят в контактные роговики и вмещающие вулканиты базальт-андезитового состава. Эти породы характеризуются кристаллобластовыми структурами и атакситовыми текстурами, быстро меняющимися на небольших площадях (рис. 1). Подобными структурно-текстурными признаками характеризуются меланократовые породы плутонического облика, которые образуют боковые контакты и кровлю Сурбкарского штока аplitовидных гранитов, Лернашенского гранитоидного интрузива, известные под названием «Дарабасский метасоматический комплекс» [1, 2]. Сходными структурно-текстурными признаками и взаимоотношением их с вмещающими вулканическими породами характеризуются и основные породы Ковшутского, а также Аревисского массивов, развитые в ущелье р. Салвард. Однако только в контакте Сурбкарского интрузива наблюдается полный последовательный ряд от роговиков, базифицированных пород и других промежуточных типов (габброидов, диоритов, гранодиоритов) до гранитов (рис. 2).

Петрографическое исследование пород контактово-метасоматической гранитизации показывает наиболее полно в миниатюре весь ее процесс, протекающий в глубоких частях земной коры, в зонах регионального метаморфизма амфиболитовой и гранулитовой фаций, а также представляет наиболее достоверные примеры метасоматической гранитизации, которая продолжает считаться некоторыми авторами наименее доказанной [3].



Рис. 1. Участок гранитизированного роговика, пересекающегося апофизой гранита. Кристаллы роговой обманки четко выделяются на фоне гранитизированных роговиков.



Рис. 2. Атакситовая (неоднородная) текстура в лейкократовых гранитоидах в контакте Сурбкарского массива.

В настоящее время известно огромное количество наблюдений по гранитизации в образованиях различных геологических эпох, но это относится к примерам преимущественно региональной гранитизации. Все же редки примеры в геологической литературе относительно гранитизированных пород по терригенным или вулканическим образованиям базальтоидного состава до конечного гранита в обстановке контактового ореола гранитоидных интрузивов альпийского возраста. У нас они вовсе не были известны до начала 60-х годов прошлого века, за исключением материала, приведенного в работах А.И. Адамяна по крупным порфиробластам полевых шпатов в ксенолитах порфировидных гранодиоритов Мегринского plutона [4].

Хотя в контакте гранитоидных интрузивов обычны процессы контактового термального метаморфизма, но редко они сопровождаются гранитизированными породами [5]. В зависимости от интенсивности гранитизации за счет основных вулканитов образуются метасоматические породы, имеющие в предельных случаях состав гранита в бескарбонатной среде или щелочного сиенита в карбонатной среде, как это наблюдается в контакте Сурбкарского интрузива [1, 6]. В присутствии карбонатных пород в контакте основные вулканиты превращаются в святоноситы и меланократовые щелочные сиениты, а гранитоиды эндоконтакта – в породы типа лейкократовых нордмаркитов, пуласкитов (меланитовые щелочные сиениты).

Основные породы кровли и экзоконтактов Лернашенского, Сурбкарского и Ковшутского массивов (различные габброиды, горнблендиты и пироксениты) раньше рассматривались как магматические образования более ранних интрузивных фаз, аналогичные габброидам Сваранцкого массива, или как ассиимилированные породы [7].

В контакте Сурбкарского небольшого гранитного штока развиты типы пород, нигде раньше не встречавшиеся.

Петрография гранитизированных и базифицированных пород. По минеральному составу и структуро-текстурным особенностям в экзоконтакте гранитоидных интрузивов Баргушатского хребта выделяются три генетических типа контактово-метаморфических и метасоматических пород.

1. Роговики пироксеновой и роговообманковой фаций.

2. Базифицированные породы или меланократовые метасоматиты: микрогорнблендиты, микрогаббро, крупно- и грубокристаллические горнблендиты и пироксениты, меланократовые габбро и диориты.

3. Собственно гранитизированные породы или лейкократовые метасоматиты: лейкократовые ортоклазовые габбро, кварцевые диориты, кварцевые рогово обманковые монцониты, адамеллиты, граносиениты, граниты.

В экзоконтакте Сурбкарского гранитного интрузива развиты плагиоклазовые андезиты. Кроме того, вмещающими породами других интрузивов являются роговообманковые и пироксеновые разновидности базальтов и андезитов.

Пироксен-плагиоклазовые роговики сложены микрогранобластовыми зернами клинопироксена и лабрадора, которые часто в виде реликтов отмечаются в роговиках роговообманковой фации, а также в метасоматических пироксенитах, горнблендитах и габбро, которые развиты в ореолах почти всех гранитоидных и габброидных интрузивов палеогена Баргушатского хребта.

Плагиоклаз-роговообманковые роговики, массивные, тонкокристаллические с мозаичной структурой породы, сложены микрогранобластами плагиоклаза и роговой обманки. Роговики, как правило, амфиболизированы и частично гранитизированы. В тонкозернистой массе роговиков выделяются относительно крупные (до 1–2мм) ксенобластовые кристаллы калишпата и кварца. Микрозернистые горнблендиты (интенсивно амфиболизированные роговики, в которых уничтожены мозаичные структуры) состоят из роговой обманки (80–90%), основного плагиоклаза (до 20%) и магнетита (5%). В некоторых образцах содержится также небольшое количество крупных ксенобластов кварца и калишпата.

Меланократовые метасоматиты. Среди амфиболизированных роговиков отмечаются гнездообразные и другие неправильной формы мелкие тела крупно- и грубокристаллических пегматоидных горнблендитов и габброидов (рис. 3), которые сложены из роговой обманки (60–70%) и основного плагиоклаза (30–40%), небольшого количества магнетита, апатита и сфена. Длина кристаллов амфибала колеблется от 0,1–0,2мм до 2–3см, а иногда достигает 5–7см. Структуры диабластовые, гранобластовые.

В промежутках идиобластовых кристаллов амфибола нередко сохранились реликты микрозернистых роговиков с мозаичной структурой. Полисинтети-



Рис. 3. Метабластически развивающаяся роговая обманка и полевые шпаты образуют нередко ограниченные скопления и пятна крупных кристаллов. Лейкократовый метагаббро — гнездообразные скопления, метагорнблендинт — жилообразные скопления. Сурбкарский массив.

ского и Аревисского интрузивов. Горнблендинты отмечаются также в контакте габброидов Сваранцкого и монцонитоидов Арамаздского интрузивных массивов.

Пироксениты (метапироксениты) почти мономинеральные, крупно- и грубокристаллические породы. Гранобластовые кристаллы пироксена являются результатом собирательной перекристаллизации роговиков пироксеновой фации. Между крупными кристаллами пироксена сохранились реликты роговиков (рис. 4). Местами кристаллы пироксена по краям замещаются зеленой роговой обманкой. Минеральный состав пироксенитов: клинопироксен — 88%, роговая обманка — 2%, магнетит — 7%, эпидот — 3% и редкие чешуйки хлорита. Структуры гранобластовые, гетеробластовые, в некоторых участках — идиобластовые. В амфиболизированных пироксенитах содержание роговой обманки достигает

ческие таблитчатые кристаллы пла-гиоклаза окружены тонкой каймой олигоклаз-андезина. Состав ядра колеблется от 43 до 92% ан. Переход от ядра к внешней кайме резкий. Отмечаются также концентрически-зональные кристаллы пла-гиоклаза с постепенными переходами. Некоторые горнблендинты содержат кварц, микро- и криптопериттовый калишпат (от единичных зерен до 20%), которые наполняют промежутки идиобластов роговой обманки.

Горнблендинты развиты в ореоле и надинтрузивной зоне Лернашенского массива, в пределах Дарабасского метасоматического комплекса совместно с метагаббро, в приконтактовых частях Сурбкар-

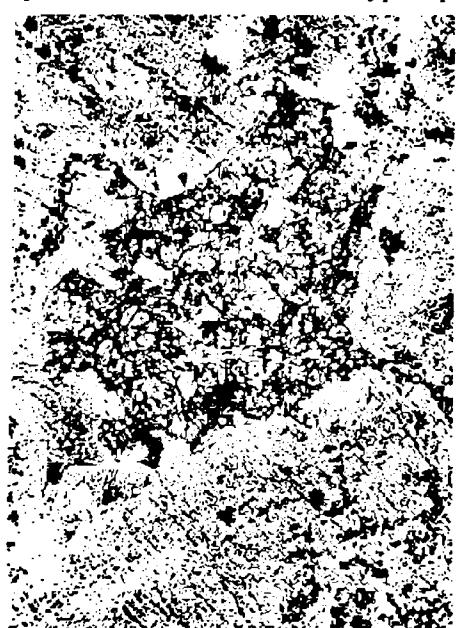


Рис. 4. Реликты роговиков с мозаичной структурой между идиобластовыми кристаллами роговой обманки из метагаббро Дарабасского метасоматического комплекса.

22%, клинопироксен составляет 58%, магнетит – 4%, пирит – 1%, а также плагиоклаз – 16%. Пироксениты характерны для экзоконтактов Сваранцкого и Арамаздского массивов, встречаются также в контакте Лернашенского гранитоидного интрузива (в ущелье р. Мроц, около с. Лернашен), а также в виде реликтов вблизи контактной линии Сурбкарского штока гранитов.

Амфиболовые габбро (метагаббро) и диориты (метадиориты) – двухминеральные меланократовые, связанные с роговиками и горнблендитами метасоматическими переходами. Эти породы почти всегда в различной степени гранитизированы. Минеральный состав амфиболовых габбро: лабрадор – 54,2%, амфибол – 29,0%, клинопироксен – 5,3%, калишпат – 8,2%, кварц – 1,0%, апатит – 1,1%, магнетит – 1,0% и сфен – 0,2%. Это меланократовые породы с устойчивыми структурами и текстурами на сравнительно больших площадях (квадратные километры). Метагаббро широко распространены в Дарабасском комплексе, а метадиориты больше всего характерны для контактов и ксенолитов Ковшутского кварц-диоритового массива. Структуры гетеробластовые, диабластовые, пойкилобластовые, порфиробластовые, гломеробластовые и бластогабровые. В этих породах отмечаются габбройды с оригинальными структурами, похожими на клинописные надписи (клинописная или бластоклинописная структура). Фрагменты роговой обманки треугольной формы различной длины и ширины расположены в промежутках идиобластовых зерен плагиоклаза, причем несколько сростков (6–8) роговой обманки треугольной формы имеют одинаковую оптическую ориентировку. Характерно, что эта структура наследуется от пироксеновых габбро (нормальных метагаббро), т. е. от перекристаллизованных пироксен-плагиоклазовых роговиков. Плагиоклаз представлен гетеробластовыми, идиобластовыми или ксенобластовыми полисинтетическими кристаллами, которые окаймлены тонкой каймой олигоклаза или олигоклаз-андезина. Состав плагиоклазов: 48–88% ан – Дарабасский комплекс, 50–95% ан – Сурбкарский массив и 55–92% ан – Ковшутский массив. Ксенобласти кварца и калишпата занимают промежутки кристаллов роговой обманки и плагиоклаза. Присутствие калишпата и кварца свидетельствует о частичной гранитизации. В промежутках кристаллов роговой обманки нередко видны реликты пироксеновых роговиков с мозаичной структурой.

Большинство ксенолитов вмещающих вулканических пород, встречающихся в интрузивах Баргушатского хребта, гранитизированы и имеют минеральный состав диоритов или кварцевых диоритов. Это светло- или темно-серые мелкозернистые массивные, равномерно-зернистые породы нередко с порфиробластами плагиоклаза и калишпата. Ксенолиты с порфиробластами калишпата особенно характерны для порфировидных гранитов и гранодиоритов Казанличского и Шенатагского массивов.

Минеральный состав диорита (метадиорита), развитого на контакте Сурбкарского интрузива, следующий: андезин-лабрадор – 52,6%, калишпат – 10,2%, роговая обманка – 21,0%, клинопироксен – 8,1%, кварц – 6,0%, магнетит – 1,4%, сфен – 0,6% и апатит – 0,1%. Структуры

гетеробластовые, гранобластовые, в некоторых участках также панидиобластовые и диабластовые. Полисинтетические двойники плагиоклаза (40–46% ан) окружены узкой олигоклаз-андезиновой (24–33% ан) каймой. Реликтовый пироксен находится в реакционном взаимодействии с кристаллами роговой обманки. Крипто- и микроперитовые зерна калишпата и ксеноморфные зерна кварца заполняют промежутки плагиоклазов. Аксессорные минералы рассеяны внутри или вокруг призматических кристаллов роговой обманки. Содержание плагиоклаза в диоритах Дарабасского комплекса – 71,6% (38–54% ан), роговой обманки – 17,8%, калишпата – 4,4%, кварца – 5,7%, магнетита, сфена и апатита – 0,5%.

Лейкократовые метасоматиты. Лейкократовые метасоматические габбро, диориты, кварцевые диориты, кварцевые роговообманковые монцониты, адамеллиты, граносиениты и граниты светлых, светло-серых цветов с розоватым оттенком, крупно- и грубокристаллическим строением выделяются на фоне меланократовых габбро и амфиболизированных роговиков (рис. 5).

Эти в большинстве своем неравномерно-зернистые породы с атакситовыми структурами состоят из плагиоклазов, калишпата-микроперитита, кварца и роговой обманки. На контакте Сурбкарского массива в пределах небольшого тела лейкократового метасоматита размером (см) 15 × 40, можно установить почти все типы названных пород. Различные петрографические типы отличаются количественными соотношениями пордообразующих минералов. По существу в пределах одной метасоматической зоны устойчив парагенезис четырех минералов – плагиоклаза, калишпата, кварца и роговой обманки. Все типы пород лейкократовых метасоматитов имеют общий контакт с амфиболизированными роговиками и микродиоритами.

