

524  
1966



საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

ბ ო ა ე ბ ე

\*

85

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

\*

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

\*

XLIII, № 3

სექტემბერი 1966 СЕНТЯБРЬ



ФИЛОСОФИЯ

А. П. ГОКИЕЛИ

(член-корреспондент АН ГССР)

ПАРАДОКСЫ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Значительным событием в истории математики и логики было открытие парадоксов теории множеств на рубеже XIX и XX веков. Это открытие в значительной степени активизировало работу в области обоснования математики. Старались создать целые теории, ставящие целью устранение парадоксов, перестроить математику таким образом, чтобы она осталась вне их разрушительного действия. Разрешение парадоксов усматривали в ограничении рамок классической математики, изъятии из нее некоторым образом непрямым путем рассуждения.

Однако учитывалась и следующая возможность: парадоксы задевают основы самой логики и для их преодоления требуется не только работа в специальной сфере математики, но определенный общелогический подход, адресующийся к основным категориям логики, в первую очередь к категории умозаключения. В пользу такого подхода говорило и родство парадоксов теории множеств с логическими софизмами, известными еще со времени древнегреческой науки. На эти софизмы раньше обычно смотрели как на логические безделушки, не имеющие серьезного научного значения, однако открытие парадоксов теории множеств заставило уже иначе подойти и к древнегреческим софизмам и искать объяснения, одинаково адресующегося как к одним, так и к другим.

В настоящей работе мы хотим показать, что действительное устранение парадоксов требует нового, диалектического подхода к самому процессу логического вывода.

Кратко изложим содержание некоторых парадоксов теории множеств.

Парадокс, открытый Расселом, можно выразить следующим образом. То или иное понятие в зависимости от его характера может быть собственным предикатом, но может и не быть. Понятия первого типа называются предикабельными, второго — неpredикабельными. Более обычным является случай неpredикабельных понятий. Примерами предикабельных понятий являются: понятие, это, абстрактный. Непредикабельным будет, например, понятие конкретный (общее понятие конкретного является абстрактным, а не конкретным понятием). Относительно самого понятия неpredикабельный поставим вопрос о его предикабельности или неpredикабельности. Если допустим, что оно предикабельно, то должно самого же себя иметь в качестве предиката, а значит, уже должно быть неpredикабельным. Если же по-

10.039

нятие непредикабельный непредикабельно, то оно выступает в качестве своего же предиката и поэтому является предикабельным.

Забавным аналогом парадокса «непредикабельный» является следующая ситуация. Скажем, кого-либо обязывают назвать всех скромных людей. Если в число названных он включит и самого себя, то это уже будет говорить о его нескромности, значит, себя не должен назвать; если же себя не назовет, то это будет говорить о его скромности и, значит, себя должен назвать.

Парадоксом, аналогичным вышеприведенным, будет также следующий: рассмотрим настроение артиста, являющееся темой известной арии «Смейся, паяц» из оперы Леонкавалло «Паяцы» — чувство разлада между тяжелым душевным состоянием и тем, что артисту приходится делать, чтобы развлечь публику. Испытывает ли артист, исполняющий саму эту арию, чувство разлада между своим настроением и содержанием исполняемого. Если испытывает, то как раз о наличии подобного чувства и поется в арии и, значит, чувства разлада не должен испытывать. Если же не испытывает разлада и его чувство соответствует содержанию исполняемой арии, то в последней именно говорится о разладе и чувство этого разлада должен испытывать.

Несколько иной характер имеет парадокс Ришара.

Рассмотрим множество всех тех частей совокупности натуральных чисел, которые можно определить с помощью фраз, содержащих конечное число слов. Это множество будет счетным и на основании известного результата Кантора с его помощью можно определить некоторое множество натуральных чисел, не принадлежащее данной совокупности, составленной из множеств натуральных чисел. Это множество, охарактеризованное выше с помощью определенной конечной совокупности слов, тем не менее принадлежит к тем множествам, которые с помощью конечной совокупности слов не могут быть охарактеризованы.

Первый из парадоксов теории множеств был открыт в 1897 году Бюралли-Форти. Его содержание заключается в следующем. Рассматривается множество всех трансфинитных чисел, которое должно быть вполне упорядоченным. Это множество имеет свое трансфинитное число, превышающее все входящие в него трансфинитные числа. Между тем, последнее множество в силу своего определения охватывает все трансфинитные числа.

Парадоксы теории множеств, как указывалось выше, напомнили старые логические софизмы. Вспомним наиболее характерный среди этих софизмов, носящий название «лжец». Высказывающий единственную фразу: то, что я сейчас произношу, — ложь, говорит истину или ложь? Если сказанное—истина, то истинно то, что сказанное—ложь и, значит, оно является ложью. Если же оно — ложь, то как раз это и высказывается и, значит, высказывается истина.

В парадоксах теории множеств и в соответствующих логических софизмах усматривали определенные противоречия. Однако более основательное исследование должно показать, что здесь мы имеем не противоречия, а определенные логически ложные положения, характеризующиеся регрессом в бесконечность.

Рассмотрим для примера софизм «лжец». Когда я говорю: то, что я сейчас высказал, ложно, то, поскольку я говорю именно о лож-

ности высказываемого, придется положение исправить задним числом и сказать: ложно то, что то, что я сейчас говорю, ложно. Но надо будет опять исправить сказанное и провозгласить и его ложность и т. д. Придется высказанному предложению придать вид: ложно то, что ложно то, что... и все время опять ставить начало фразы. Мы здесь имеем не противоречие, а положение, отмеченное регрессом в бесконечность. Из-за регресса в бесконечность само высказывание не может оформиться в той мере, чтобы имело смысл говорить о противоречии между участвующими в нем предложениями. Вообще в случае регресса в бесконечность наличествуют не данный тезис и удерживаемый вместе с ним другой исправленный тезис и противоречие между ними, а необходимость его постоянного исправления задним числом. Подобное же положение имеем в связи с выставлением тезиса о несуществовании истины. Придется лишить истинности сам высказанный тезис о несуществовании истины и т. д.

Аналогичное положение создает релятивистский тезис, утверждающий абсолютность относительного, относительность любого высказывания. Придется провозгласить относительность самого релятивистского тезиса и т. д. без конца. Получим аргумент в пользу неустраняемости абсолютного, против универсализации относительного. Подобное же положение имеем в связи с выставлением принципа всеобщего сомнения. Придется сделать сомнительным само существование сомнения и т. д. (в данном случае учитывается декартовский аргумент: *cogito ergo sum*).

Общим для всех рассматриваемых примеров является самоотрицаемость соответствующих отрицаний: отрицания истины, существования я, отрицания самого отрицания и т. п., реализуемая с помощью логической невозможности, выраженной в терминах регресса в бесконечность. Здесь мы имеем доказательство соответствующих обстоятельств (например, существования истины) с помощью самоотрицания их отрицаний.

Некоторые авторы считают [1], что негативный момент в самоотрицаемых высказываниях фигурирует как противоречие между «словом» и «делом» (например, противоречие тезиса, отрицающего истину, с тем, что сам этот тезис поневоле претендует на истинность). На самом же деле «противоречие» между «словом» и «делом» не является чисто логическим моментом. Для того чтобы положение выразить в логических терминах, соответствующий негативный момент надо связать с регрессом в бесконечность, к которому приводит, в частности, отрицание истины.

В приведенных выше примерах выступает определенная форма логических выводов, которые можно назвать коренными выводами. Коренные выводы характеризуются тем, что содержание и обоснование какого-либо положения включает в себя в качестве основного момента учет ситуации, создаваемой самим фактом его отрицания.

Коренной вывод существенно отличается от апагогического рассуждения. В нем негативный момент органически участвует в выводе и выполняет определенную положительную роль.

Коренные выводы имеют важнейшее значение в логике и служат обоснованию основных логических обстоятельств.

Ряд аргументов, известных в истории философии и науки, если правильно их направить, являются примерами коренных выводов. Таковым является, например, сократовский аргумент в пользу наличия знания, объективный смысл которого заключается в том, что в случае отрицания знания это отрицание надо раньше направить в отношении самого знания о невозможности знания и т. д. Аналогично доказываются неустранимость для науки понятийности, принципов и т. д. С помощью коренных выводов доказываются неразрывность общего и отдельного, целого и части, содержания и формы, конечного и бесконечного и т. п. В соответствующих коренных выводах в негативном плане участвуют рассуждения Зенона, направленные против множества, бесконечности, движения, рассуждения Канта в его апориях. Например, неустранимость движения объективно доказывается в апориях Зенона показом самоотрицаемости его отрицания.

Если рассуждения Зенона остановить на полдороге и не довести до их логического конца, то создается впечатление наличия апорий. Но если трактовать их как участвующих в соответствующих коренных выводах, то получатся аргументы в пользу множества, бесконечности, движения, имеющие важное познавательное значение. Например, в апории «дихотомия» в самой бесконечности усматривается регресс в бесконечность. В действительности бесконечность не только не может страдать регрессом в бесконечность, но, наоборот, учет регресса в бесконечность, как показателя определенной логической невозможности, сам предполагает положительное использование идеи бесконечности.

Рассуждения, использованные в софизме «лжец», в действительности не только не выражают какое-либо логически ложное положение, но в негативном плане участвуют в обосновании соответствующих положительных обстоятельств, именно притязательности мысли на истинность, направленности мысли к предмету (ложное положение создается в связи с высказыванием мысли без претензии на истинность, направленностью мысли опять к той же мысли).

Аналогичным, но несколько более усложненным образом, в сравнении с софизмом «лжец», может быть разрешен парадокс «непредикабельный». И здесь имеем участие в негативном плане соответствующих рассуждений в определенном коренном выводе. Говоря кратко, дело заключается в следующем: «непредикабельное» будет непредикабельным, если оно предикабельно, и предикабельным, если оно непредикабельно и т. д. Опять получим регресс в бесконечность. Наличие дилеммы предикабельный или непредикабельный в отношении понятия «непредикабельный» потребует ее предварительного выполнения.

Когда от предиката «непредикабельный» сначала же требуют, чтобы оно было или предикабельным, или непредикабельным, то исходят из той установки, что определенность того или иного понятия заключается в его объемном эффекте, в классификации всех вещей на выпадающие и не выпадающие под это понятие, в фигурировании продуктов этой классификации в виде некоторого актуального набора. Здесь имеем тенденцию сведения содержания понятия к его объему, искажающую само понятие объема. Эта тенденция смыкается с отрывом друг от друга содержания и объема, поскольку в виде содержания повторяется тот же объем, а само содержание вытесняется. При рас-

сма­три­вае­мом под­хо­де, как ука­зы­ва­лось вы­ше, для по­ня­тия име­ет зна­че­ние лишь его рас­про­стра­не­мость на те или иные объ­ек­ты. Но в та­ком слу­чае вы­став­ле­ние ка­ко­го-ли­бо по­ня­тия по­тре­бу­ет, что­бы оно сна­ча­ла же успе­ло про­из­ве­сти оп­ре­де­лен­ный эф­фект в от­но­ше­нии са­мо­го се­бя, вы­явить свою при­над­ле­ж­ность или не­при­над­ле­ж­ность им же пред­став­лен­но­му объ­е­му. Но тогда на­до рань­ше обес­пе­чить оп­ре­де­лен­ность по­треб­ной объ­е­мной фик­са­ции са­мо­го по­ня­тия рас­про­стра­не­ния или не­рас­про­стра­не­ния ка­ко­го-ли­бо по­ня­тия на са­мо­го се­бя, для че­го по­тре­бу­ет­ся, что­бы эти по­ня­тия се­бя объ­е­мно фик­си­ро­ва­ли в от­но­ше­нии са­мих се­бя.

При­де­тся по­ста­вить во­прос о пред­ика­бель­но­сти или не­пред­ика­бель­но­сти са­мих по­ня­тий пред­ика­бель­но­сти и не­пред­ика­бель­но­сти. В свя­зи с этим воз­ни­ка­ет, как мы ви­де­ли, ло­гиче­ски лож­ное по­ло­же­ние, выра­жае­мое со­от­вет­ст­вую­щим ре­грессом в бес­ко­неч­ность. Этот ре­гресс в бес­ко­неч­ность уча­ст­вует в не­га­тив­ном ас­пек­те в обос­но­ва­нии еди­нства со­дер­жа­ния и объ­ема по­ня­тия. Здесь мы име­ем оп­ять ко­рен­ной вы­вод и пра­виль­ное зна­че­ние фи­гу­ри­ру­ю­щих в па­ра­док­се «не­пред­ика­бель­ный» со­от­вет­ст­вую­щих мо­мен­тов — в уча­стии в этом ко­рен­ном вы­воде.

Па­ра­док­сы те­о­рии мно­жеств раз­ре­ша­ются в ос­нов­ном с по­мощью ука­за­ния на роль ис­поль­зуе­мых в па­ра­док­сах рас­суж­де­ний в со­от­вет­ст­вую­щих ко­рен­ных вы­во­дах. Од­на­ко рас­смот­ре­ние от­дель­ных па­ра­док­сов тре­бу­ет так­же уче­та оп­ре­де­лен­ных до­пол­ни­тель­ных мо­мен­тов. От­но­ситель­но па­ра­док­са «скром­ный» от­ме­тим, что скром­ный пред­став­ляет не аб­со­лют­ную, а не­ко­то­рую от­но­ситель­ную цен­ность. Лож­ное по­ло­же­ние соз­да­ет аб­со­лю­ти­за­ция это­го от­но­ситель­но­го (здесь мож­но вспо­мнить ко­рен­ной вы­вод про­тив аб­со­лю­ти­за­ции от­но­ситель­но­го). Если бы скром­ный выра­жа­ло аб­со­лют­ную цен­ность, то важ­нее скром­ности бы­ла бы скром­ность при со­блю­де­нии са­мой скром­ности и т. д. Если бы лю­ди де­ли­лись на стро­го очер­чен­ные груп­пы скром­ных и не­скром­ных, фи­гу­ри­ру­ю­щие в ви­де со­от­вет­ст­вую­щих на­бо­ров, то для об­ра­зо­ва­ния этих на­бо­ров дол­жен был быть рань­ше ре­шен во­прос о скром­ности при­менитель­но к слу­чаю кон­ста­ти­ро­ва­ния соб­ствен­ной же скром­ности и т. д. Не ис­клю­ча­лась бы воз­мож­ность то­го, что скром­ность оп­ре­де­ля­лась бы не­скром­но­стью, а не­скром­ность скром­но­стью. Па­ра­докс «Смей­ся, па­па» ре­ша­ется ана­логич­ным об­разом. Аб­со­лют­ной те­атраль­но­сти нет. Если бы та­кая су­ще­ст­во­ва­ла, то, по­сколь­ку мо­мен­ты те­атраль­за­ции встре­ча­ются в са­мой жиз­ни, ос­нов­ное те­атраль­но­сти бы­ла бы те­атраль­но­сти в от­но­ше­нии са­мой те­атраль­но­сти. важ­нее иг­ры бы­ло бы разы­гры­ва­ние са­мо­го про­цесса разы­гры­ва­ния и т. д. Если бы дей­ствия стро­го клас­сифи­ци­ро­ва­лись по при­зна­ку те­атраль­за­ци­он­ные и не­те­атраль­за­ци­он­ные, на­до бы­ло бы еще рань­ше учи­ты­вать те­атраль­за­цию в от­но­ше­нии са­мо­го акта те­атраль­за­ции. Не ис­клю­ча­лась бы воз­мож­ность, что для те­атраль­но­сти оп­ре­де­ля­ю­щей ока­за­лась бы не­те­атраль­но­сти и на­бо­рот.

Для об­яс­не­ния па­ра­док­са Ри­шара име­ет зна­че­ние то об­стоя­тель­ство, что сам язык не яв­ля­ется ору­дием ло­гиче­ской ха­рак­терис­тики и ло­гика не мож­ет свес­тись к язы­ку.

В па­ра­док­се Бю­рали-Фор­ти речь идет о со­во­куп­но­сти всех транс­финит­ных чисел. Эти числа оп­ре­де­ля­ются на ос­но­ва­нии от­но­ше­ния по­добия вполне упорядоченных мно­жеств, яв­ля­ю­ще­го­ся сим­мет­рич­ным,

транзитивным и рефлексивным отношением. Для того чтобы область этого отношения на основе самого отношения была разбита на подмножества, требуется соблюдение условия о наличии совокупности «предводителей» для всех множеств. Это условие в данном случае не соблюдается. Для того чтобы оно имело место, нужна предварительная заготовленность совокупности всех трансфинитных чисел, т. е. той совокупности, которую именно хотят образовать.