Кварцевый роговообманковый монцонит (метамонцонит) состоит из плагиоклаза – 26%, калишпата – 25%, роговой обманки – 28%, кварца – 14%, магнетита – 5%, апатита и сфена – 1%. Здесь содержание кварца значительно ниже, чем в

Рис. 5. Фрагментарная гранитизация (лейкократовые участки) амфиболизированных роговиков в контакте Сурбкарского интрузива.

монцогранитах, а калишпата – выше, чем в диоритах. Высокое отношение калишпата к полевым шпатам ($K=0,49$)* и низкое содержание кварца позволяют отнести породы такого состава к монцонитоидам. Идиобласти роговой обманки и плагиоклаза окружены ксенобластовыми зернами калишпата и кварца. Для плагиоклаза характерны полисинтетические и

* $K = K_{\text{ш}} / (K_{\text{ш}} + \text{Пл})$.

зональные кристаллы. Размеры удлиненных призматических кристаллов роговой обманки колеблются от долей миллиметра до 3–4 см. Расположены они беспорядочно. Часть относительно мелких кристаллов амфибала и плагиоклаза в виде включений находится внутри относительно крупных кристаллов калишпата и кварца.

Состав гранодиорита (метагранодиорита): калишпат-микроперит – 39%, плагиоклаз – 29%, кварц – 21%, роговая обманка – 8%, магнетит – 2%, сфен – 1%. Структуры гетеробластовые, пойкилобластовые, местами гранобластовые. Плагиоклаз представлен таблитчатыми полисинтетическими и зональными кристаллами. В центральной части переходы между зонами постепенные, а граница внешней зоны резкая. Плагиоклаз и роговая обманка образуют идиобластовые, а калишпат и кварц – ксенобластовые кристаллы. Метагранодиориты отличаются небольшими гнездообразными телами внутри амфиболизированных роговиков.

На юго-западном экзоконтакте Сурбкарского штока развиты также среднезернистые, равномерно-зернистые, светло-серые породы гранодиоритового состава с устойчивыми текстурами на относительно больших площадях (десятки квадратных метров). Минеральный состав данных метагранодиоритов: плагиоклаз андезинового состава – 22%, роговая обманка – 32%, кварц – 12%, калишпат – 24%, магнетит – 3%, сфен – 0,6%, апатит – 0,4%. Структура пойкилобластовая. Роговая обманка представлена короткими и удлиненными кристаллами. Калишпат имеет неправильные контуры, содержит обычно пойкилитовые включения плагиоклаза и роговой обманки. Кварц ксенобластовый. С увеличением содержания калишпата гранодиориты переходят в кварцевые роговообманковые монцониты. По соотношению между калишпатом и полевыми шпатами ($K=0,55$) эти породы следовало бы отнести к монцогранитам или гранитам, в которых данный коэффициент колеблется от 0,35 до 0,65. Однако низкое содержание кварца (10%) и высокое – роговой обманки (25%) позволяют отнести их к породам монцонитоидного ряда, а именно, в отличие от нормальных пироксеновых монцонитов, к кварцевым роговообманковым монцонитам: калишпат – 34%, плагиоклаз – 27%, роговая обманка – 25%, кварц – 10%, магнетит – 3%, сфен – 0,8% и апатит – 0,2%. Макроскопические гранодиориты и кварцевые роговообманковые монцониты друг от друга не отличаются, пересекаются они с апофизами аплитовидных гранитов Сурбкарского интрузива. Состав гранитов: олигоклаз-андезин – 36%, калишпат – 30%, кварц – 26%, роговая обманка – 6%, магнетит – 1,5%, сфен – 0,4% и апатит – 0,1%. Плагиоклаз представлен короткими и длинноватыми таблитчатыми концентрически-зональными или незональными полисинтетическими кристаллами. Ксеноморфные зерна калишпата и кварца расположены в промежутках между относительно идиоморфными кристаллами плагиоклаза. Структуры гипидиоморфнозернистые, местами аллотриоморфнозернистые, аплитовые.

В монцогранитах (метамонцогранитах или метаадамеллитах) калишпата (32%) значительно больше плагиоклаза (25%), а кварца в них намного

выше (27%), чем в метагранодиоритах. Содержание роговой обманки – 13%, магнетита – 1,5% и сфена – 0,5%. Главным темноцветным минералом в отличие от адамеллитов является роговая обманка. Согласно новой классификационной схеме, принятой в МГК в Монреале (1972 г.), породы такого состава следует отнести к гранитам, но содержание кварца в метамонцогранитах значительно ниже, чем в настоящих гранитах. Структуры гетеробластовые, пойкилобластовые. Относительно крупные кристаллы кварца и калишпата в обилии содержат включения роговой обманки и плагиоклаза. Между идиобластами роговой обманки и плагиоклаза расположены ксенобластовые зерна калишпата и кварца.

Вокруг некоторых кристаллов плагиоклаза видны тонкие каймы альбита и альбит-олигоклаза. С увеличением содержания калишпата монцограниты переходят в граниты и граносиениты.

Граниты (метаграниты), по минеральному составу близкие к монцогранитам, отличаются относительно высоким содержанием калишпата (41%) и низким – плагиоклаза (21%). Содержание кварца (29%) не очень высокое, роговой обманки – 7%, сфена, магнетита и апатита – 2%. Структуры гетеробластовые, пойкилобластовые. Метаграниты являются конечным продуктом гранитизации роговиков и горнбледитов. Кристаллы плагиоклаза полисинтетические, таблитчатые, имеются также кристаллы с зональным строением (всего две зоны, ядро с составом андезина 35–37% ан и альбит-олигоклазовой каймой 12–15% ан). Ксенобластовые зерна плагиоклаза находятся в реакционном соотношении с калишпатом. Последний тонкоперититовый с пойкилитовыми включениями плагиоклаза и амфибола. Часть кристаллов плагиоклаза окружена тонкими калишпатовыми каймами. Амфиболы представлены сравнительно крупными тонкостолбчатыми и игольчатыми кристаллами. Ксенобластовые зерна кварца и калишпата расположены в промежутках идиобластовых кристаллов роговой обманки и плагиоклаза.

Среди метамонцогранитов выделяются более крупнокристаллические породы, соответствующие метагранитам повышенной щелочности. В них содержание ортоклаза (51%) в три раза больше, чем плагиоклаза (17%), остальное составляют кварц (25%), роговая обманка (6%), сфен и апатит (1%). Структуры гетеробластовые и пойкилобластовые. Хотя щелочные темноцветные минералы отсутствуют в данной породе, высокое содержание калишпата ($K=0,75$) позволяет отнести их к гранитам повышенной щелочности или граносиенитам.

Небольшое гнездообразное тело ($20 \times 30\text{ см}^2$) лейкократовых метасоматитов внутри амфиболизированных роговиков состоит из лейкократовых габбро и адамеллитов. Контакт между ними резкий. Линейно-резкие контакты обычно характерны и для метасоматитов различных зон. В ореоле Сурбкарского интрузива нередко встречаются метасоматические дайки и дайкообразные тела внутри амфиболизированных роговиков, которые по простирианию кончаются тупо или клинообразно. Состав метагаббро (ортоклазовое роговообманковое метагаббро): лабрадор – 69%,

роговая обманка – 16%, ортоклаз – 14%, кварц – 4%, биотит – 2%, магнетит – 2,5%, сфен – 1%, апатит – 0,5% и кальцит – 1%. Состав метагранита: ортоклаз – 36%, олигоклаз – 20%, кварц – 27%, роговая обманка – 14%, магнетит – 2%, апатит и сфен – 1%. Характерные структуры – метасоматические аналоги гранитовой и монционитовой структур.

Форма, строение тел метасоматитов и их взаимоотношение с вмещающими породами. С контактовыми роговиками тесно сопряжены многочисленные небольшие тела беловатых, лейкократовых метасоматитов габброидного и гранитоидного состава изометричной, линзообразной формы, имеющие прихотливые очертания, размеры которых варьируют от нескольких до десятка сантиметров в поперечнике, а также дайкообразной и жилообразной формы. Они имеют средне- и крупнозернистое и грубозернистое сложение и состоят из роговой обманки, плагиоклаза, калишпата и кварца. От роговиков отличаются грубокристаллической текстурой, наличием калишпата и кварца. Контакты метасоматитов габброидного и гранитоидного состава, а также горнблендитов и пироксенитов с роговиками обычно резкие, но часто расплывчатые, метасоматические. Развиты исключительно в роговиках или амфиболизированных роговиках. Резкие, линейные границы необязательно наследуются от исходных пород, здесь они являются новообразованными в результате метасоматического замещения. Лейкократовые метасоматиты чаще всего имеют резкие границы, нежели постепенные.

Лейкократовые метасоматиты габброидного и гранитоидного состава развиваются внутри меланократовых габброидов, горнблендитов или роговиков. Их формирование начинается с блочно- пятнистого замещения роговиков, и при повышении интенсивности процесса и плотности метасоматитов происходит сплошное замещение. Так происходит фронтальное замещение роговиков горнблендитами, пироксенитами и лейкократовыми метасоматитами – метагранодиоритами и метагранитами.

Метасоматиты рассеяны внутри контактовых роговиков и представлены различным набором петрографических типов. Это метасоматические тела – от мономинеральных пироксенитов и горнблендитов до пород из полевых шпатов, кварца и роговой обманки. Метасоматические жилы и дайки распространены намного меньше, чем неправильные или гнездообразные тела, но они не являются очень редкими в экзоконтакте Сурбкарского и Лернашенского интрузивов.

Размеры меланократовых, метасоматических тел, в отличие от лейкократовых, варьируют от нескольких сантиметров в поперечнике до очень крупных тел на площади в тысячи и десятки тысяч квадратных метров. Метагабброиды и горнблендиты занимают значительные площади в кровле Лернашенского массива в виде близкорасположенных метасоматических тел внутри роговиков и амфиболизированных роговиков. Общая площадь Дарабасского метасоматического комплекса составляет 22 кв. км. Минеральный состав и структурный рисунок габброидов, в отличие от лейкократовых метасоматитов, довольно устойчивы, однородны на относительно больших площадях.

Так, минеральный состав внутри одного лейкократового метасоматического тела небольшого размера единый – это плагиоклаз, калишпат, кварц, роговая обманка, но вариации количественных соотношений минералов и структурно-текстурные признаки обуславливают наличие различных петрографических типов пород – кварцевых метадиоритов, метагранодиоритов и метагранитов.

Роговики и меланократовые метасоматиты также сходны по минеральному составу (пироксен+плагиоклаз, роговая обманка+плагиоклаз), но отличаются структурно-текстурными признаками и обликом пород. Структуры роговиков микрозернистые, микрогранобластовые, мозаичные, а пироксенитов, горнблендитов и меланократовых метагаббро – крупно- и грубокристаллические, идио- и гипидиобластовые, бластоклинописные и гетеробластовые. Лейкократовые метасоматиты отличаются от меланократовых присутствием калишпата и кварца и относительно высоким содержанием плагиоклаза. Это также средне-, крупно- и грубокристаллические породы с гетеро- и гранобластовыми, бластогранитовыми гипидиобластовыми, а также графическими структурами в промежутках между темно-цветными минералами и плагиоклазами.

Основными предпосылками петрогенезиса являются геологические условия формирования пород, в данном случае – взаимоотношение их с интрузивным массивом и вмещающими, kontaktовыми породами, а также петрографические и в особенности структурно-текстурные признаки новообразованных пород.

Приведенные данные по петрографии, структурно-текстурным особенностям и геологическим условиям формирования экзоконтактовых пород (горнблендит–метагаббро–метагранитного ряда) свидетельствуют об их метасоматическом происхождении, об интенсивном проявлении процессов базификации гранитизации магматической стадии метасоматизма в kontaktовых ореолах палеогеновых гранитоидных интрузивов Баргушатского хребта.

Кафедра минералогии и петрографии

Поступила 17.04.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Гюмджян О.П. – Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1967, т. 20, № 4, с. 54–68.
2. Гюмджян О.П. – Там же, 1973, т. 26, № 1, с. 52–65.
3. Менерт К. Новое о проблеме гранитов. М.: ИЛ, 1963, 152 с.
4. Адамян А.И. – Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1949, т. 2, № 1, с. 61–69.
5. Cozzupoli D., Caeta M., Mastrobattista P., Negretti G. – Miner. et petrogr. acta. 1997, № 40, р. 27–44.
6. Гюмджян О.П. – Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1976, т. 29, № 2, с. 14–25.
7. Татевосян Т.Ш. В кн.: Геология Армянской ССР. Еր.: Изд-во АН Арм. ССР, 1966, т. 3, с. 144–213.

ԲԱՐԳՈՒՇԱՏԻ ԼԵՌՆԱՇՎԹԱՅԻ ԳՐԱՆԻՏՈՒԴԱՅԻՆ ԻՆՏՐՈՒԶԻՎ-
ՆԵՐԻ ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ԳՐԱՆԻՏԱՑՎԱԾ ԵՎ ԲԱԶԻՖԻԿԱՑՎԱԾ
ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՊԵՏՐՈԳՐԱՖԻԱՆ (ՍՅՈՒՆԻՔԻ ՄԱՐԶ, ՀԱՅԱՍՏԱՆ)

Ամփոփում

Հողվածում տրվում են Բարգուշատի լեռնաշղթայի տարածքի կոնտակտային-մետասոմատիկ գրանիտացված և բազիֆիկացված ապարների պետրոգրաֆիական նկարագրությունը, այս հազվագյուտ և երկրաբանական գրականության մեջ քիչ հայտնի ապարների ստրոկոտուրային-տեքստուրային առանձնահատկությունները, մետասոմատիկ մարմինների ձևը, ներքին կառուցվածքը և փոխհարաբերությունը ներփակող ապարների հետ, ինչը միակ առարկայական հիմքն է հիշյալ ապարների ծագումնաբանական խնդիրների լուծման համար:

H.P. GHUYUMJYAN

PETROGRAPHY OF GRANITIZED AND BASIFICATED ROCKS OF GRANITOIDS' CONTACTS OF BARGUSHAT MOUNTAIN RANGE (SYUNIK REGION, ARMENIA)

Summary

It is stated in the article the petrographic description of contact-metasomatic granitized and basified rocks, structural-textural peculiarities of rare and little known types of rocks in the geological literature, form of metasomatic bodies, their internal structure and correlation with enclosing volcanic rocks of basalt-andesite composition. It is proved that the opportunity of formation of ores like granite and gabbro by the volcanic rocks of andesite-basalt composition by the contact-metasomatic granitization is possible. The described geological-petrographic data are the only objective basis for decision of petrogenesis problems of these problematic rocks.