Тбилисский государственный  
университет

(Поступило в редакцию 19.3.1966)

ფილოსოფია

ლ. გოქიელი

(საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

სიმრავლეთა თეორიის პარადოქსები

რეზიუმე

განხილულია სიმრავლეთა თეორიის პარადოქსები და აგრეთვე ზოგიერთი ლოგიკური სოფიზმი. ნაჩვენებია, რომ მათ ამოსახსნელად ძირითადად საჭიროა გარკვეული თვალსაზრისის წამოყენება ლოგიკური დასკვნის პრობლემის შესახებ, ისეთი დასკვნების გათვალისწინება, რომლებშიც მონაწილეობს ნეგატიური მომენტი, თვითუარყოფის სახით, და უსასრულობაში რეგრესით წარმოდგენილი ეს ნეგატიური მომენტი გარკვეულ დადებით როლს ასრულებს.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ledger Wood. The analysis of knowledge, 1940, 195.

Г. Д. БЕРИШВИЛИ

О ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ ПРЕДЕЛАХ

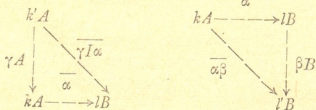
(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 29.12.1965)

Пусть  $\mathfrak{K}$  и  $\mathfrak{L}$  — категории, а  $I$  — функтор из  $\mathfrak{K}$  в  $\mathfrak{L}$ . Если  $\mathfrak{M}$  — третья категория, которую мы в дальнейшем будем предполагать абелевой, то через  $\mathfrak{M}(\mathfrak{K})$  обозначим категорию ковариантных функторов из  $\mathfrak{K}$  в  $\mathfrak{M}$ . Функтор  $I$  определяет функтор из  $\mathfrak{M}(\mathfrak{L})$  в  $\mathfrak{M}(\mathfrak{K})$ , объект  $A$  из  $\mathfrak{M}(\mathfrak{L})$  переходит в композицию  $IA$ . В статье будут изучаться левый и правый сопряженные функторы [1] вышеопределенного функтора.

Определение 1.  $I$ -морфизмом между объектом  $A$  из  $\mathfrak{M}(\mathfrak{K})$  и объектом  $B$  из  $\mathfrak{M}(\mathfrak{L})$  назовем систему морфизмов  $\{\bar{\alpha}\}$  для каждого морфизма  $\alpha: kI \rightarrow l$  ( $k$  — объект из  $\mathfrak{K}$ , а  $l$  — из  $\mathfrak{L}$ )

$$\bar{\alpha}: kA \rightarrow lB$$

такую, что если  $\gamma: k' \rightarrow k$ ,  $\beta: l \rightarrow l'$ , то диаграммы

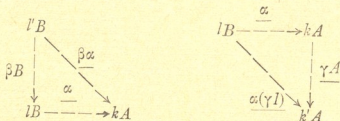


коммукативны.

Определение 1\*.  $I$ -морфизмом между объектом  $B$  из  $\mathfrak{M}(\mathfrak{L})$  и объектом  $A$  из  $\mathfrak{M}(\mathfrak{K})$  назовем систему морфизмов  $\{\underline{\alpha}\}$  для каждого морфизма  $\alpha: kI \rightarrow l$

$$\underline{\alpha}: lB \rightarrow kA$$

такую, что диаграммы



коммукативны.



Ясно, что так определенные морфизмы удовлетворяют условиям (1), (2) и (3) из работы [2].

Определение 2. Пусть  $A$ —объект из  $\mathfrak{A}(\mathfrak{R})$ .

Прямым пределом  $A$  назовем объект из  $\mathfrak{A}(\mathfrak{Q})$ , обозначим его  $LA$ , и  $I$ -морфизм  $u: A \rightarrow LA$  такой, что любой  $I$ -морфизм  $f: A \rightarrow X$  разлагается единственным образом в композицию  $\bar{f} = uf'$ , где  $f': LA \rightarrow X$ —морфизм из  $\mathfrak{A}(\mathfrak{Q})$ .

Определение 2\*. Обратным пределом  $A$  назовем объект  $\Gamma A$  из  $\mathfrak{A}(\mathfrak{Q})$ , и  $I$ -морфизм  $v: \Gamma A \rightarrow A$  такой, что любой  $I$ -морфизм  $g: X \rightarrow A$  разлагается единственным образом в композицию  $g = g'v$ , где  $g': X \rightarrow \Gamma A$ —морфизм из  $\mathfrak{A}(\mathfrak{Q})$ .

По терминологии работы [2]  $u$  право-универсальный, а  $v$  лево-универсальный.

Легко доказать, что  $L$  и  $\Gamma$  можно доопределить до функторов из  $\mathfrak{A}(\mathfrak{R})$  в  $\mathfrak{A}(\mathfrak{Q})$ . Если в этих категориях все морфизмы для любых двух объектов составляют множество, то тогда  $L$  и  $\Gamma$  являются сопряженными функторами [1] для функтора  $I: \mathfrak{A}(\mathfrak{Q}) \rightarrow \mathfrak{A}(\mathfrak{R})$ .

Для каждого объекта  $l$  из  $\mathfrak{Q}$  определим категорию  $I_*l$  (соответственно  $I^*l$ ), объектами которого являются всевозможные морфизмы  $\alpha: kl \rightarrow l$  (соответственно  $\alpha: l \rightarrow kl$ ), где  $k$ —объект из  $\mathfrak{R}$ , а морфизмами—такие морфизмы  $\gamma: k \rightarrow k'$  из  $\mathfrak{R}$ , что  $(\gamma I) \beta = \alpha$  (соответственно  $\alpha (\gamma I) = \beta$ ), где  $\beta: k'I \rightarrow l$ .

Любой морфизм  $\xi: l \rightarrow l'$  из  $\mathfrak{Q}$  определяет функтор  $\xi_*: I_*l \rightarrow I_*l'$  (соответственно  $\xi^*: I^*l' \rightarrow I^*l$ ).

Функтор  $A: \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{A}$  определяет функторы  $A_*l: I_*l \rightarrow \mathfrak{A}$  (соответственно  $A^*l: I^*l \rightarrow \mathfrak{A}$ ) следующим образом:  $\alpha A_*l = kA$  (соответственно  $\alpha A^*l = kA$ ). Ясно, что эти функторы перестановочны с вышеопределенными, т. е.  $\xi_* A_*l = A_*l (\xi^* A^*l = A^*l)$ .

Если для любого функтора  $A_*l$  ( $A^*l$ ) существует прямой предел (обратный предел) в смысле работы [1], т. е. объект и морфизмы в него (из него) с обычным условием универсальности, то обозначим его через  $lLA$  ( $l\Gamma A$ ).

Предложение 1. Если для любого  $l$  существует  $lLA$ , то  $LA$  с каноническими морфизмами является прямым пределом  $A$ .

Доказательство. Пусть  $X$ —объект из  $\mathfrak{A}(\mathfrak{Q})$  и  $A \rightarrow X$ — $I$ -морфизм. Определим морфизмы  $\alpha l A_* \rightarrow lX$  как  $\bar{\alpha}: kA \rightarrow lX$ . В силу универсальности существуют  $lLA \rightarrow lX$ . Легко доказать, что так определенные морфизмы образуют морфизм функторов  $LA \rightarrow X$ .

Имеет место и двойственное предложение 1\*. В дальнейшем двойственные предложения мы не будем формулировать, их будем обозначать звездой.

Пусть  $A$ —функтор из  $\mathfrak{M}(\mathbb{K})$ , а  $l$ —объект из  $\mathfrak{L}$ . Рассмотрим всевозможные конечные последовательности морфизмов

$$k_0 \xrightarrow{\alpha_0} k_1 \xrightarrow{\alpha_1} \dots \xrightarrow{\alpha_{n-1}} k_n, k_n l \xrightarrow{\alpha_n} l.$$

Каждой такой последовательности поставим в соответствие объект  $k_0 A$  из  $\mathfrak{M}$ . Обозначим через  $lA_n$  их прямую сумму. Соответствующий канонический морфизм из  $k_0 A$  в  $lA_n$  обозначим  $(\alpha_0, \dots, \alpha_n)$ . Если  $\alpha: l \rightarrow l'$ —морфизм из  $\mathfrak{L}$ , то  $\alpha A_n$  определим равенством

$$(\alpha_0, \dots, \alpha_n) (\alpha A_n) = (\alpha_0, \dots, \alpha_n \alpha).$$

Легко проверить, что  $A_n$ —функтор из  $\mathfrak{L}$  в  $\mathfrak{M}$ . Определим граничный морфизм  $ld$  из  $lA_n$  в  $lA_{n-1}$  равенством

$$(\alpha_0, \dots, \alpha_n) (ld) = (\alpha_0 A) (\alpha_1, \dots, \alpha_n) + \sum (-)^i (\alpha_0, \dots, \alpha_{i-1} \alpha_i, \dots, \alpha_n) + \\ + (-)^n (\alpha_0, \dots, \alpha_{n-1} l \alpha_n).$$

Легко проверить, что  $d$ —морфизм функторов и  $dd = 0$ .

Следовательно, получаем комплекс функторов из  $\mathfrak{L}$  в  $\mathfrak{M}$

$$\dots \rightarrow A_3 \rightarrow A_2 \rightarrow A_1 \rightarrow A_0 \rightarrow 0 \rightarrow \dots$$

Обозначим  $H_n A$  объекты гомологии построенного комплекса.

Если  $\mathbb{K}$  является полной подкатегорией  $\mathfrak{L}$ , а  $l$ —вложением, то можно определить морфизм функторов  $\varepsilon: A_0 \rightarrow A$  равенством  $(\alpha_0) \varepsilon = \alpha_0 A$ , где  $\alpha_0: k_0 \rightarrow k$ —морфизм из  $\mathfrak{L}$ .

Предложение 2. Последовательность, рассмотренная на  $\mathbb{K}$ ,

$$A_1 \xrightarrow{\alpha} A_0 \xrightarrow{\varepsilon} A \rightarrow 0$$

точна.

Сперва докажем следующую лемму.

Лемма 3. Последовательность функторов

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow 0 \tag{1}$$

точна тогда и только тогда, когда точны последовательности

$$kA \rightarrow kB \rightarrow kC \rightarrow 0 \tag{2}$$

для любого объекта  $k$ .

Доказательство. Если точна последовательность (2) для любого  $k$  и дан морфизм  $B \rightarrow X$ , то можно построить соответствующие морфизмы  $kC \rightarrow kX$ . Из единственности следует, что они составляют морфизм функторов  $C \rightarrow X$ . Пусть сейчас точна последовательность (1) и пусть дан морфизм  $f: kB \rightarrow a$ , где  $a$ —объект из  $\mathfrak{M}$ . Построим функтор  $X$ : пусть  $k'X$ —прямое произведение объекта  $a$  столько раз, сколько морфизмов из  $k'$  в  $k$ . Если  $\alpha$ —такой морфизм, то через  $\tilde{\alpha}$  обозначим канонический морфизм  $k'X \rightarrow a$ . Определим морфизм  $k'B \rightarrow k'X$  следующим образом:  $k'B \xrightarrow{\tilde{\alpha}} a$  пусть будет  $k'B \xrightarrow{\alpha B} k'B \xrightarrow{f} a$ . Непосредствен-

но получается морфизм функторов. Из точности последовательности (1) следует существование разложения  $B \rightarrow C \rightarrow X$  для построенного морфизма, в частности и для  $kB \xrightarrow{\sim} kX \rightarrow a$ .

Доказательство предложения 2. Из леммы 3 следует, что достаточно показать точность для любого  $k$ .

Рассмотрим диаграмму

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & \alpha_0 A & & & & \\
 & & \dashrightarrow & & \dashrightarrow & & \\
 k_0 A & & & & k_1 A & & \\
 \downarrow (\alpha_0, \alpha_1) & \searrow (\alpha_0 \alpha_1) d & & & \downarrow (\alpha_1) & & \\
 k A_1 & & & & k A_0 & \xrightarrow{\varepsilon} & k A \rightarrow 0 \\
 & & & & \downarrow f & \searrow f' & \\
 & & & & a & & 
 \end{array}$$

где  $k_0 \xrightarrow{\alpha_0} k_1 \xrightarrow{\alpha_1} k$  — морфизмы из  $\mathfrak{K}$ , а  $f$  — морфизм из  $\mathfrak{M}$  такой, что  $df = 0$ .

Требуется найти  $f'$  такой, что  $\varepsilon f' = f$ . Пусть  $f' = (i) f$ , где  $i$  — тождественный морфизм для  $k$ .  $(\alpha) \varepsilon f' = (\alpha) \varepsilon (i) f = (\alpha A) (i) f$ .

Так как  $df = 0$ , то  $0 = (\alpha_0, \alpha_1) df = \alpha_0 A (\alpha_1) f - (\alpha_0 \alpha_1) f$ . Следовательно,  $(\alpha) \varepsilon f' = (\alpha) f = (\alpha) f$ . Отсюда  $\varepsilon f' = f$ . Единственность  $f'$  следует из эпиморфности  $\varepsilon$ .

Предложение 3. Для любого функтора  $A$  из  $\mathfrak{M}(\mathfrak{K})$  существует  $A'$  из  $\mathfrak{M}(\mathfrak{K})$  и эпиморфизм  $\rho: A' \rightarrow A$  такой, что

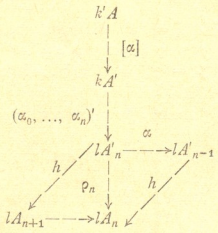
$$H_n A' \xrightarrow{\rho H_n} H_n A$$

— нулевой морфизм для  $n > 0$ .

Доказательство. Пусть  $kA'$  для любого  $k$  — прямая сумма объектов  $k'A$  для каждого морфизма  $\alpha: k' \rightarrow k$ , соответствующий канонический морфизм  $k'A \rightarrow kA'$  обозначим  $[\alpha]$ . Если  $\xi: k \rightarrow k_1$  — морфизм из  $\mathfrak{K}$ , то  $\xi A'$  определим равенством  $[\alpha] \xi A' = [\alpha \xi]$  для любого  $\alpha$ .

Ясно, что  $A'$  — функтор.  $\rho: kA' \rightarrow kA$  определим равенством  $[\alpha] \rho = \alpha A$ . Равенства  $[\alpha] (\xi A') \rho = [\alpha \xi] \rho = (\alpha \xi) A = (\alpha A) (\xi A) = [\alpha] \rho (\xi A)$  показывают, что  $\rho$  — морфизм функторов. Так как  $[i] \rho = i A$  тождественный, то  $\rho$  — эпиморфизм. Покажем, что  $\rho H_n = 0$ . Для этого построим гомотопию  $h: A'_n \rightarrow A_{n+1}$ .  $h$  определяет равенство  $[\alpha] (\alpha_0, \dots, \alpha_n) h = (\alpha, \alpha_0, \dots, \alpha_n)$ .

Рассмотрим диаграмму



$$\begin{aligned}
 & [\alpha] (\alpha_0, \dots, \alpha_n)' dh + [\alpha] (\alpha_0, \dots, \alpha_n)' h d = [\alpha] (\alpha_0 A') (\alpha_1, \dots, \alpha_n)' h + \\
 & + \sum_{1 \leq i \leq n} (-)^i [\alpha] (\alpha_0, \dots, \alpha_{i-1} \alpha_i, \dots, \alpha_n)' h + (\alpha, \alpha_0, \dots, \alpha_n) d = \\
 & = [\alpha \alpha_0] (\alpha_1, \dots, \alpha_n)' h + \sum_{1 \leq i \leq n} (-)^i (\alpha, \alpha_0, \dots, \alpha_{i-1} \alpha_i, \dots, \alpha_n) + \\
 & + \alpha A (\alpha_0, \dots, \alpha_n) - \sum_{0 \leq i \leq n} (-)^i (\alpha, \dots, \alpha_{i-1} \alpha_i, \dots, \alpha_n) = \\
 & = (\alpha \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n) + (\alpha A) (\alpha_0, \dots, \alpha_n) - (\alpha \alpha_0, \dots, \alpha_n) = \\
 & = \alpha A (\alpha_0, \dots, \alpha_n) = [\alpha] iA (\alpha_0, \dots, \alpha_n) = [\alpha] (\alpha_0, \dots, \alpha_n)' \rho_n.
 \end{aligned}$$

Эти равенства показывают, что  $\rho_n$  вызывает нулевой морфизм  $\rho H_\rho: A'H_n \rightarrow AH_n$ .