Геология

УДК 550.343.3

М. А. АВАНЕСЯН

О ПРИРОДЕ МОЛОДЫХ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ
ЕГВАРДСКОГО ПЛАТО

Исследованы разрывные нарушения в пределах Егвардского плато, секущие верхнеплиоцен-верхнечетвертичные образования. Приводятся их описание и характер взаимоотношения с вмещающими породами. Рассматривается их положение в общей структуре Среднеараксинского прогиба. Делается вывод о вулканотектоническом характере вышеизложенных нарушений, а также сопоставление с некоторыми разрывными нарушениями подобного типа ближайшего обрамления. Даётся оценка их сейсмической опасности.

Введение. Егвардское вулканическое плато располагается к югу от вулкана Араилер между бассейнами среднего течения рек Раздан и Касах, а с западо-северо-запада непосредственно примыкает к окраинам г. Еревана. Плато сложено верхнеплиоцен-верхнечетвертичными вулканитами: долеритовыми базальтами, андезито-базальтами, андезитами и их туфами и туфобрекчиями – продуктами вулканов Араилер, Арагац и Гегамского нагорья. В центральной части плато выделяется ряд шлаковых конусов: Тагаворанист, Арапат и другие безымянные высоты. Широкое развитие имеют четвертичные озерно-речные и делювиально-пролювиальные песчано-глинистые и валуно-галечные отложения. В шлаковых конусах, а также в озерно-речных отложениях выделяется система молодых разрывных нарушений, изучение и выяснение характера которых имеет важное значение в оценке их потенциальной сейсмической опасности для Приереванского региона.

Для выяснения времени формирования молодых разрывов и определения их характера важное значение имеет возраст вмещающих пород. К сожалению, у исследователей [1–11] данного региона нет в этом отношении единого мнения, и этот вопрос, на наш взгляд, до настоящего времени остается проблематичным.

Обсуждение результатов. По А. Т. Асланяну [1], в основании разреза молодых образований Егвардского плато залегают долеритовые и подчиненные им туфобрекчии верхнего плиоцена. Выше выделяются потоки андезито-базальтовых лав, запрудившие устье ущелья, которое протягивалось от района г. Егварда до р. Касах. В результате

образовалось небольшое запрудное озеро, которое заполнилось песчано-галечными и глинистыми отложениями. Возраст андезито-базальтов оценивается [1] как раннесреднечетвертичный, а озерно-речных отложений – среднечетвертичный. Выше, согласно данным того же автора, залегают туфы Егвардского плато, большинство которых имеет верхнечетвертичный возраст.

В ряде публикаций В. М. Амаряна [2] показано, что Егвардское плато в основании сложено андезитами, андезито-базальтами, в том числе и долеритовыми, а также их пирокластами, объединенными в так называемую вохчабердскую свиту, относимую им же к нижнему плиоцену, а другими исследователями [3] – к верхнему плиоцену. Эти породы, согласно геологической карте масштаба 1:50000 [2], развиты на южных склонах г. Араилер, а также в ущелье р. Касах. Над ними выделяется вулканогенная арагацская свита (поток) верхнеплиоценового возраста, которая состоит из двух подсвит (пачек): нижней, сложенной андезито-базальтами и их туфобрекчиями (местами с туфами), галечниками и песчаниками в основании, и верхней – представленной андезитами. Описанные породы, согласно отмеченной карте, имеют наибольшее распространение на исследованной площади. Выше залегают туфы ереван-ленинаканского типа, развитые в районе горы Нохутблур и в восточной части плато и относимые к среднечетвертичному возрасту. Согласно данным [2], центральное место на описываемой территории занимают верхнечетвертичные озерно-речные, валуно-галечные и песчано-глинистые отложения, имеющие широкое развитие. Стратиграфически выше них выделяются андезито-базальты так называемого аштаракского потока, которые развиты, главным образом, по обеим бортам ущелья р. Касах у с. Карби, залегают на туфах среднечетвертичного возраста и относятся к верхнечетвертичному возрасту.

По мнению К. Н. Паффенгольца и др. [4], Егвардское плато в низах сложено толщей базальтов и андезито-базальтов арагацского разреза третичного (олигоцен) возраста, являющейся общим пьедесталом, которым массив горы Араилер связан с Арагацким щитом. Выше, по тому же источнику, залегают четвертичные туфы ереван-ленинаканского типа, перекрывающиеся лавами аштаракского потока, и озерно-речные отложения района г. Егвард, которые относятся к средне- и верхнечетвертичному возрасту.

Из данных фондовых материалов Э. Х. Харазяна и Ю. В. Саядяна, отраженных на детальной геологической карте г. Еревана и прилегающих территорий, следует, что в основании вулканогенного разреза Егвардского плато залегают долеритовые базальты верхнего плиоцена, перекрывающие в ущелье р. Раздан песчано-глинистую толщу сарматы. Выше выделяются базальты, андезито-базальты арагацкого покрова верхнеплиоцен- и нижнечетвертичного возраста и среднечетвертичные игнимбритовые туфы ереванского типа.

Особое место в геологическом строении Егвардского плато занимают “кызылы”, т. е. шлаковые вулканические аппараты числом более пяти – такие, как Тагаворанист и др. По данным [1], они лишены собственных лавовых потоков и являются центрами извержения туфов

Егвардского плато, следовательно, имеют верхнечетвертичный возраст, а по [2] – являются центрами излияния верхнеплиоценовых андезито-базальтовых лав. Согласно [4], г. Арагац и прилегающие районы представляют собой вулканические центры излияния лав и туфов, рассеянных по всему щиту и приурочены, несомненно, к дизъюнктивным дислокациям различного масштаба.

Анализируя приведенный противоречивый материал по геологическому строению Егвардского плато, а также общегеологические данные по новейшему вулканизму Армении, можно предварительно получить следующее представление.

В основании вулканогенного разреза Егвардского плато залегают долеритовые базальты верхнего плиоцена, которые, вероятно, несогласно прилегают к вулканогенно-обломочной толще, слагающей нижнюю часть разреза вулкана Араилер. Выше располагаются базальты и андезито-базальты арагацского потока, возраст которого оценивается от верхнеплиоцен-нижнечетвертичного [2] до раннесреднечетвертичного [1]. На них налегает толща игнимбритовых туфов ереванского типа среднечетвертичного возраста [2, 4], а поздние потоки андезито-базальтовых лав, подчиненные этой толще, образовали небольшое запрудное озеро, в котором в средневерхнечетвертичное время [1, 2, 4] произошло накопление песчано-глинистых и валуно-галечных отложений. Наиболее молодыми являются лавы андезито-базальтого состава, так называемого аштаракского потока, возраст которого оценивается как постстрисский [4] или же верхнечетвертичный [2].

В связи со строительством Егвардского водохранилища в исследуемом районе были начаты разработки шлаковых и песчано-гравийных карьеров. В бортах последних хорошо обнажаются заслуживающие, на наш взгляд, внимания некоторые факты по геологическому строению Егвардского плато, не отраженные в работах упомянутых исследователей. Хорошо прослеживаются строение некоторых шлаковых конусов, в частности горы Тагаворанист, характер взаимоотношения вулканитов и озерно-речных отложений, изменение фациального состава последних по простирианию, а также ряд разрывных нарушений, секущих как осадочные, так и вулканогенные породы.

Шлаковый конус г. Тагаворанист имеет следующее строение (рис. 1). В основании карьера, врезанного в СВ часть горы, обнажаются желтые и желто-бурые пемзы и пемзовые пески. На них с закаленным контактом мощностью до 0.3 м залегает пачка красно-бурых, ошлакованных, плотных базальтов мощностью до 2.5 м. Базальты по простирианию в восточном направлении, несколько уменьшившись в мощности, выходят на поверхность. Большая часть карьера сложена красно-бурыми, бурыми шлаками андезито-базальтого состава, переходящими вверх и к краям вулканического конуса в серовато-черные шлаки и пемзовые пески. Видна слабовыраженная слоистость пород, которая в ЮВ части склона имеет азимуты падения 160–180°, а в СЗ части – 330–340° с углами падения 30–35°, причем к центру наклон слоев более крутой – до 40–45°. Вершина г. Тагаворанист представлена крупно-глыбовыми, плотными, массивными слабопористыми андезито-

базальтами мощностью до 5 м. На поверхности вулканитов под почвенным слоем развита корка измененных белесоватых пород мощностью от 0.1 до 0.5 м.



Рис. 1. Шлаковый конус г. Тагаворанист.

Шлаковые образования г. Тагаворанист секутся серией разноориентированных слабоамплитудных (до 1 м) разрывов и трещин. По данным более 20 замеров, выделяется система нарушений с азимутами падения 140–220° углами падения от 30° до 75° и азимутами 320–350° с углами падения 60–75°.

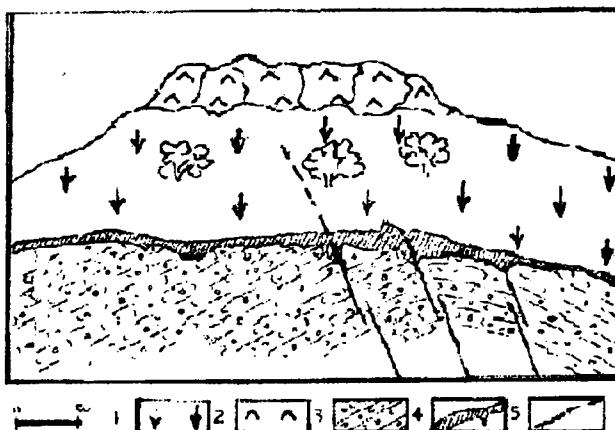


Рис. 2. Зарисовка СЗ склона г. Тагаворанист: 1) склоновые отложения, 2) глыбовые андезито-базальты, 3) шлаки андезито-базальтового состава, 4) корка измененных белесоватых пород, 5) разрывные нарушения.

К северо-востоку от г. Тагаворанист выделяется небольшой паразитический шлаковый конус, сложенный серо-бурыми шлаками, которые также секутся разрывными нарушениями с азимутами падения 120–140° и 310–330° с углами падения 50–75° (по 8-и замерам) (рис. 2).

Исследования показывают, что в отмеченных вулканических аппаратах основное место занимают шлаки, пемзовые пески, пемзы, а лавовые потоки играют очень ограниченную роль.

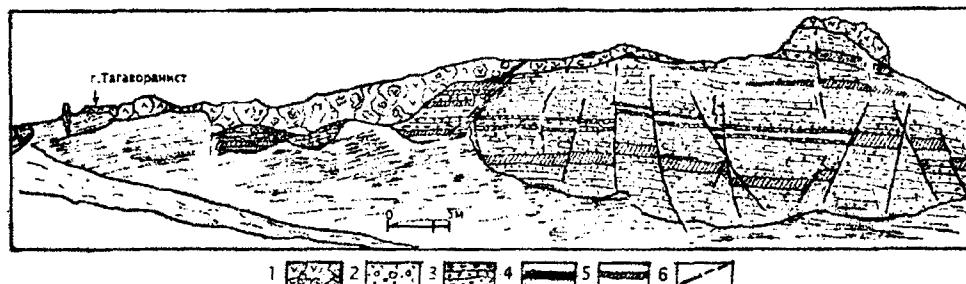


Рис. 3. Зарисовка выхода озерно-речных отложений в 1 км на СЗ от г. Тагаворанист: 1) комковатые, глыбовые андезито-базальты, 2) диатомитовые песчаники, 3) пески, гравелиты, 4) серые глины, 5) зона закалки, 6) разрывные нарушения.

В карьере, находящемся на расстоянии 1 км к северо-западу от г. Тагаворанист (по дороге), обнажаются озерно-речные отложения, представленные переслаивающимися песками, глинами, гравелитами. В верху разреза отмечается прослой диатомитовых песков мощностью до одного метра. В этом обнажении хорошо видно, как на неровной эрозионной, сильно расчлененной поверхности песчано-глинистых отложений залегают миндалекаменные андезито-базальты серого и черного цвета, сходные с теми, что обнажаются на вершине г. Тагаворанист и вокруг него (рис. 3).

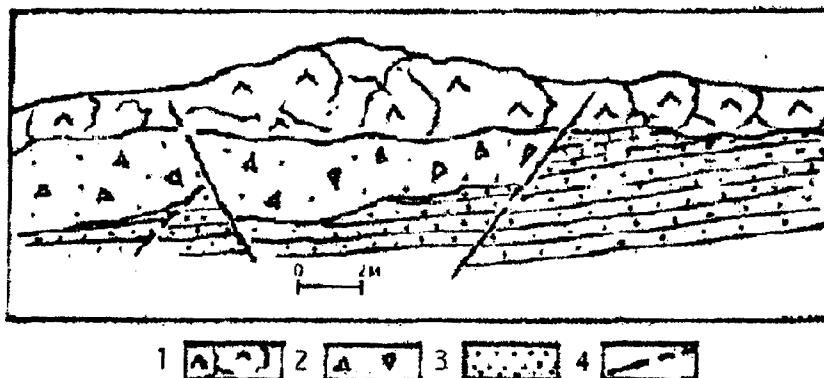


Рис. 4. Зарисовка обнажения СЗ Егвардской плотины: 1) комковатые, глыбовые лавы, 2) делювий, 3) песчаники и гравелиты, 4) разрывные нарушения.