Теорема 4. Пусть  $\mathfrak{K}$  и  $\mathfrak{L}$  — категории и  $I$  — функтор из  $\mathfrak{K}$  в  $\mathfrak{L}$  и пусть построение  $H_n A$  возможно. Тогда  $H_0 A$  является прямым пределом  $A$ .

Доказательство. Построим сперва  $I$ -морфизм из  $A$  в  $H_0 A$ , пусть им будет  $(i) \pi$ , где  $i$  — тождественный морфизм, а  $\pi$  — эпиморфизм из  $A_0$  на  $H_0 A$ . Так как  $d\pi = 0$ , то  $0 = (\alpha_0, \alpha_1) d\pi = (\alpha_0 A) (\alpha_1) \pi - (\alpha_0 \alpha_1) \pi$ . В частности,  $(i) (\alpha I A_0) \pi = (\alpha I) \pi = (\alpha A) (i) \pi$ , т. е.  $(i) \pi (\alpha I H_0 A) = (\alpha A) (i) \pi$ . Это доказывает, что  $(i) \pi$  —  $I$ -морфизм. Пусть  $\xi: A \rightarrow X$  —  $I$ -морфизм. Для доказательства теоремы требуется построить морфизм  $\eta: H_0 A \rightarrow X$  такой, что  $\xi = (i) \pi \eta$ . Определим морфизм  $\eta': A_0 \rightarrow X$  равенством  $(\alpha) \eta' = \xi (\alpha X)$ .  $(\alpha_0, \alpha_1) d\eta' = (\alpha_0 A) (\alpha_1) \eta' - (\alpha_0 \alpha_1) \eta' = (\alpha_0 A) \xi (\alpha_1 X) - \xi (\alpha_0 \alpha_1 X) = \xi (\alpha_0 I X) (\alpha_1 X) - \xi (\alpha_0 \alpha_1 X) = 0$ . Это доказывает, что  $d\eta' = 0$  и поэтому существует  $\eta$  такой, что  $\eta' = \pi \eta$ .  $(i) \pi \eta = (i) \eta' = \xi (i X) = \xi$ .

Предложение 5. Функтор  $L: \mathfrak{M}(\mathfrak{K}) \rightarrow \mathfrak{M}(\mathfrak{L})$  точен справа.

Доказательство. Пусть последовательность  $A \xrightarrow{f} B \xrightarrow{g} C \rightarrow 0$  точна и  $\xi: LB \rightarrow X$  — такой морфизм, что  $(Lf) \xi = 0$ . Обозначим через

$\alpha, \beta$  и  $\gamma$  канонические  $I$ -морфизмы  $A \rightarrow LA, B \rightarrow LB$  и  $C \rightarrow LC$  соответственно. Имеем  $0 = \alpha(Lf)\xi = f\beta\xi$ . Из точности  $A \xrightarrow{f} B \xrightarrow{g} C \rightarrow 0$  следует существование такого  $\xi'$ , что  $\beta\xi = g\xi'$ .  $\xi'$  разлагается в композицию  $\xi' = \gamma\xi''$ . Отсюда  $\beta\xi = g\gamma\xi'' = \beta(Lg)\xi''$ . Из единственности разложения следует, что  $\xi = (Lg)\xi''$ .

**Теорема 6.**  *$H_n$  изоморфны левым производным функторам  $L$ .*

**Доказательство.** Легко проверить, что переход к  $A_n$ —точный функтор.

Отсюда вытекает, что  $H_n$  образует связанную точную последовательность функторов. Из предложения 3 вытекает, что эта последовательность универсальна [2].

Рассмотрим множество всех функций  $\alpha$  из множества натуральных чисел  $N$  в  $[0, 1]$ , удовлетворяющих следующим условиям:

1.  $\alpha$  отлично от нуля только на конечном множестве.
2.  $\sum n\alpha = 1, n \in N$ .

Упорядочим все такие функции следующим соотношением:  $\alpha < \beta$ , если и только если для всех  $n$   $n\beta = 0 \implies n\alpha = 0$ . Это множество топологизируется известным образом.

Рассмотрим категорию  $\mathfrak{K}$ , объектами которого являются подпространства  $k$  вышеописанного топологического пространства, удовлетворяющие следующим условиям:

1.  $\beta \in k$  и  $\alpha < \beta \implies \alpha \in k$ .

2. Множество всех натуральных чисел, на которых хотя бы одна функция из  $k$  отлична от нуля, конечно (это условие равносильно компактности пространства  $k$ ).

Пусть морфизмами категории  $\mathfrak{K}$  будут непрерывные отображения. Рассмотрим еще категорию  $\mathfrak{K}^*$  пар  $(k, k')$  из  $\mathfrak{K}$ , где  $k' \subset k$ .  $\mathfrak{K}$  вкладывается в  $\mathfrak{K}^*$  при помощи функтора  $k \rightarrow (k, \emptyset)$ .

На категории  $\mathfrak{K}^*$  существуют классические функторы гомологии и когомологии. Через  $H_n$  обозначим прямой предел этого функтора относительно  $\mathfrak{X}^*$  пар топологических пространств. Так как эти функторы принимают значения в категории абелевых групп, где прямая сумма точна, то и прямой предел функторов на  $\mathfrak{K}^*$  будет точным функтором.

Рассмотрим на категории  $\mathfrak{K}^*$  два функтора  $A_n(k, k') = H_n(k)$  и  $B_n(k, k') = H_n(k')$  и их прямые пределы, которые будем обозначать так же. Легко проверить, что в действительности они также независимы, первый—от  $x'$ , а второй—от  $x$  для пары  $(x, x')$ , и являются прямыми пределами функтора  $H_n$  с категории  $\mathfrak{K}$  на категорию  $\mathfrak{X}$ . Эти функторы составляют точную последовательность на категории  $\mathfrak{K}$ .

$$\begin{array}{ccccccc}
 \rightarrow H_1(k, k') & \rightarrow B_0(k, k') & \rightarrow A_0(k, k') & \rightarrow H_0(k, k') & \rightarrow 0 \\
 \parallel & \parallel & \parallel & \parallel & \\
 \rightarrow H_1(k, k') & \rightarrow H_0(k') & \rightarrow H_0(k') & \rightarrow H_0(k, k') & \rightarrow 0.
 \end{array}$$

Так как взятие прямого предела—точный функтор, то для любой пары  $(x, x')$  получаем точную последовательность

$$\rightarrow H_1(x, x') \rightarrow H_0(x') \rightarrow H_0(x) \rightarrow H_0(x, x') \rightarrow 0.$$

Предложение 7. На категории  $\mathfrak{X}^*$  пар топологических пространств и непрерывных отображений существуют функторы  $H_n$ , которые обладают следующими свойствами:

а) точна последовательность

$$\dots \rightarrow H_1(x) \rightarrow H_1(x, x') \rightarrow H_0(x') \rightarrow H_0(x) \rightarrow H_0(x, x') \rightarrow 0,$$

б) для любых функторов  $A_n$ , которые на категории  $\mathfrak{X}$  совпадают с  $H_n$ , существуют единственные морфизмы

$$H_n \rightarrow A_n,$$

которые на  $\mathfrak{X}^*$  индуцируют тождественные.

Если в  $\mathfrak{X}^*$  и  $\mathfrak{X}^*$  за морфизмы возьмем не непрерывные отображения, а гомотопические классы непрерывных отображений, то получим теорию гомологии, которая удовлетворяет аксиоме гомотопии Эйленберга—Стиррода.

Академия наук Грузинской ССР  
Тбилисский математический  
институт  
им. А. М. Размадзе

(Поступило в редакцию 29.12.1965)

შემაჯობა

ბ. ბერიშვილი

პირდაპირი და უმართვნივლი ფუნქტორების შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

განმარტებულია ქვეყანაში მოცემული ფუნქტორის პირდაპირი და უმართვნივლი ფუნქტორის, რომლის მიხედვითაც უმართვნივლი ფუნქტორები იზომორფულია გარკვეული წესით აგებულ ფუნქტორთა კომპლექსის ჰომო-

ლოგის წვუთებისა. აგებულია კომოლოგის ზუსტი თეორია, როგორც ზღვარი პოლიედრების კომოლოგის ფუნქტორისა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. D. M. Kan. Adjoint Functors. Trans. Am. Math. Soc., 87, 1958.
2. R. G. Swan. The Theory of Sheaves. Chicago and London. The University of Chicago Press, 1964.