В центре карьера (в его верхней части) контакт вулканогенных и осадочных пород сложный и неоднозначный. С одной стороны, он резкий по разрыву (азимут падения 200° , угол падения 60°), горизонтально залегающие слои осадочных пород резко причленяются к контакту с андезито-базальтами. С другой стороны, в контактной зоне отмечаются сильнообожженные, красноватые туфогенные породы, свидетель-

ствующие о том, что поток лав излился на поверхность осадочных пород, причем в подошве лав наблюдаются окатанные обломки более древних пород (дациты, андезито-дациты и пр.). Песчано-глинистые отложения, а местами и верхние лавы секутся целым рядом (более 10) разрывных нарушений с амплитудой вертикального смещения от нескольких сантиметров до 3 метров. Азимуты падений разрывов колеблются между 110 – 200° ЮВ–ЮЗ и 280 – 330° на СВ, углы падения – 60 – 80° . Фациальный состав озерно-речных отложений меняется в направлении на СЗ–С. Так, в выемке (в основании) северо-западнее от строящейся Егвардской плотины обнажаются почти горизонтально залегающие (азимут падения 180° , угол падения 3°) несцементированные пески и гравелиты мощностью 3 м. Над ними залегает грубообломочный делювий, состоящий из обломков вулканогенных пород. Завершают разрез комковатые, глыбовые андезито-базальты. Здесь также отмечаются разрывные нарушения с азимутами падения 160° , углом падения 60° и 330 – 340° , углами падения 50 – 60° (рис. 4). В направлении на север озерно-речные отложения представлены более грубыми фациями: валуно-галечниками и гравелитами.

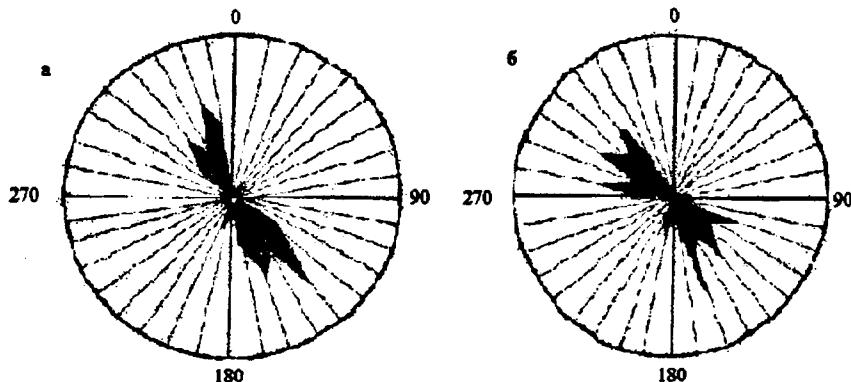


Рис. 5. Розы диаграммы азимутов падения разрывов: а) в вулканитах, б) в песчано-глинистых отложениях.

Интересно отметить, что в обнажениях к северу от плотины в озерно-речных отложениях разрывные нарушения не отмечаются. Они главным образом развиты в пределах шлаковых конусов и их обрамлений, причем структурный план молодых разрывных нарушений как в вулканитах, так и во вмещающих песчано-глинистых отложениях одинаков (рис. 5).

Заключение. Анализируя и обобщая приведенные выше наблюдения, а также литературные и фондовые данные по геологии Егвардского плато и региона в целом, можно прийти к следующему заключению.

В структурном плане Егвардское плато располагается в зоне сочленения Южно-арагацкого и Ереванского неотектонических прогибов [3], а согласно О.А. Саркисяну и Г.П. Симоняну [5], оно представляет

собой позднеорогенное (неоген-четвертичное) слабовыраженное в рельефе поднятие.

По некоторым геофизическим данным из фондовых материалов, в частности карты наблюдаемого гравитационного поля масштаба 1:200000, составленной Л.К. Татевосян, А.Г. Мартиросян и др., изученная площадь попадает в зону высоких горизонтальных градиентов, протягивающуюся вдоль южных склонов г. Арагац – от пос. Талин на ЮВ в район с. Гарни и далее до Айодзорского (Селимского) перевала. Вероятная геологическая природа этой аномалии нам представляется как зона погребенного регионального разлома, который является северной границей Среднеараксинского грабен-синклиниория [6].

Шлаковые конусы гор Тагаворанист, Арапат и др. – наиболее молодые структурные единицы Егвардского плато. Основными продуктами их извержения являются пемзы, шлаки, шлаковые и пемзовые пески. Лавы очень маломощны, играют незначительную роль в продуктах извержения и занимают небольшое пространство вокруг конусов. Следовательно, ни мощные потоки лав [2], ни покровы туфов [1] не могли быть результатом деятельности “кызылов” на Егвардском плато. С учетом того факта, что последние потоки лав резко трансгрессивно залегают на озерно-речных отложениях, возраст которых оценивается как средне- и верхнечетвертичный [1, 2, 4], возраст шлаковых конусов можно оценить как минимум верхнечетвертичный и, возможно, послеверхнечетвертичный.

Изученные разрывные нарушения являются очень молодыми и имеют, скорее всего, послеверхнечетвертичный возраст. Структурный план разрывных нарушений как в вулканитах, так и в песчано-глинистых отложениях одинаков, и они практически развиты в пределах шлаковых аппаратов и его обрамления. Описанные разрывные нарушения, вероятно, имеют вулканотектоническую природу.

Под вулканотектоническими структурами, согласно их определению [7], в широком смысле понимается комплекс структурных форм, образовавшихся под непосредственным воздействием магматических, в том числе вулканических процессов и в прямой связи с последними; при более узкой трактовке – это локальные структуры, сформировавшиеся под механическим воздействием движений магматических масс в пределах верхней части земной коры.

Рассмотренные разрывные нарушения представляют собой нормальные линейные сбросы, компенсирующие магматические излияния. Имеются примеры, похожие на разрывные структуры Егвардского плато: разрывы района Кара-Музар (Таджикистан), области Грей-Бесин (США), нижнеапшеронских слоев о-ва Чекелен (Каспийское море) и др. [8].

Очевидными проявлениями вулкано-тектоники наряду с другими процессами являются образования структур проседания, сформировавшихся в результате опорожнения магматических очагов и выноса на поверхность больших масс вещества при вулканических извержениях [9].

Таким образом, на основании вышеизложенного мы считаем, что, по всей вероятности, молодые разрывные нарушения Егвардского плато сформировались в результате проседания (обрушения) кровли вмещаю-

ших отложений вокруг шлаковых вулканических аппаратов – гор Тагаворанист, Арапат и др. – и имеют вулканотектоническую природу, а не сейсмогенную [10]. Их сейсмический потенциал, скорее всего, соответствует $M \leq 4.0$.

К такому же типу, на наш взгляд, относятся разрывные нарушения шлаковых конусов Греако в районе Сардарапатского вала [11].

В заключение выражаю искреннюю благодарность С.П. Баляну, А.С. Аванесяну, О.А. Саркисяну, Дж. МакКалпину, Л.К. Татевоян, А.Г. Мартиросян, Г.Т. Шириняну за консультации и помошь при полевых работах, предоставление материалов, а также за обсуждение отдельных положений статьи и оформление графики.

Кафедра исторической и региональной геологии

Поступила 02.07.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Асланян А.Т. Региональная Геология Армении. Ер.: Айнетрат, 1958.
2. Амарян В.М. – ДАН Арм. ССР, 1963, т. XXXVI, № 5.
3. Габриелян А.А. и др. Сейсмотектоника Арм. ССР. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1981.
4. Паффенгольц К.Н., Тер-Месропян Г.Г. Арагац. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1964.
5. Саркисян О.А., Симонян Г.П. Сейсмотектоника Среднеараксинского прогиба и смежных районов Армении. – В кн.: Геодинамика Кавказа. М.: Изд-во АН СССР, 1989, с. 156–165.
6. Балян С.П., Аванесян А.С., Аванесян М.А. Особенности современной структуры Среднеараксинской межгорной впадины. Тезисы докл.. межд. тематической конференции: Проблемы геоморфологии и неотектоники горных областей Альпийско-Гималайского пояса. Ер.: Изд-во ЕГУ, 2001, с. 9.
7. Геологический словарь. М.: Изд-во Недра, 1973, т. 2.
8. Ажгирей Г.Д. Структурная геология. М.: Изд-во МГУ, 1956.
9. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968.
10. Balassanian S.Yu., Avanesian A.S. et al. Seismic Hazard Re-evaluation in Armenian NPP site. Proc. OESD-NEA Workshop, 2001, ISPRA, Italy march 26–27, p. 27–49.
11. Karakhanyan A.S. et al. – Elsevier J. of Volcanism and Geothermal Research, 2002, v. 113, p. 319–344.

Մ. Ա. ԱՎԱՆԵՍՅԱՆ

ԵՂՎԱՐԴԻ ՍԱՐԱՀԱՐԹԻ ԵՐԵՏԱՍԱՐԴ ԽԶՈՒՄՆԱՅԻՆ
ԽԱԽՏՈՒՄՆԵՐԻ ԲՆՈՒՅԹԻ ՍԱՍԻՆ

Ամփոփում

Հետազոտված են խզումնային խախտումներ Եղվարդի սարահարթի տարածքում, որոնք հատում են վերինապլիցեն-վերինչորրորդականի առաջցումները: Բերվում են նրանց նկարագրությունները և նրանց հարաբերությունը ներփակող ապարների հետ: Դիտարկվում է նրանց դիրքը

Միջինարարսյան ճկվածքի ընդհանուր կառուցվածքում: Տրվում է եղբակացություն նրանց հրաբխա-տեկտոնական բնույթի մասին և բերվում է համեմատություն այլ այդ տիպի խզումնային խախտումների հետ: Տրվում է նրանց սեյսմիկ վտանգի գնահատականը:

M. A. AVANESYAN

ABOUT NATURE OF YOUNG RUPTURE OF YEGHVARD PLATEAU

Summary

The ruptures within Yeghvard plateau that cut upper pliocen – upper quaternary formations were investigated. The description of these ruptures and the nature of their interaction with surrounding rocks are presented. The position of these ruptures within the general structure of Middle-Araksian trough was observed. The conclusion about their vulcano-tectonic nature and comparison with several similar kinds of ruptures of the surrounding area were made.

Химия

УДК 546.23+547.496.3

Ш. С. ЗАХАРЯН, Г. Г. ДАРБИНЯН, Г. Н. ШАПОШНИКОВА, А. Г. ХАЧАТРЯН

АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕЛЛУРА (IV) N,N'-ДИФЕНИЛ- И N,N'-ДИФЕНИЛТИОМОЧЕВИНАМИ

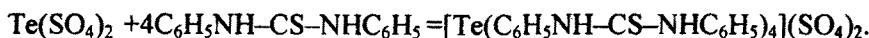
Исследовано электрохимическое поведение N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевин, а также теллура (IV) в сернокислой и солянокислой средах. Показано, что амперометрическое титрование теллура (IV) возможно проводить как по току окисления реагентов, так и по току восстановления теллура (IV). Выявлены оптимальные условия амперометрического титрования – кислотность, концентрации реагентов и теллура (IV). Проведена математическая обработка экспериментальных результатов. Метод применен для определения теллура в теллурсодержащей руде.

Серосодержащие реагенты, в том числе и тиомочевина широко применяются при титровании теллура амперометрическим методом [1]. Изучена реакция определения селена и теллура фенилтиомочевиной. Предложена методика определения последних спектрофотометрическим и амперометрическим методами [2].

Экспериментальная часть. Работа посвящена изучению взаимодействия теллура (IV) с производными тиомочевины – N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевинами амперометрическим методом.

Приготовление стандартного раствора теллура (IV) и условия амперометрического титрования описаны в [1]. Рабочие растворы N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевин готовили растворением точных навесок перекристаллизованных препаратов в смеси ацетон–этанол (1:2).

Изучение зависимости диффузионного тока от концентрации теллура (IV) и реагентов показало, что на платиновом электроде теллур (IV) восстанавливается, а реагенты окисляются. Амперометрическое титрование может быть проведено при значениях потенциала $E=0B$ и $E=+1,2B$ (криевые соответственно _ и / видов). В обоих случаях перегиб на кривых титрования соответствует мольному соотношению реагирующих компонентов 1:4, что совпадает с данными, полученными при титровании теллура (IV) тиомочевиной и фенилтиомочевиной:



Вышеуказанное соотношение не меняется при титровании в среде 5–13M для N,N-дифенилтиомочевины и 5–18M для N,N'-дифенилтиомочевины серной кислоты. На солянокислых фонах интервалы оптимальной кислотности составляют соответственно 4–9M для N,N-дифенилтиомочевины и 3–7M для N,N'-дифенилтиомочевины, причем в солянокислой среде данные амперометрического титрования менее воспроизводимы. Это может быть объяснено как конкурирующим влиянием образования хлоридного комплекса теллура, так и достаточно большой величиной диффузионного тока окисления хлорид-ионов в анодной области. Концентрационные интервалы подчиняемости основному закону амперометрии на разных фонах при различных потенциалах представлены в таблице.

Подчиняемость концентраций теллура (IV) основному закону амперометрии

Реагент	9M H ₂ SO ₄		7M HCl	
	C _{Te} (0B), M	C _{Te} (+1,2B), M	C _{Te} (0B), M	C _{Te} (+1,2B), M
N,N-дифенилтиомочевина	2 · 10 ⁻³ –4 · 10 ⁻⁵	1,2 · 10 ⁻² –4 · 10 ⁻⁵	2 · 10 ⁻³ –4 · 10 ⁻⁵	2 · 10 ⁻³ –4 · 10 ⁻⁵
N,N'-дифенилтиомочевина	8 · 10 ⁻⁴ –8 · 10 ⁻⁵	4 · 10 ⁻³ –2 · 10 ⁻⁴	2 · 10 ⁻³ –4 · 10 ⁻⁵	4 · 10 ⁻³ –2,5 · 10 ⁻⁵

Полученные экспериментальные данные были подвергнуты математической обработке. Погрешность определения находится в допустимых пределах (не превышает 2,6%).

Известно, что теллур в природе встречается в основном вместе с сульфидами различных металлов. Мешающее действие соответствующих элементов может проявляться различным образом:

1. Ионы элементов могут вступать с используемыми реагентами в химическое взаимодействие (золото, селен, ртуть).
2. Ионы элементов могут восстанавливаться (Zn²⁺, Tl⁺, Cu²⁺, Hg²⁺, Ag⁺) или окисляться (Fe²⁺) на индикаторных электродах.
3. Ионы элементов могут влиять на величину коэффициента диффузии, а следовательно, и на величину диффузионного тока.

Исходя из вышеизложенного, с целью уменьшения мешающего влияния сопутствующих элементов проводили не кислотное разложение теллурсодержащей руды, а сплавление со щелочью в присутствии окислителей [3, 4]. В этом случае ионы сопутствующих элементов осаждаются в виде гидроксидов и остаются в твердой фазе.

Ход анализа. Навеску теллурсодержащей руды массой 1,5г сплавляют в муфельной печи с шестикратным количеством соды и 0,5г нитрата натрия. Охлажденный плав выщелачивают дистиллированной водой и фильтруют. Фильтрат подкисляют соляной кислотой и нагревают на водяной бане при температуре ниже 100°C до полного удаления

хлорид-ионов и восстановления теллура (VI) до теллура (IV). Раствор упаривают до влажных солей, доводят объем до 50мл добавлением 9,0М серной кислоты. Аликвотный объем 25мл титруют раствором N,N-дифенилтиомочевины или N,N'-дифенилтиомочевины при потенциале +1,2В, так как при нулевом потенциале наблюдается восстановление теллура (IV) на электроде.

При анализе стандартной руды (№ 287 по Государственному реестру НИИ стандартных образцов Российской Федерации) с содержанием теллура 100г/т найдено 106,67г/т, что свидетельствует о достаточной правильности результатов анализа с учетом ошибки определения.

Исходя из вышеизложенного, можно предложить N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевины в качестве аналитических реагентов для амперометрического определения теллура (IV).

ЕГУ, ИГ НАН РА

Поступило 13.05.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Захарян Ш.С., Дарбинян Г.Г., Шапошникова Г.Н., Хачатрян А.Г. – Ученые записки ЕГУ, 2001, № 3, с. 78.
2. Захарян Ш.С., Дарбинян Г.Г., Шапошникова Г.Н., Хачатрян А.Г. – Там же, 2003, № 3, с. 86–92.
3. Анализ минерального сырья. Под ред. Ю.Н. Клинович. Л.: Изд-во «Химия», 1956, с. 77.
4. Гиллебрандт В.Ф., Лендель Г.Э. Практическое руководство по неорганическому анализу. М.: Научно-техническое изд-во, 1957, с. 350.

С. Ա. ԶԱՔԱՐՅԱՆ, Հ. Հ. ԴԱՐԲԻՆՅԱՆ, Գ. Ն. ՇԱՓՈՇՆԻԿՈՎԱ, Հ. Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ԹԵԼՈՒՐ (IV)-ի ԱՄՊԵՐԱՎԱՓԱԿԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ
N,N-ԴԻՖԵՆԵՆԻԼ- ԵՎ N,N'-ԴԻՖԵՆԵՆԻԼԹԻՈՄՈՉԵՎԻՆԱՅՈՒԹԵՐՈՎ

Ամփոփում

Ուսումնասիրվել է N,N-դիֆենիլ- և N,N'-դիֆենիլթիոմիզանյութերի, ինչպես նաև թելուր (IV)-ի էլեկտրաքիմիական վարքը ծծմբական և աղաքաղային միջավայրերում: Ամպերաչափական տիտրումը հնարավոր է իրականացնել ըստ ռեագենտների օքսիդացման հոսանքի, ինչպես նաև թելուր (IV)-ի վերականգնման հոսանքի:

Պարզվել են ամպերաչափական տիտրման օպտիմալ պայմանները՝ թրվությունը, ռեագենտների կոնցենտրացիան, թելուր (IV)-ի որոշվող կոնցենտրացիաների տիրույթը:

Կատարվել է ստացված տվյալների մաքենատիկական մշակում:

Եղանակը կիրառվել է թելուրադրունակող հանքում թելուրի որոշման համար:

AMPEROMETRIC DETERMINATION OF TELLURIUM (IV)
BY N,N-DIPHENYL- AND N,N'-DIPHENYLTHIOUREAS

Summary

Electrochemical behavior of N,N-diphenyl- and N,N'-diphenylthioureas, as well as Te (IV) has been studied in sulphuric and hydrochloric acids media. It has been shown that amperometric titration can be carried out both by the reagents oxidation and Te (IV) restoration current.

Optimal conditions for amperometric titration: acidity, concentrations of reagents, range of Te (IV) determined concentrations have been revealed.

Mathematical treatment of experimental data has been done.

The method has been applied for tellurium determination in the Te-containing ore.

Биология

УДК 616.155.392–036.11–092–07

А. М. ОГАНЕСЯН

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ МИЕЛОЛЕЙКОЗОМ В АРМЕНИИ

Нами было обследовано 48 человек – 29 женщин в возрасте от 10 до 82 лет, 19 мужчин – от 20 до 82 лет. Все больные по совокупности основных клинико-гематологических признаков, свойственных хроническому миелолейкозу (ХМЛ), были разделены на две группы: первую – составил 41 пациент с ХМЛ в хронической фазе, вторую – 7 больных в фазе бластного криза. При цитогенетическом исследовании у 38 больных (93%) первой группы была выявлена классическая транслокация $t(9;22)(q34, q11)$ (филадельфийская хромосома – Ph), причем зависимость от возраста и пола не наблюдалась. Во второй группе у 7 больных (17%) найдены, наряду с Ph-хромосомой в опухолевых клетках, дополнительная Ph-хромосома, изохромосома 17, трисомия 8-ой хромосомы, трисомия 19-ой хромосомы, маркерная хромосома.

Введение. Практическое значение цитогенетического анализа больных при лейкозах в последнее десятилетие стало общепризнанным, поскольку его данные позволяют уточнить вариант заболевания, проводить динамическое наблюдение за больным в период ремиссии и(или) рецидива, оценивать прогноз. Последнее особенно важно для планирования адекватной, высокодозной терапии.

Хронический миелолейкоз (ХМЛ) – распространенный вид лейкоза, на долю которого приходится около 20% среди всех лейкозов [1–2]. Мужчины болеют несколько чаще женщин (55–60%). Половина пациентов заболевает в возрасте от 30 до 50 лет, чаще всего между третьим и четвертым десятилетиями жизни, хотя некоторые авторы отмечают пик заболеваемости между пятым и шестым [3]. У детей типичный ХМЛ встречается редко, наблюдается не более 1–2% случаев детских лейкозов [4].

ХМЛ является наиболее хорошо изученной молекулярной моделью лейкоза. Это опухоль, которая возникает из ранних клеток-предшественниц миелопоэза, дифференцирующихся до зрелых форм;

клеточный субстрат лейкоза представляют преимущественно гранулоциты, в основном нейтрофилы [5].

ХМЛ – единственное заболевание системы крови, для которого выявлены характерные изменения клеточного ядра. Открытие П. Новеллом и Д. Гандерфордом [6] филадельфийской хромосомы (Ph) и частая ее встречаемость (до 95%) у больных ХМЛ показали, что диагноз ХМЛ, установленный без цитогенетического исследования костного мозга, в настоящее время не может считаться вполне корректным.

Методы исследований. При цитогенетическом исследовании ХМЛ использовался костный мозг, полученный путем стернальной пункции. В случае недоступности взятия костного мозга применялась цельная периферическая кровь. Следует отметить, что анализ костного мозга как для получения достаточного количества метафаз, так и в плане обнаружения аномальных клонов значительно эффективен.

Костный мозг (не менее 1мл) отбирали в стерильный флакон, содержащий 10мл среды RPMI-1640 с добавкой 20% эмбриональной телячьей сыворотки, антибиотиков (пенициллин, стрептомицин) и глутамина, а также гепарина.

Периферическая кровь собиралась в шприц с гепарином, после чего переносилась в культуральную смесь.

Костный мозг культивировался в течение 24ч в термостате при температуре 36°C, а периферическая кровь с добавлением фитогемаглютинина (ФГА) – в течение 48ч. Что касается методик фиксирования, приготовления препаратов и их G-окрашивания, то они в настоящее время во всех лабораториях практически стандартны, а используемые методические приемы подробно описаны в [7].

Результаты и обсуждение. Нами было обследовано 48 человек – 29 женщин в возрасте от 10 до 82 лет, 19 мужчин – от 20 до 82 лет (см. табл.).

Все больные по совокупности основных клинико-гематологических признаков, свойственных ХМЛ, были разделены на две группы: первую – составил 41 пациент с ХМЛ в хронической фазе, вторую – 7 больных в фазе бластного криза.

При цитогенетическом исследовании у 38 пациентов (93%) из 41 первой группы была выявлена классическая транслокация t(9;22)(q34, q11) (филадельфийская хромосома – Ph), причем зависимость от возраста и пола не наблюдалась.

Лишь у 1 пациента в хронической фазе обнаружилось отсутствие Ph-хромосомы и трисомия по 8-ой хромосоме. Однако примечательно, что количество дополнительных по отношению к Ph-хромосоме цитогенетических аномалий (изохромосома 17, трисомия 8-ой и 19-ой хромосомы) возрастало при переходе заболевания из моноклоновой в поликлоновую стадию.

Во второй группе наряду с Ph-хромосомой в опухолевых клетках у 7 больных (17%) найдены дополнительная Ph-хромосома, изохромосома 17, трисомия 8-ой хромосомы, трисомия 19-ой хромосомы, маркерная хромосома .

Цитогенетические показатели у больных с ХМЛ

Пол	Возраст больного	Культура клеток	Цитогенетический вариант
жен.	50	кровь	46,XX, Ph+
жен.	66	кровь	46,XX, Ph+
жен.	34	кровь	46,XX, Ph+
жен.	43	кровь	46,XX, Ph+
жен.	19	кровь	46,XX, Ph+
жен.	65	кровь	46,XX, Ph+
жен.	73	кровь	46,XX, Ph+
муж.	47	кровь	46,XY Ph+
жен.	39	кровь	46,XX, Ph+
муж.	70	кровь	46,XY Ph+
муж.	39	кровь	46,XY Ph+
муж.	41	кровь	46,XY Ph+
муж.*	61	кровь	46,XY Ph+, +21, +mar
жен.	50	кровь	46,XX, Ph+
жен.	48	кровь	46,XX, Ph+
муж.	25	кровь	46,XY Ph+
жен.*	46	кровь	46,XX, Ph+
муж.	61	костный мозг	46,XY Ph-, +8
жен.	54	костный мозг	46,XX, Ph-
жен.	34	костный мозг	46,XX, Ph+
муж.	48	кровь	46,XY Ph-
жен.	19	костный мозг	46,XX, Ph+
жен.	61	кровь	46,XX, Ph+
жен.	43	кровь	46,XX, Ph+
муж.		костный мозг	46,XY Ph+
жен.	54	костный мозг	46,XX, Ph+
жен.	49	кровь	46,XX, Ph+
муж.	62	кровь	46,XY Ph+
муж.	20	кровь	46,XY Ph+
жен.*	32	костный мозг	46,XX, Ph+, t(3;21), +19, +20,
жен.	33	кровь	46,XX, Ph+
муж.	82	кровь	46,XY Ph+
муж.	38	кровь	46,XY Ph-
жен.	67	кровь	46,XX, Ph+
муж.	64	кровь	46,XY Ph-
жен.		костный мозг	46,XX, Ph+
муж.	27	кровь	46,XY Ph+
жен.*	82	костный мозг	46,XX, Ph-, +19, +mar
муж.	54	кровь	46,XY Ph+
жен.	38	кровь	46,XX, Ph+
жен.	62	кровь	46,XX, Ph+
жен.	73	кровь	46,XX, Ph+
жен.	10	кровь	46,XX, Ph+
муж.		кровь	46,XY Ph+
жен.*	61	кровь	46,XX, Ph-, +8, -21, i(17q)
муж.	36	кровь	46,XY Ph+
муж.*	34	кровь	46,XY, Ph+, +19, +mar
жен.*	26	кровь	46,XX, double Ph+

* Больные в фазе бластного криза.

Ph-негативный вариант ХМЛ встречается приблизительно у 15% больных с хроническим миелолейкозом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brincker H., Scand J. – Hematology, 1982, v. 29, p. 241–244.
2. Call T., Noel P., Habermann T. et al. – Mayo clin. Proc., 1994, v. 69, p. 315–319.
3. Gunz T.W. – Clin. Haemat., 1977, v. 6, p. 3–8.
4. Hardisty R.M., Speed D.E., Till M. – Brit. J. Haemat., 1964, v. 10, p. 551–566.
5. Руководство по гематологии. Под ред. А.И. Воробьевы. М., 2002, с. 251.
6. Nowell P., Hungerford D. – J. Nat. Cancer Inst., 1960, v. 25, p. 85–109.
7. Human Cytogenetics. A Practical Approach. Eds.D.E. Rooney, B.H. Czepulkowsky. Oxford, 1986.