П. Г. АИЗЕНГЕНДЛЕР

ОБ ОСОБЫХ РЕШЕНИЯХ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 23.10.1965)

1. Пусть  $E$  и  $E_1$ —комплексные банаховы пространства;  $\lambda$ —комплексный числовой параметр;  $B \in (E \rightarrow E_1)$ —линейный оператор<sup>1</sup>, имеющий замкнутую область значений, причем подпространства нулей оператора  $B$  и сопряженного к нему оператора  $B^*$  имеют одинаковую конечную размерность  $r$ ,  $r \geq 0$ ;  $f \in E_1$ ,  $F_0 \in E_1$ ,  $F_i (i = 1, 2, \dots, k)$ — $i$ -линейные ограниченные (см. [8]) операторы, действующие из  $E$  в  $E_1$ .

Образуем класс  $R$  абстрактных функций, каждая из которых представима в виде

$$x(\lambda) = \frac{\tilde{x}(\lambda)}{\lambda^p}, \quad (1)$$

где  $\tilde{x}(\lambda)$ —абстрактная функция, непрерывная в некоторой окрестности точки  $\lambda = 0$  (для каждой функции имеется своя окрестность), и  $p$ —рациональное число.

Ставится задача: для уравнения

$$Bx = f + \lambda \sum_{i=0}^k F_i x^i, \quad k \geq 2, \quad (2)$$

найти все решения  $x(\lambda) \in R$ .

Решение  $x(\lambda) \in R$  назовем малым, если  $\lim_{\lambda \rightarrow 0} \|x(\lambda)\| = 0$ , ограниченным, если  $\overline{\lim}_{\lambda \rightarrow 0} \|x(\lambda)\| < \infty$ , и особым, когда  $\overline{\lim}_{\lambda \rightarrow 0} \|x(\lambda)\| = \infty$ .

Частные случаи такой задачи для интегральных и интегро-дифференциальных уравнений определенного вида рассматривались в работах [1—7] и в работах других авторов.

При  $r = 1$  уравнение (2) было впервые изучено в работе [8] (см. также [9]), в которой предполагалось, что  $R$  есть класс абстрактных функций вида (1), имеющих при  $\lambda \rightarrow 0$  порядок роста не выше чем

<sup>1</sup> Здесь предполагается, что  $B$ —ограниченный оператор и  $D(B) = E$ .



$\lambda^{-1/k-1}$ . В работе [8] был предложен метод отыскания всех решений упомянутого роста, использующий введенное в этой работе понятие обобщенной цепочки Жордана. В работе [9] приводятся основные результаты В. А. Треногина из [8], но вместо обобщенной цепочки Жордана используется метод диаграммы Ньютона.

Методы, предложенные в работах [8, 9], существенно использовали предположение, что  $r \leq 1$ .

При этом оставался еще открытым вопрос о существовании особых решений уравнения (2), растущих при  $\lambda \rightarrow 0$  быстрее, чем  $\lambda^{-1/(k-1)}$ .

В настоящей работе мы исследуем поставленную задачу, когда  $r > 1$ , и выясняем также вопрос о существовании решений любого заданного роста. Последняя часть статьи посвящена задаче об особых периодических решениях неавтономных систем дифференциальных уравнений определенного вида.

Данное исследование использует методы, указанные в работах [10, 11].

2. Пусть  $R_k$ —класс абстрактных функций вида (1), имеющих при  $\lambda \rightarrow 0$  порядок роста меньше чем  $\lambda^{-1/k-1}$ . Здесь мы будем предполагать, что  $R = R_k$  и  $r \geq 2$ .

Следуя идее работы [8], сделаем подстановку

$$x = y \mu^{-1}, \quad \lambda = \mu^{k-1}. \quad (3)$$

Тогда уравнение (2) примет вид

$$By = \mu^f + \sum_{i=0}^k \mu^{k-i} F_i y^i \quad (4)$$

и наша задача равносильна задаче об отыскании всех малых непрерывных решений уравнения (4). Последняя, в свою очередь, приводит (см. [10]) к определению всех малых решений системы

$$y = \sum_{n_1 + \dots + n_r + n_0 \geq 1} Y_{n_1, \dots, n_r, n_0} \xi_1^{n_1} \dots \xi_r^{n_r} \mu^{n_0}, \quad (5)$$

$$\Phi_j(\xi_1, \dots, \xi_r, \mu) = 0, \quad j = 1, \dots, r, \quad (6)$$

где  $Y_{n_1, \dots, n_r, n_0} \in E$  и однозначно определяются путем подстановки (5) и (4) и сравнения коэффициентов при одинаковых одночленах относительно  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_r, \mu$ ; система (6)—система уравнений разветвления Ляпунова—Шмидта (см., например, [10]).

Таким образом, для определения всех решений уравнения (2) в классе функций  $R_k$  достаточно найти все малые решения  $\xi(\mu) = (\xi_1(\mu), \dots, \xi_r(\mu))$  системы (6), а затем воспользоваться соотношениями (5) и (3).

**Теорема 1.** Если  $\Phi_j \equiv 0, j = 1, \dots, r$ , то уравнение (2) имеет в классе  $R_k$  бесчисленное множество как малых и ограниченных, так и особых решений.

Допустим, что не все  $\Phi_j \equiv 0$ . Тогда, применяя метод, изложенный в работе [10], образуем для системы (6) последовательность отмеченных (относительно первого неизвестного) многочленов<sup>(1)</sup>  $d_m(\xi_m^{(m)}, \dots, \xi_r^{(m)}, \mu), m = 1, \dots, s, s \leq r$ , где неизвестные  $(\xi_m^{(m)}, \dots, \xi_r^{(m)})$  выражаются через  $(\xi_r^{(m-1)}, \dots, \xi_1^{(m-1)})$ , а  $(\xi_1^{(1)}, \dots, \xi_r^{(1)})$  — через  $(\xi_1, \dots, \xi_r)$  путем неособых линейных преобразований

$$\left. \begin{aligned} (\xi_1, \dots, \xi_r) &= (T) (\xi_1^{(1)}, \dots, \xi_r^{(1)}), \\ (\xi_j^{(j-1)}, \dots, \xi_r^{(j-1)}) &= (T_j) (\xi_j^{(j)}, \dots, \xi_r^{(j)}). \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\det(T) \neq 0, \det(T_j) \neq 0, j = 1, \dots, r-1. \quad (8)$$

**Теорема 2.** Если хотя бы для одного номера  $i_0, 1 \leq i_0 < r$   $d_{i_0} \not\sim 1$ , то для уравнения (2) имеет место утверждение теоремы 1.

Рассмотрим случай, когда условия теорем 1 и 2 нарушены.

**Теорема 3.** Если  $d_i \sim 1, i = 1, \dots, r$ , то уравнение (2) не имеет решений в классе  $R_k$ .

**Теорема 4.** Для того чтобы число решений уравнения (2) в классе  $R_k$  было конечным и отличным от нуля, необходимо и достаточно выполнение условий

$$d_i \sim 1, i = 1, \dots, r-1, d_r \not\sim 1. \quad (9)$$

В этом случае каждое решение  $x(\lambda) \in R_k$  уравнения (2) представи-

мо в виде  $x(\lambda) = \sum_{\lambda = -q_0}^{\infty} a_\lambda \lambda^{x/q}, a_\lambda \in E$ , где  $q_0, q$  — натуральные числа,

причем ряд  $\sum_{\lambda=0}^{\infty} a_\lambda \lambda^{x/q}$  сходится в некоторой окрестности точки  $\lambda=0$ .

Отметим, что число всех решений и вид каждого из них определяются эффективно. Метод доказательства данной теоремы приводит также к различным достаточным признакам наличия решений того или иного вида.

Из теоремы 4 не следует существования особых решений. В связи с этим возникает вопрос о существовании особых решений при выполнении условий (9) уравнения (2).

Пусть выполнены условия (9). Тогда, применив метод из [10], получим последовательность систем

<sup>(1)</sup> Все обозначения взяты из работы [10].

10.039

$$G_i^{(1)}(\xi_1^{(1)}, \dots, \xi_r^{(1)}, \mu) = 0, \quad i = 1, \dots, r_1, \quad r_1 = r, \quad (10_1)$$

$$G_i^{(2)}(\xi_2^{(2)}, \dots, \xi_r^{(2)}, \mu) = 0, \quad i = 1, \dots, r_2, \quad (10_2)$$

.....

$$G_i^{(r-1)}(\xi_{r-1}^{(r-1)}, \xi_r^{(r-1)}, \mu) = 0, \quad i = 1, \dots, r_{r-1}, \quad (10_{r-1})$$

$$d_r(\xi_r^{(r-1)}, \mu) = 0, \quad (10_r)$$

где все  $G_i$  — отмеченные многочлены относительно первого неизвестного;  $(G_1^{(s)}, \dots, G_{r_s}^{(s)}) = d_s \sim 1, s = 1, \dots, r - 1$  и неизвестные  $\xi$  связаны соотношениями (7).

Здесь  $(\cdot, \dots, \cdot)$  означает общий наибольший делитель. Строим для уравнения  $(10_r)$  диаграмму Ньютона (см., например, [9]) и определяем его решения. Все они имеют вид  $\xi_r^{(r-1)} = \gamma t^q + 0(t^q), t = \mu^{1/q}$ , где  $\gamma \neq 0, p > 0$  и  $q > 0$  — целые числа. (Разумеется, что для каждого решения числа  $\gamma, p$  и  $q$  свои). Каждое найденное решение подставляем в  $(10_{r-1})$ , приходим к системе

$$\tilde{G}_i^{(r-1)}(\xi_{r-1}^{(r-1)}, t) = 0, \quad i = 1, \dots, r_{r-1}. \quad (10'_{r-1})$$

Составляем общий наибольший делитель многочленов  $\tilde{G}_i^{(r-1)}, i = 1, \dots, r_{r-1}$  (обозначим его через  $\tilde{d}_{r-1}(\xi_{r-1}^{(r-1)}, t)$ ) и методом диаграммы Ньютона находим все решения  $\xi_{r-1}^{(r-1)}(t)$  уравнения  $\tilde{d}_{r-1} = 0$ . Этим путем мы определяем все решения  $(\xi_{r-1}^{(r-1)}(\mu), \xi_r^{(r-1)}(\mu))$  системы  $(10_{r-1})$ .

Далее, каждое решение системы  $(10_{r-1})$  (после соответствующей подстановки для  $\mu$  и применения соотношений (7)) подставляем в  $(10_{r-2})$  и повторяем процесс. Получаем совокупность  $D$  диаграмм Ньютона. Учитывая соотношения (8), (5), (3) и значения для коэффициентов  $Y_{10 \dots 0}, \dots, Y_{0 \dots 10}$  ряда (5)

$$Y_{10 \dots 0} = \varphi_1, \quad Y_{010 \dots 0} = \varphi_2, \quad \dots, \quad Y_{0 \dots 10} = \varphi_r,$$

где  $\varphi_1, \dots, \varphi_r$  — нормированный базис подпространства нулей оператора  $B$ , приходим к следующему предложению.

*Теорема 5. Пусть для системы (6) выполнены условия (9). Тогда, если хоть одна диаграмма из совокупности  $D$  содержит звено, образующее с отрицательным направлением оси абсцисс угол  $\alpha < \frac{\pi}{4}$ , то уравнение (2) имеет в классе  $R_k$  особые решения.*

В указанном случае число особых решений не менее длины проекции этого звена на оси абсцисс.

При  $r = 1$  теорема обратима.

Отметим, что для случая  $r = 2$  вычисления упрощаются, результаты становятся более обозримыми.

3. Для определения особых решений, имеющих при  $\lambda \rightarrow 0$  порядков роста  $\lambda^{-1/k-1}$ , полагаем<sup>(1)</sup> (см. также [9])

$$x = x_0 \lambda^{-1} + y(\lambda), \quad (11)$$

где

$$x_0 \in E; \quad y(\lambda) \in R_2.$$

Подставив (11) в (2), приходим к системе

$$Bx_0 = F_2 x_0^2, \quad (12)$$

$$\tilde{B}y = \tilde{f} + \lambda \sum_{i=0}^2 F_i y^i, \quad (13)$$

где

$$\tilde{B} = B - 2F_2 x_0, \quad \tilde{f} = f + F_1 x_0.$$

Пусть уравнение (12) имеет ненулевое решение  $x_0$ . Тогда для выяснения вопроса о существовании решений вида (11) остается исследовать уравнение (13) в классе функций  $R_2$ . Если при этом окажется, что операторы  $\tilde{B}$  и  $\tilde{B}^*$  ( $\tilde{B}^*$ —оператор, сопряженный к  $\tilde{B}$ ) удовлетворяют условиям для операторов  $B$  и  $B^*$  пункта 1, то для уравнения (13) применимы все результаты предыдущего параграфа. Последнее имеет, например, место (см. [12, 13]), когда оператор  $F_2 x_0 \in (E \rightarrow E_1)$  вполне непрерывен.

Отметим также, что имеются различные достаточные признаки существования ненулевого решения уравнения (12)<sup>(2)</sup> и методы его определения.

Если уравнение (12) имеет единственное решение, то для уравнения (2) не существует особых решений с порядком роста  $\lambda^{-1/k-1}$ .

4. Рассмотрим особые решения, имеющие при  $\lambda \rightarrow 0$  порядок роста выше  $\lambda^{-1/k-1}$ . Имеются примеры уравнений с такими решениями.

Для нахождения особых решений с порядком роста  $\lambda^{-(1/k-1+\alpha)}$ , где  $\alpha > 0$ —рациональное число (для простоты ограничимся случаем, когда  $\alpha$ —целое число и  $k = 2$ ), полагаем

$$x = \lambda^{-(1+\alpha)} x_0 + y(\lambda), \quad (i),$$

где

$$x_0 \in E \quad \text{и}$$

$$y(\lambda) \in R, \quad \|y(\lambda)\| = O(|\lambda|^{-(1+\alpha)}) \quad \text{при } \lambda \rightarrow 0 \quad (ii).$$

Подставляя (i) в уравнение (2), приходим к системе уравнений

$$F_2 x_0^2 = 0, \quad (14)$$

<sup>(1)</sup> Для простоты ограничимся случаем  $k = 2$ .

<sup>(2)</sup> См., например, [14].

$$\lambda \widetilde{B}y = \widetilde{f} + \lambda \widetilde{f}_1 + \lambda^{1+\alpha} f + \lambda^{2+\alpha} F_0 - \lambda^{1+\alpha} B y + \\ + \lambda^{2+\alpha} F_1 y + \lambda^{2+\alpha} F_2 y^2, \quad (15)$$

где

$$\widetilde{B} = 2 F_2 x_0; \quad \widetilde{f} = -B x_0; \quad \widetilde{f}_1 = F_1 x_0.$$

Пусть  $x_0$  — ненулевое решение уравнения (14). Тогда наша задача сводится к определению решений  $y(\lambda)$  уравнения (15), удовлетворяющих условию (ii), а для этого достаточно сделать подстановку  $y = \lambda^{-(1+\alpha)} \zeta$  и определить все малые решения уравнения

$$\widetilde{B} \zeta = \lambda^\alpha \widehat{f} + \lambda^{1+\alpha} \widetilde{f}_1 + \lambda^{1+2\alpha} f + \lambda^{2+2\alpha} F_0 - \lambda^\alpha B \zeta + \lambda^{1+\alpha} F_1 \zeta + F_2 \zeta^2.$$

5. Рассмотрим неавтономную систему дифференциальных уравнений

$$\frac{dx}{dt} = Ax + f(t) + \lambda F(t, x, \lambda), \quad (16)$$

где  $x = (x_1, \dots, x_n)$  — искомый вектор;  $-\infty < t < \infty$ ;  $A$  — вещественная постоянная матрица;  $f = (f_1, \dots, f_n)$  —  $\omega$ -периодическая непрерывная вектор-функция;  $F = (F_1, \dots, F_n)$  — вектор-функция, компоненты которой представимы в виде многочленов

$$F_i = \sum_{x_1 + \dots + x_n = 0}^k a_{x_1, \dots, x_n}^{(i)}(t, \lambda) x_1^{x_1} \dots x_n^{x_n}, \quad i = 1, \dots, n \quad (17)$$

с коэффициентами  $a^{(i)}(t, \lambda)$ , удовлетворяющими условию ( $\alpha$ ): они непрерывны,  $\omega$ -периодичны по  $t$  и голоморфны по  $\lambda$  в некоторой окрестности нуля комплексной плоскости.