Ա. Մ. ՀՈՎՀԱՆԻՍՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆՈՒՄ ՁԲՈՆԻԿ ՄԻԵԼՈՒԴ ԼԵՅԿՈԶՈՎ ՀԻՎԱՆԴՆԵՐԻ ԲՋՋԱԳԵՆԵՏԻԿԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամփոփում

Ուսումնասիրվել է քրոնիկ միելոիդ լեյկոզով 48 հիվանդ, որոնցից 29-ը իգական սեռի ներկայացուցիչներ են՝ 10–82 տարեկան, 19-ը արական սեռի ներկայացուցիչներ՝ 20–82 տարեկան։ Բոլոր հիվանդները՝ ըստ քրոնիկ միելոիդ լեյկոզին (ՓՄԼ) բնորոշ կիխնիկաարյունաբանական ցուցանիշների, սոորաբաժանվել են 2 խմբի։ մի խումբը կազմել են քրոնիկ փուլում գտնվող 41 հիվանդներ, 2-րդ խմբում ընդգրկվել են 7 հիվանդ՝ բլաստային կրիզի փուլում։ 1-ին խմբի 41 հիվանդներից 38-ի (93%) արյան կամ ուկրածությի բջիջներում հայտնաբերվել է $t(9;22)(q34, q11)$ (Ֆիլադելֆյան քրոմոսոմ՝ Ph) դասական տրանսլոկացիան, ընդ որում սեռից և տարիքից կախվածություն չի նկատվում։ 2-րդ խմբում Ph-քրոմոսոմի հետ մեկտեղ 7 (17%) հիվանդի բջիջներում հայտնաբերվել են լրացուցիչ Ph-քրոմոսոմ, i(17), 8-րդ քրոմոսոմի տրիսոմիա, 19-րդ քրոմոսոմի տրիսոմիա, մարկերային քրոմոսոմ։

A. M. HOVHANISYAN

CYTOGENETIC ANALYSIS OF CHRONIC MYELOID LEUKEMIA PATIENTS IN ARMENIA

Summary

We studied cultured peripheral blood (PB) and/or bone marrow (BM) cells of 48 patients with chronic myeloid leukemia from Hematological Center of Armenia. There were 29 women (age 10–82 years) and 19 men (age 20–82 years). On the basis of clinical and hematological data all patients are divided into 2 groups; in the 1-st group 41 patients are involved (in chronic phase), in the 2-nd group – 7 patients (in blast crisis phase). 38 patients (93%) of 41 from the 1-st group have typical chromosome translocation $t(9;22)(q34, q11)$ (Philadelphia chromosome) in bone marrow and/or peripheral blood cells. There was no correlation between obtained results on Ph⁺ with age and sex in the investigated group.

In the 2-nd group together with Ph-chromosome in 7 (17%) patients is indicated extra Ph-chromosome, i(17q), trisomy 8, trisomy 19, marker.

Биология

УДК 547.96.663; 547.466.25

Л. А. НАВАСАРДЯН

**БИОСИНТЕЗ ВОДОРАСТВОРИМЫХ БЕЛКОВ ДРОЖЖЕЙ
C. GUILLIERMONDII BKM Y-42**

Показано, что при восстановлении азотного питания голодающих дрожжей количество водорастворимых белков, синтезированных с использованием эндогенного азота, примерно в 2 раза превышает количество белков, синтезированных за счет экзогенного азота.

Известно, что различные стрессорные факторы (облучение, теплошок, голодание и др.) влияют на функции и свойства, а также на темпы биосинтеза белков и ДНК клеток. Так, показано, что во время пострадиационной инкубации после ультрафиолетового облучения наблюдается прогрессивное снижение скорости синтеза белка у дрожжей [1]. Показано также, что азотное голодание индуцирует репарацию ДНК, которая в основном безошибочна и опосредована активацией рекомбинантных путей [2]. При азотном голодании, а также при восстановлении азотного питания дрожжей в белковом обмене происходят определенные изменения. Опытами с применением тяжелого изотопа азота (N^{15}) показано, что при восьмичасовой инкубации голодающих по азоту дрожжей *C. guilliermondii* BKM Y-42 в присутствии валина- N^{15} в качестве единственного источника азота обнаруживаемое содержание N^{15} в водорастворимых белках значительно ниже (1,34%) теоретически ожидаемого (3,29%). На основании этого сделано заключение о ресинтезе водорастворимых белков за счет катаболизма щелочерастворимых белков [3].

Целью настоящей работы являлось исследование синтеза водорастворимых белков за счет эндогенного и экзогенного источников азота голодающих дрожжей *C. Guilliermondi* BKM Y-42 с использованием тяжелого изотопа азота (N^{15}) после восстановления азотного питания.

Дрожжевые клетки *C. Guilliermondii* BKM Y-42 были выращены на синтетической среде [4]. Общий азот определяли по методу Къелдаля [5], белок – по методу Лоури [7]. Стабильный изотоп азота (N^{15}) определялся на масс-спектрометре МИ-1305 [6], который был нами приспособлен для биохимических исследований.

Для определения соотношения включаемых в биосинтез водорастворимых белков аминокислот экзогенного и эндогенного происхождения нами получен масс-спектр азота водорастворимых белков дрожжей и определено процентное содержание N^{15} в данной белковой фракции по формуле

$$N^{15} = \frac{N^{14}N^{15} + 2(N^{15}N^{15})}{2(N^{14}N^{14} + N^{14}N^{15} + N^{15}N^{15})} \cdot 100\%.$$

Выходит, что в общем азоте данной белковой фракции процентное содержание N^{15} составляет 1.34. При определении общего азота выяснили также, что после 8-часовой инкубации голодающих дрожжей его количество в данной белковой фракции увеличилось примерно на 50%. Если такое изменение осуществлялось за счет азота, поступившего в клетку из питательной среды, то процентное содержание N^{15} после соответствующих расчетов должно было составить 3.29 взамен определенного экспериментальным путем 1.34. Полученные данные свидетельствуют, что биосинтез белков водорастворимой фракции протекал также за счет аминокислот, образующихся из катаболизма эндогенных белков. Соответствующими расчетами показана интенсивность биосинтеза данной водорастворимой белковой фракции за счет как экзогенных, так и эндогенных источников азота. Полученные данные показывают, что количество водорастворимых белков, синтезированных с использованием эндогенного азота, примерно в 2 раза превышает количество белков, синтезированных за счет экзогенного азота, т. е. при восстановлении питания предварительно голодающих дрожжей синтезируются определенные подфракции водорастворимых белков, преимущественно использующих аминокислоты, образующиеся при катаболизме определенных подфракций щелочерасторимых белков. Очевидно, проникнув в клетку, экзогенные аминокислоты (меченные) и образующиеся при катаболизме белков аминокислоты оказываются в различных клеточных компартментах, придающих аминокислотам преимущества в процессе включения в биосинтез тех или иных белков.

Кафедра биохимии

Поступило 15.09.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Осаковский В.П., Равин В.К. – Радиобиология, 1974, т. 14, вып. 1, с. 401.
2. Dutta K., Datta G., Verma N.C. – J. Gen. Genet. Appl. Microbiol., 1996, v. 42, p. 27–37.
3. Давтян М.А., Багдасарян Е.Г., Навасардян Л.А. – Биолог. ж. Арм., 1973, т. 26, № 4, с. 23.
4. Плевако Е.А., Гивертовский Р.В. Технология дрожжевого производства. М.: Госиздат, 1949.
5. Белозерский А.Н., Проскуряков Н.И. Практическое руководство по биохимии растений. М.: Госиздат, 1951.
6. Барнард Дж. Современная масс-спектрометрия. М.: ИЛ, 1957.
7. Lowry O.H., Rosebrough H.J., Farr A.L., Randall R.J. – J. Biol. Chem., 1951, v. 193, p. 265–278.

*C. GUILLIERMONDII BKM Y-42 ԽՍՈՐԱՄՆԿԵՐԻ ԶՐԱԼՈՒԾ
ՍՊԻՏԱԿՈՒՑՆԵՐԻ ԿԵՆՍԱՍԻՆԹԵԶԸ*

Ամփոփում

Ցույց է տրվել, որ քաղցած խմորասնկերի ազոտային սնուցումը վերականգնելիս էնդոգեն ազոտի հաշվին սինթեզված ջրալուծ սպիտակուցների քանակը մոտավորապես 2 անգամ զերազանցում է էնդոգեն ազոտի հաշվին սինթեզված սպիտակուցների քանակը:

L. H. NAVASARDYAN

**BIOSYNTHESIS OF WATER SOLUBLE PROTEINS OF YEASTS
*C. GUILLIERMONDII BKM Y-42***

Summary

It has been shown that after the recovery of nitrogen nutrition of starved yeasts the amount of water soluble proteins synthesised by endogene nitrogen source is 2 times higher than the amount of proteins synthesised by exogene nitrogen source.

ԿԵՆՍԱՔԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

УДК 631.8.661.63.811.3

Գ. Ա. ԱՍԱՏՈՒՐՅԱՆ, Ս. Պ. ԱԲԱԶՅԱՆ, Կ. Վ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ԾԱՆՐ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ԵՎ ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՊԱՐԱՐՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻ
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԳԱՐԱՍՆԱՑԱՆ ԳԱՐՈՒ ԵՎ
ԵԳԻՊՏԱՑՈՐԵՆԻ ԲԵՐՔԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Ներածություն: Համայնատիրության ժամանակաշրջանում արդյունաբերության բուն զարգացումն ու քիմիացումը բացասական անդրադան հողերի և բուսականության վրա: Ծանր մետաղներով աղտոտման երևոյթները հանգեցնում են զյուղատնտեսական հողերի դեգրադացմանը, անապատացմանը և վտանգ են ներկայացնում մարդու առողջության համար [1, 2]: Հետևաբար, հողերի և մշակաբույսերի ծանր մետաղներով աղտոտման ուսումնասիրությունը, ինչպես նաև դրանց կանխելու միջոցառումները ունեն կարևոր ժողովրդատնտեսական նշանակություն:

Նյութը և մեթոդ: Վեգետացիոն փորձերի և լաբորատոր ուսումնասիրությունների համար անհրաժեշտ հողերի նմուշները բերվել են Վանաձոր քաղաքի և նրա շրջակա շաղտութված և ծանր մետաղներով աղտոտված անտառային դաշնագույն տափաստանացված հողատարածքներից և սևահողերից: Վեգետացիոն փորձերը դրվել են յոթ տարբերակներով, երեք կրկնողությամբ, եկա տարբերության անորներում: Ցուրաքանչյուր կա հողի հաշվով տրվել են համապատասխան քանակի հանքային և օրգանական պարարտանյութեր, ինչպես նաև ծանր մետաղներ (Cu, Pb և Mn) սուլֆատային աղերի ձևով:

Գարնանացան գարու և եգիպտացորենի հետ տարվա վեգետացիոն փորձերի բերքը հաշվարկվել է կանաչ զանգվածի ձևով: Փորձերից ստացված տվյալների վիճակագրական մշակումը կատարվել է դիսպերսիոն անալիզի մեթոդով:

Արդյունքներ և քննարկում: Վեգետացիոն փորձերը դրվել են անտառային դաշնագույն տափաստանացված հողերի վրա, որոնք ձևավորվել են շափակոր տաք և ոչ կայուն խոնավությամբ կլիմայի պայմաններում: Նրանք աչքի են ընկնում հումուսակուտակման հորիզոնի մուգ դաշնագույն կամ դարչնագույն գունավորմամբ, վերին հորիզոնների մասն կնծիկային կառուցվածքով, պրոֆիլի միջին մասի կավայնությամբ, զգայի

քարքարոտությամբ, նանրահողի կավավագային և կավային մեխանիկական կազմով ու զգալի հումուսացվածությամբ [3]:

Անտառային դարչնագույն տափաստանացված հողերը օժտված են անտառային ծառատեսակների համար բավարար ֆիզիկական և ջրային հատկություններով: Այս հողերի ապահովածությունը շարժուն սննդանյութերով ունի հետևյալ պատճերը. բույլ են ապահովված հետո հիդրոլիզվող ազոտով, միջակ և բույլ՝ շարժուն ֆոսֆորով և փոխանակային կալիումով: Այս հողերը աղտոտված են ծանր մետաղներով (Cu, Pb, Mn, Mo, Ni, Co և այլն), որոնց պարունակությունը ստուգիչ համեմատությամբ մի քանի անգամ բարձր է, որի հետևանքով զգալի իջել է նշված հողերի արտադրողականությունը:

Աղյուսակ 1

Ծանր մետաղների ազդեցությունը գարնանացան գարու կանաչ զանգվածի վրա

Փորձի տարրերակները	Միջին բերք, գ/հա			Երեք տարիների միջինը, գ/հա	Բերքի հավելումը
	2000 թ.	2001 թ.	2002 թ.		
Ֆոն (սոուզիչ+NPK)	22,6	20,4	21,1	21,4	-
Ֆոն+Mn ₁	25,1	24,4	26,4	25,3	3,9 18,2
Ֆոն+Mn ₂	23,4	21,9	23,7	23,0	1,6 10,7
Ֆոն+Pb ₁	20,6	20,4	20,9	20,6	-0,8 -3,7
Ֆոն+Pb ₂	18,4	18,8	19,6	18,9	-2,5 -11,6
Ֆոն+Cu ₁	16,7	15,8	17,7	16,8	-4,6 -7,5
Ֆոն+Cu ₂	15,4	13,8	15,0	14,7	-6,7 -31,3