Образуем класс  $R$   $\omega$ -периодических по  $t$  вектор-функций  $x(t, \lambda)$ , каждая из которых представима в виде

$$x(t, \lambda) = \frac{\widetilde{x}(t, \lambda)}{\lambda^p}, \quad (18)$$

где  $\widetilde{x}(t, \lambda)$  — непрерывная функция по  $\lambda$  в некоторой окрестности точки  $\lambda = 0$  и  $p$  — рациональное число.

Класс  $R$  мы нормируем, полагая  $\|x(t, \lambda)\| = \sum_{i=1}^n \max_{-\infty < t < \infty} |x_i(t, \lambda)|$

при каждом фиксированном  $\lambda \neq 0$ .

Решение  $x(t, \lambda)$  системы (16), принадлежащее классу  $R$ , будем называть особым, если  $\overline{\lim}_{\lambda \rightarrow 0} \|x(t, \lambda)\| = \infty$ .

Вопрос об особых периодических решениях неавтономных систем был недавно рассмотрен в работе [15], где методом А. М. Ляпунова получены достаточные признаки существования особых решений, имеющих заранее заданный вид.

В настоящей работе предлагается другой подход для решения задачи, позволяющий отыскать все  $\omega$ -периодические решения вида (18), имеющие при  $\lambda \rightarrow 0$  порядок роста меньше чем  $\lambda^{-1/k-1}$ . Наше исследование использует метод и соображения из работ [10, 11].

Сделаем подстановку (3) и рассмотрим сначала случай, когда

$$a_{\alpha_1, \dots, \alpha_n}^{(i)}(t, 0) \equiv 0 \quad \text{при} \quad \alpha_1 + \dots + \alpha_n = k, \quad i = 1, \dots, n. \quad (19)$$

Тогда система (16) примет вид

$$\frac{dy}{dt} = Ay + \mu G(t, y, \mu), \quad (20)$$

причем компоненты вектора  $G$  имеют вид (17) и удовлетворяют условию ( $\alpha$ ).

Устанавливается взаимно однозначное соответствие между совокупностью малых  $\omega$ -периодических решений (см. [11]) системы (20) и совокупностью всех  $\omega$ -периодических решений (указанного выше вида и роста) исходной системы.

Таким образом, наша задача свелась к отысканию всех малых  $\omega$ -периодических решений системы (20), для определения которых можно воспользоваться результатами работ [1, 11].

Имеют место предложения, аналогичные теоремам 1—5. Отметим также, что план решения задачи не меняется, когда  $A = A(t)$  есть непрерывная  $\omega$ -периодическая матрица.

Пусть условие (19) нарушается. Тогда система (16) после подстановки (3) принимает вид

$$\frac{dy}{dt} = Ay + B(t, y) + \mu \tilde{G}(t, y, \mu), \quad (21)$$

где  $\tilde{G}$  обладает всеми свойствами вектора  $F$  и  $B$  есть  $n$ -мерный вектор с компонентами

$$B_i = \sum_{i_1 + \dots + i_n = k} b_{i_1, \dots, i_n}^{(i)}(t) y_1^{i_1} \dots y_n^{i_n},$$

где  $b^{(i)}(t)$  — непрерывные  $\omega$ -периодические функции.

Таким образом, порождающая система для уравнения (21) становится нелинейной и для сведения к рассмотренному случаю нужно перейти к уравнениям в вариациях.

## პ. აიზენგენდლერი

## არაწრფივ განტოლებათა განსაკუთრებული ამოხსნები

## რეზიუმე

გამოკვლეულია (2) განტოლების განსაკუთრებული ამოხსნების არსებობის საკითხი, სადაც  $B$  წრფივი შემოსაზღვრული ოპერატორია კომპლექსური ბანახის  $E$  სივრციდან ასეთსავე  $E_1$  სივრცეში. გამოკვლეულია აგრეთვე დიფერენციალური განტოლებათა არაავტონომური სისტემების განსაკუთრებული პერიოდული ამოხსნები.

## დადოვიანად ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Block. Sur la solution de certaines equations fonctionnelles. Arkiv for Math., Astron. och Fysik, Bd. 3, № 22, 1907.
2. А. А. Темляков. Существование особого решения нелинейного интегрального уравнения вида 
$$\varphi(x) = \int_a^b K(x, s) f(s, x(s)) ds.$$
 Изв. НИИ матем. и мех. при Томском ун-те, т. 1, вып. 1, 1935.
3. Н. Н. Назаров. Нелинейные интегральные уравнения типа Гаммерштейна. Труды САГУ, серия V-a, математика, вып. 33, 1941.
4. М. М. Смирнов. Об особых решениях нелинейных интегральных уравнений. Вестник ЛГУ, сер. матем., № 11, 1954.
5. П. П. Рыбин. Особые решения возмущенного линейного интегрального уравнения. Вестник ЛГУ, серия мат., мех. и астрон., №19, 1957.
6. К. Т. Ахмедов. Об особых решениях одного класса интегро-дифференциальных уравнений. ДАН СССР, т. 128, № 3, 1959.
7. В. В. Маркман. Об особых решениях возмущенного линейного интегрального уравнения. Известия вузов, математика, № 4 (11), 1959.
8. В. А. Треногин. Возмущение линейного уравнения малыми нелинейными слагаемыми. ДАН СССР, т. 140, № 2 1961.
9. М. М. Вайнберг и В. А. Треногин. Методы Ляпунова и Шмидта в теории нелинейных уравнений и их дальнейшее развитие. Успехи матем. наук, т. XVII, вып. 2 (104), 1962.
10. П. Г. Айзенгендлер и М. М. Вайнберг. Теория ветвления решений нелинейных уравнений в многомерном случае. ДАН СССР, т. 163, № 3, 1965.
11. П. Г. Айзенгендлер и М. М. Вайнберг. О периодических решениях неавтономных систем. ДАН СССР, т. 165, № 2, 1965.
12. Ф. В. Аткинсон. Нормальная разрешимость линейных уравнений в нормированных пространствах. Матем. сборник, 28 (70), вып. 1, 1951.
13. И. Ц. Гохберг. О линейных уравнениях в нормированных пространствах. ДАН СССР, 76, № 4, 1951.
14. М. М. Вайнберг. Вариационные методы исследования нелинейных операторов. М., Гостехиздат, 1956. §
15. В. Я. Быков. Об особых периодических решениях систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Дифференциальные уравнения, т. 1, № 7, 1965.

Д. В. ШАРИКАДЗЕ

## О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ С УЧЕТОМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

(Представлено академиком Н. П. Векуа 23.11.1965)

Уравнения пограничного слоя суть нелинейные уравнения с частными производными второго порядка и их решения представляют значительную математическую трудность. М. Е. Швец в своей работе [1], используя сочетание методов пограничного слоя и последовательных приближений, рассмотрел приближенное решение некоторых задач из теории пограничного слоя.

Применяя этот метод, мы решаем несколько задач стационарного пограничного слоя вязкой несжимаемой проводящей жидкости при учете магнитного поля. Идея этого метода дает возможность также решить приближенно уравнения магнитного пограничного слоя как I, так и II рода, что будет сделано в дальнейшем.

### Обтекание плоской пластинки

Пусть плоская пластинка движется с постоянной скоростью в вязкой несжимаемой проводящей жидкости. Перпендикулярно к плоскости пластинки действует внешнее постоянное магнитное поле с индуктивностью  $\vec{B}_0$ . Возникшее в жидкости индуцированное магнитное поле считаем пренебрежимо малым, по сравнению с внешним магнитным полем. Уравнения магнитной гидродинамики при предположениях для пограничного слоя, согласно Россоу [2], будут иметь вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= 0, \\ v \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} &= u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\sigma B_0^2}{\rho} u \end{aligned} \quad (1)$$

с граничными условиями

$$u(x, y)|_{y=0} = 0, \quad u(x, y)|_{y \rightarrow \infty} = U, \quad (2)$$



где  $u, v$ —компоненты скорости,  $\nu$ —коэффициент вязкости,  $\sigma$ —электропроводность жидкости,  $\rho$ —плотность