Ծանր մետաղների (սոուզատային աղերի ձևով) քանակը 6կգ հողի հաշվով կազմում է. Mn₁ – 3,3գ; Mn₂ – 6,6գ; Pb₁ – 0,1գ; Pb₂ – 0,2գ; Cu₁ – 2,3գ; Cu₂ – 4,6գ:

Հստ փորձերի տվյալների՝ ծանր մետաղների ազդեցությունը գարնանացան գարու կանաչ զանգվածի քանակի վրա կախված է նրանց ներմուծման չափաբաժիններից: Ինչպես երևում է աղ. 1-ից, մասնակի կիրառման երկու չափաբաժիններից ստացվել է 10-18% բերքի հավելում, իսկ կապարի և պղնձի երկուական չափաբաժիններից էլ ստացվել է բերքի քացասական արդյունք:

Աղյուսակ 2

Օրգանական պարարտանյութերի ազդեցությունը եղիպտացորենի կանաչ զանգվածի վրա

Փորձի տարրերակները	Միջին բերք, գ/անոք	Բերքի հավելումը	
		գ/անոք	%
սոուզիչ	61,0	-	-
սոուզիչ+NPK	221,0	160	262
սոուզիչ+գոմաղը	236,0	175	286

Տեխնածին աղտոտվածությունը հողում եղել է. Cu – 65,0մգ/կգ; Pb 7,5մգ/կգ:

Փորձի տվյալներից երևում է (աղ. 2), որ ծանր մետաղներով աղտոտված հողերում ստուգիչ տարրերակների համեմատ հանքային և օրգանական

պարարտանյութերը 3–4 անգամ բարձրացրել են եզիպտացորենի կանաչ զանգվածի քանակը:

Եզրակացություններ:

1. Ծանր մետաղների ազդեցությունը բերքատվության վրա կախված է դրանց ներմուծման չափաքանակից:

2. Գարնանացան գարու և եզիպտացորենի բերքատվությունը կապարի և պղնձի կիրառման դեպքում իշնում է, իսկ մանգանի դեպքում՝ բարձրանում:

3. Օրգանական պարարտանյութերի կիրառումը աղտոտված հողում նպաստում է նշակարույսերի բերքատվության բարձրացմանը:

*Հողագիտության, ազրորիմիայի և մելիորացիայի
կենտրոն, Երևանի պետական համալսարան*

Ստացվել է 11.02.2003

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ

1. Погосян В.Г., Григорян К.В. – Ж. агронauк. 2001, № 2, с. 86–85.
2. Унанян С.А. Загрязнение почв и растительного покрова тяжелыми металлами (Cu, Pb, Mo) вокруг Алaverдского горно-металлургического комбината. Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. сельхоз. наук. Ер., 1987.
3. Почвы Армянской ССР. Под ред. Р.А. Эдильяна и др., Ер., 1976, с. 141–167.

Г. А. АСАТУРЯН, С. П. АБАЗЯН, К. В. ГРИГОРЯН

**ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ
НА УРОЖАЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ И КУКУРУЗЫ**

Резюме

В вегетационных опытах изучено влияние солей тяжелых металлов и органического удобрения на зеленую массу кукурузы и ярового ячменя в условиях лесных коричневых почв. Установлено, что из тяжелых металлов марганец влияет положительно на зеленую массу указанных культур, а медь и свинец – отрицательно.

G. A. ASATURYAN, S. P. ABAZYAN, K. V. GRIGORYAN

**INFLUENCE OF HEAVY METALS AND ORGANIC FERTILIZERS ON
CROP OF CORN AND BARLEY**

Summary

In vegetative experiments the influence of salts of heavy metals and organic fertilizer on crop of green weight of corn and spring crop barley in conditions of forest brown soils is investigated. It is established that of heavy metals the manganese positively influences the crop of green weight of above mentioned culture and copper and lead influence negatively.

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТОДАМ СИММЕТРИЙ В ФИЗИКЕ

В Ереване с 13 по 19 августа 2003 г. проходила юбилейная X Международная конференция по методам симметрии в физике, организованная совместно с Лабораторией теоретической физики Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) г. Дубна, и Международным центром перспективных исследований при Ереванском государственном университете.

Началом серии конференций послужили пять рабочих совещаний, организатором и вдохновителем которых в течение ряда лет был профессор Яков Абрамович Смородинский, и которые регулярно и довольно успешно проводились в Обнинске (Россия) на базе Физико-энергетического института. Инициатором следующих трех конференций – 1993, 1995 и 1997 годов – выступала Лаборатория теоретической физики (ОИЯИ), а предпоследняя состоялась в 2001 году уже на базе ЕГУ.

Нынешняя конференция «Методы симметрии в физике» наряду с серией других – «Квантовая теория и симметрии», (прошла в текущем году в городе Цинциннати, США) и теоретико-групповым коллоквиумом, который организуется по четным годам, является одной из немногих регулярных научных мероприятий, проводимых в мире по столь широкой тематике, охватывающей развитие как самих методов симметрии, так и наиболее интересных приложений теории групп к различным разделам физики – от теории элементарных частиц до космологии и гравитации.

Не стала исключением и последняя Ереванская конференция, на которой были представлены такие направления, как теория интегрируемых и суперинтегрируемых систем, симметрии дифференциальных и конечно-разностных уравнений, группы Ли и теория представлений, специальные функции, некоммутативная геометрия и квантовые группы, суперсимметрия и квантовая теория поля, гравитация, космология и квантовая гравитация, приложения методов симметрии в молекулярной, атомной и ядерной физике. Специальная сессия на конференции была посвящена 50-летию со дня опубликования известной статьи Вигнера–Ионю, в которой впервые в физику было введено понятие контракций алгебр и групп Ли.

На открытии конференции выступил проректор ЕГУ профессор Э.В. Чубарян, осведомил гостей о сегодняшних научных программах универ-

ситета и подчеркнул, что выбор места проведения как предыдущей, так и настоящей конференции не является случайным. Физика и, в частности, теоретическая физика в Армении имеет славные традиции. Для этого достаточно вспомнить имена академиков В.А. Амбарцумяна, А.И. Алиханяна, Г.С. Саакяна и Г.М. Гарибяна, усилиями которых физика в Армении заняла свое достойное место в мировой негласной иерархии.

В работе конференции приняло участие более 50 ученых из всемирно известных центров и университетов – это профессора Дж. Клаудер, Б. Миллер и К. Фрондал (США), И. Тодоров и В. Добрев (Болгария), Э. Калнинш (Новая Зеландия), М. Ангелова и Ш. Маджид (Англия), Ф. Калоджеро (Италия), Р. Кернер и М. Киблер (Франция), И. Нидерле (Чехия), Е. Манн (Израиль), И. Патера (Канада), Дж. Лукерский (Польша), А. Морозов, М. Семенов–Тянь–Шанский и Н. Громов (Россия) и И. Дуру (Турция). Дубненскую делегацию представляли около десяти сотрудников Лаборатории теоретической физики, в том числе директор Лаборатории и вице-директор ОИЯИ профессор А. Сисакян, профессора Е. Иванов и С. Виницкий, с.н.с. В. Иноземцев и другие.

При закрытии конференции председатель международного оргкомитета профессор Сисакян поблагодарил участников конференции за интересные и содержательные доклады и пригласил их на следующую одиннадцатую конференцию по методам симметрии в физике, которую планируется провести в конце июня будущего года в Праге.

*Председатель локального оргкомитета,
доктор физ.-мат. наук ПОГОСЯН Г.С.*

ШКОЛА ПО ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В АРМЕНИИ

С 25 августа по 6 сентября 2003 г. в Цахкадзоре в доме творчества писателей прошла XI Европейская школа по физике высоких энергий ЦЕРН-ОИЯИ, в организации которой принимал непосредственное участие и Центр перспективных исследований при Ереванском государственном университете. Европейская школа ЦЕРН-ОИЯИ занимает особое место и имеет богатую историю. Отрадно, что впервые Армения, одна из стран СНГ, взяла на себя роль организатора столь представительного мероприятия.

Работа по организации школы проходила в два этапа. Первый – самый трудный – выбор лекторов, которые должны были не только в совершенстве владеть предметом, но и обладать определенным преподавательским талантом. В итоге научная программа школы была составлена на основе шести серий лекций: «Теория поля и стандартная модель» (Ян Атчисон, Англия), «Физика аромата и нарушение СР-инвариантности» (Р. Фляйшер, ЦЕРН), «Астрофизика» (И. Ткачев, Москва), «Вне стандартной модели» (Г. Габададзе, Грузия), «Физика нейтрино» (С. Петков, Болгария), «Квантовая хромодинамика» (А. Ходжамирян, Армения). Дополнительно решено было включить в программу по одной лекции по физике космических лучей (А. Чилингарян, Армения) и динамике многочастичных процессов (И. Манджавидзе, Грузия). Наряду с лекторами определились также руководители дискуссий – О. Теряев, Д. Фурсаев, Л. Гови, И. Пивоваров, Т. Плех и М. Плюмажер, призванные в свою очередь проводить заседания с небольшой группой студентов (10–12 человек), отвечать на всевозможные затронутые в лекции вопросы. Второй этап – формирование студентов-слушателей. Отбирались только молодые физики-экспериментаторы (до 33 лет), уже имеющие опыт работы в различных коллоквиях по физике высоких энергий. Исключение было сделано только для шестерых студентов 5 курса ЕГУ. Всего было зачислено 75 студентов, представляющих почти 30 западно-европейских стран, в том числе и страны СНГ.

В первый же день работы школы вице-директор ОИЯИ профессор А.Н. Сисакян ознакомил студентов со многими научными программами ведущимися в институте. На следующий день директор ЦЕРН профессор Р. Кешмор рассказал о современных экспериментах, проводимых на установках в центре.

Дневная программа на школе условно была разделена на две половины. С утра читались лекции, с содержанием которых студенты ознакомились предварительно. В промежутках насыщенного обсуждениями трудового дня студентам предоставлялись свободные два часа для отдыха и развлечений. Затем один из дискуссионных лидеров в течении полутора часов отвечал на всевозможные вопросы по материалам, представленным на лекциях. Рабочий день заканчивался очередной лекцией, последовавшей сразу же после дискуссий.

Интересным событием в «жизни школы» стало участие студентов в церемонии открытия выставки «Наука сближает народы», размещенной в главном здании Ереванского государственного университета. Организованная уже в восьмой раз по инициативе ЦЕРН-ОИЯИ, она была посвящена международному сотрудничеству ученых, в частности, сотрудничеству кавказских республик с различными мировыми центрами.

Несмотря на довольно напряженный график работы, участники конференции успели ознакомиться со многими историческими памятниками Армении. А в единственный свободный день была организована поездка на станцию, где студенты прослушали лекцию профессора А. Чилингаряна о физике космических лучей и, в частности, об экспериментах, проводимых с космическими лучами в Армении. Побывали они также на второй станции, расположенной у подножия горы Арагац на высоте почти 3200 метров от уровня моря. Там же студентов познакомили со многими экспериментальными установками по детектированию космических лучей.

Хочется надеяться, что дни, проведенные в Армении, надолго запомнятся всем нашим гостям.

Доктор физ.-мат. наук,
директор школы Г. С. ПОГОСЯН

ՄԻՋԱԶԳԱՅԻՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏԱԺՈՂՈՎ ԾԱՂԿԱԶՈՐՈՒՄ

ՀՀ ԳԱԱ մաքենատիկայի ինստիտուտի և Երևանի պետական համալսարանի նախաձեռնությամբ 2003 թ. սեպտեմբերի 30-ից հոկտեմբերի 7-ը ԵՊՀ Ծաղկաձորի հանգստյան տանը անցկացվեց միջազգային մաթեմատիկական գիտաժողով՝ նվիրված Հայաստանի Հանրապետության գիտությունների ազգային ակադեմիայի հիմնադրման 60-ամյակին: Գիտաժողովում քննարկվեցին իրական և կոնվերս անալիզին, հավանականությունների տեսության ու մաթեմատիկական վիճակագրությանը, դիֆերենցիալ և ինտեգրալ հավասարումներին, հանրահաշվին և երկրաչափությանը առնչվող հարցեր:

Գիտաժողովին մասնակցում էին աշխարհի ավելի քան 100 մաթեմատիկոսներ (այդ թվում 10-ից ավելի սփյուռքահայեր) Ռուսաստանից, ԱՄՆ-ից, Կանադայից, Գերմանիայից, Իսրայելից, Չինիայից, Լեհաստանից, Բելառուսից, Ֆրանսիայից, Վրաստանից, Պարսկաստանից: Կարդացվեցին 19 դասախոսություններ և 86 գիտական գեկուցումներ:

Դասախոսություններով հանդես եկան Ս. Աղյանը, Օ. Բետովը, Զ. Բուննանը, Պ. Գույեն, Ի. Իրազգիմովը, Վ. Միհայլովը, Ն. Նիկոլսկին, Բ. Կաշինը, Ա. Օլևսկին, Զ. Չիսելսկին և ուրիշներ:

Գիտաժողովի կազմկոմիտեի և ծրագրային կոմիտեի կողմից անցկացվեցին նաև “Չյուծված խնդիրների ներկայացում” և “Կոր սեղանի շուրջ” կոչվող նիստեր: Առաջինի ընթացքում բազմաթիվ մաթեմատիկոսներ ներկայացրեցին մի շարք չյուծված խնդիրներ, որոնցով գրադպում են աշխարհի տարբեր երկրներում: “Կոր սեղանի շուրջ” նիստի ընթացքում քննարկման նյութը դարձան Հայաստանում մաթեմատիկական ժամանակակից ճյուղերի զարգացման հեռանկարի հարցերը և նոր գիտական կապերի հաստատման հնարավորությունները: Մասնավորապես, կոնկրետ համագործակցության ծրագրեր քննարկվեցին իրական անալիզի (Հայաստան-ԱՄՆ և Հայաստան-Լեհաստան), կոնվերս անալիզի (Հայաստան-Գերմանիա և Հայաստան-Ֆրանսիա), հավանականությունների տեսության և մաթեմատիկական վիճակագրության (Հայաստան-Ռուսաստան և Հայաստան-ԱՄՆ), ազատ եզրով խնդիրների (Հայաստան-Չինիա) բնագավառներում: Քննարկվեցին նաև դրամաշնորհային ծրագրերի համատեղ մասնակցության հնարավորությունները, որոնք նոր հեռանկարներ կարող են բացել մեր երկրում մաթեմատիկայի զարգացման ասպարեզում:

Գիտաժողովի կազմկոմիտեի նախագահ,
ԵՊՀ մաթեմատիկական անալիզի
ամբիոնի վարիչ, ՀՀ ԳԱԱ բորակից անդամ
գ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

А.С. Аванесян, О.А. Саркисян, М.А. Аванесян – Геологическое строение очаговых зон сильных землетрясений Армении (II)	3
--	---

МАТЕМАТИКА

А.К. Таслакян – Оценка полной вариации квазиполинома Лежандра	18
А.Г. Петросян, И.Г. Хачатрян – О разложении по собственным функциям самосопряженного дифференциального оператора с коэффициентами, имеющими определенные поведения на бесконечности	22
Т.А. Григорян – О скорости сходимости в модели $G \mid G \mid 1 \mid \infty$	28
С.С. Давидов – Бинарные термы и полутермы	34

ФИЗИКА

Д.М. Седракян, А.Ж. Хачатрян, Н.М. Испирян, Ю.Н. Айрапетян – Пропускание и отражение плоской электромагнитной волны, падающей наклонно на идеальную структуру	43
---	----

ХИМИЯ

Л.С. Габриелян – <i>Ab initio</i> исследование колебательных спектров перхлората и нитрата лития	51
М.Г. Геворкян – Влияние предварительно насыщенных тетрафенилгидразином мицелл разных типов ПАВ на кинетику и механизм реакции дифениламина с персульфатом калия	59
Д.С. Гайбакян, Ясин Мала, А.Г. Хачатрян – Ионообменная тонкослойная хроматография элементов. 2. Исследование комплексообразования Re (VII), Mo (VI), V (V) и W (VI) в растворах органических кислот	65
Ш.А. Гюльназарян – Амперометрическое титрование перренат-ионов основными красителями – метиловым фиолетовым и кристаллическим фиолетовым	71
А.А. Аветисян, Г.Г. Токмаджян, Л.В. Карапетян – Синтез новых производных ненасыщенных γ -лактонов, содержащих тетразольное кольцо	76

БИОЛОГИЯ

А.Р. Пенесян, А.П. Антонян, Г.Р. Вардапетян – Исследование взаимодействия очищенных препаратов гиперицина с ДНК	80
Дж.М. Джавршян, Л.С. Габриелян – Влияние последействия высоких температур на параметры медленной индукции флуоресценции хлорофилла <i>a</i> фотосистемы 2 хлореллы.....	86
А.Г. Давтян – Взаимодействие бромистого этидия с синтетическим гомополинуклеотидом poly[d(A-T)]-poly[d(A-T)].....	94
Н.А. Оганесян, М.Б. Чигчян, Ше Ю Чин, Г.Г. Оганезова, М.А. Мелкумян, О.Ю. Саакян – Влияние увеличения дозы генов <i>ppc</i> и <i>dapA</i> на продукцию лизина у <i>Brevibacterium lactofermentum</i>.....	99
В.Г. Григорян, А.Ю. Степанян, А.Н. Аракелян, А.Р. Агабабян – Исследование вариабельности сердечного ритма при выполнении задач лабиринтного типа.....	105
С.Г. Нанагюлян, А.Л. Сирунян, А.А. Амирян – Новые для микробиоты Армении виды агарикоидных и гастероидных грибов.....	111

ГЕОЛОГИЯ

О.П. Гуюмджян – Петрография гранитизированных и базифицированных пород контактов гранитоидных интрузивов Баргушатского хребта (Сюникский марз, Армения).....	117
М.А. Аванесян – О природе молодых разрывных нарушений Егвардского плато	128

СООБЩЕНИЯ

Ш.С. Захарян, Г.Г. Дарбинян, Г.Н. Шапошникова, А.Г. Хачатрян – Амперометрическое определение теллура (IV) N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевинами.....	137
А.М. Оганесян – Цитогенетическое исследование больных хроническим миелолейкозом в Армении	141
Л.А. Навасардян – Биосинтез водорастворимых белков дрожжей <i>C. guilliermondii</i> ВКМ У-42	145
Г.А. Асатуриян, С.П. Абазян, К.В. Григорян – Влияние тяжелых металлов и органических удобрений на урожай ярового ячменя и кукурузы	148

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

Конференция по методам симметрии в физике	151
Школа по физике высоких энергий в Армении	153
Международный математический симпозиум в Цахкадзоре	155

CONTENTS

REVIEWS

- A.S. Avanessian, H.H. Sargsian, M.A. Avanesyan – Geological structures of strong earthquakes' source zones of Armenia (II) 3

MATHEMATICS

- A.K. Taslakian – Total variation estimate of Legendre quasipolynomials 18
A.H. Petrosyan, I.G. Khachatryan – About expansion by eigen functions self-adjoint differential operator's with coefficients having precise behaviour in infinity 22
T.A. Grigoryan – On a rate of convergence in the $G_1 | G | 1 | \infty$ model 28
S. S. Davidov – Binary terms and semiterms 34

PHYSICS

- D.M. Sedrakian, A.Zh. Khachatrian, N.M. Ispiryan, Yu.N. Hayrapetyan – Transmission and reflection of a plane electromagnetic wave obliquely incident onto an ideal structure 43

CHEMISTRY

- L.S. Gabrielian – *Ab initio* study of vibrational spectra of lithium perchlorate and nitrate 51
M.G. Gevorgyan – Study of kinetics and mechanism of the diphenylamine reaction with potassium persulfate in water-ethanol micellar solutions of different surfactants 59
D.S. Gaibakyan, Yasin Mala, H.G. Khachatryan – Ion-exchange thin-layer chromatography of elements. 2. Study of the complexation of Re (VII), Mo (VI), V (V) and W (VI) ions in organic acid solutions 65
Sh.A. Gyulnazaryan – Amperometric titration of perrhenate-ions by methyl violet and crystal violet organic basic dyes 71
A.A. Avetisyan, G.G. Tokmajyan, L.V. Karapetyan – The syntheses of new derivatives of unsaturated γ -lactones containing tetrazole ring 76

BIOLOGY

A.R. Penesyan, A.P. Antonyan, H.R. Vardapetyan – Study of interaction between purified hypericin preparations and DNA	80
J.M. Javrusyan, L.S. Gabrielyan – Aftereffects of high temperature on the parameters of slow induction of photosystem 2 chlorophyll <i>a</i> fluorescence in chlorella	86
H.G. Davtian – Interaction of etidium bromide with synthetic homopolynukleotide poly[d(A-T)]–poly[d(A-T)]	94
N.A. Hovhannisyan, M.B. Chitchyan, Xie Yu Qing, G.G. Oganezova, M.A. Melkumyan, H.Yu. Sahakyan – Effect of <i>ppc</i> and <i>dapA</i> dosage increase on lysine production in <i>Brevibacterium lactofermentum</i>	99
V.H. Grigoryan, A.Y. Stepanyan, A.N. Arakelyan, H.R. Aghababyan – The investigation of heart rhythm variability during fulfilment of maze-model tasks	105
S.G. Nanagulyan, A.L. Sirunyan, A.A. Amiryanyan – New for Armenian mycobiota species of agaricoid and gasteroid fungi.....	111

GEOLOGY

H.P. Ghuyumjyan – Petrography of granitized and basified rocks of granitoid intrusives' contacts of Bargushat mountain range (Syunik region, Armenia)	117
M.A. Avanesyan – About nature of young rupture of Yeghvard plateau.....	128

COMMUNICATIONS

Sh.S. Zaqaryan, G.G. Darbinyan, G.N. Shaposhnikova, H.G. Khachatryan – Amperometric determination of tellurium (IV) by N,N-diphenyl- and N,N'-diphenyl-thioureas.....	137
A.M. Hovhanisyan – Cytogenetic analysis of chronic myeloid leukaemia patients in Armenia.....	141
L.H. Navasardyan – Biosynthesis of water soluble proteins of yeasts <i>C. guilliermondii</i> BKM Y-42	145
G.A. Asaturyan, S.P. Abazyan, K.V. Grigoryan – Influence of heavy metals and organic fertilizers on crop of corn and barley.....	148

SCIENTIFIC LIFE

Conference on Methods of symmetry in physics	151
School of high energy physics in Armenia.....	153
International mathematical symposium in Tsaghkadzor	155

ԿԱՆՈՆԵՐ ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

1. «Գիտական տեղեկագիր» հանդեսում հրատարակվում են Երևանի պետական համալսարանում կատարված տեսական ու փորձարարական բնույթի օրիգինալ հոդվածներ, հաղորդումներ ու նամակներ՝ մաքենատիպայի, ինֆորմատիկայի, մեխանիկայի, ֆիզիկայի, ռադիոֆիզիկայի, քիմիայի, կենսաբանության, երկրաբանության և ֆիզիկական աշխարհագրության բնագավառներից, ինչպես նաև ակնարկային հոդվածներ՝ պատվիրված խմբագրության կողմից:
2. Ընդունվում են գիտական նոր հրատարակությունների, մենագրությունների և դասագրքերի, ԵՊՀ մասնակցությամբ կայացած գիտաժողովների և գիտական դպրոցների, ինչպես նաև համալսարանում աշխատող անվանի գիտնականների հոբելյանների մասին համառոտ նյութեր:
3. Բնագրերը ներկայացվում են երկու օրինակով, համակարգչային շարվածքով՝ «Word» ծրագրով (հայերեն տեքստը՝ Times Armenian, որտերեն՝ Times New Roman տառատեսակներով)՝ հայերեն կամ ռուսերեն, ռուսերեն կամ հայերեն և անգլերեն ամփոփումներով: Բոլոր երեք լեզուներով հեղինակների ազգանունները և հոդվածի վերնագիրը գրել գլխատառերով: Տեքստը շարել 12 րոպե, 1,5 ինտերվալով՝ աջ և ձախ կողմերում պահպանելով 3 սմ դաշտ: Վերին ձախ անկյունում գրվում է ՍԴԿ-ն, հաջորդ տողում հեղինակների անվանատառերն ու ազգանունները, այնուհետև հոդվածի վերնագիրը: Դրան հետևում է հոդվածի համառոտ ամփոփումը: Այն պետք է համապատասխանի հայերեն և անգլերեն ամփոփումներին, որտեղ պետք է շարադրված լինեն աշխատանքի գլխավոր արդյունքները՝ առանց գրական հղումների, 100 բառից ոչ ավելի ծավալով:
4. Հոդվածի ծավալը աղյուսակներով չպետք է գերազանցի 10 էջը, հաղորդմանը՝ 4, նամակին՝ 2:
5. Հոդվածները ծևակերպվում են ենթաքաֆիմներով: **Ներածություն, Խնդրի դրվածքը**, որտեղ պետք է հիմնավորվի տվյալ հետազոտության անհրաժեշտությունն ու հրատապությունը, **Հետազոտության մեթոդիկան և եզրակացություն**, որտեղ հատուկ ծևակերպվում են ստացված արդյունքները և հետևողությունները: Կարող են լինել այլ ենթագերնագրեր՝ պայմանավորված տվյալ աշխատանքի առանձնահատկություններով:
6. Հզումները պետք է լինեն բննարկվող խնդրի հետ առնչվող ժամանակակից հրատարակումների վրա: Դրանք թերթում են բնագրի լեզվով քատ հանդիպման հերթականության, կարգային համարը նշվում է քառակուսի փակագծերում ([1], [2-5]): Հոդվածի վերջում նոյն հաջորդականությամբ թերթում է գրականության ցուցակը՝ կարգային համարը, հեղինակների ազգանուններն ու անվանատառերը: Պարբերական հրատարակությունների համար այնուհետև հաջորդում է ամսագրի ընդունված կրճատ անվանումը առանց շակերտների, հրատարակման թվականը, հատորի ու թողարկման համարները, հերթական համարը, էջը, գրքերի դեաբրում՝ վերնագիրը, հրատարակման վայրը, հրատարակչությունը, բականը: Շիրատարակված աշխատանքի վերաբերյալ (բացի դիսերտացիայից) գրականության մեջ նշել չի թույլատրվում:
7. Միևնույն նյութը աղյուսակի և նկարի ձևով ներկայացնել չի թույլատրվում:
8. Ժուրնալային համարը կամ աշխատանքի նկարը, որոնք իրենց բացատրություններով պետք է ներկայացնել առանձին File-ով:
9. Հոդվածի տեքստի վերջում ձախ կողմում, նշվում է այն ամքինը կամ լարորատորիան, որտեղ կատարվել է աշխատանքը:
10. Հոդվածը ստորագրվում է բոլոր հեղինակների կողմից:
11. Խմբագրությունը հեղինակին տալիս է առաջին սրբագրությունը, որտեղ ուղղման ենթակա են տպագրության սխալները:
12. Խմբագրությունը հեղինակներին գրի տրամադրում է հանդիսի 1 օրինակ և հոդվածի 5 առանձնատիպ: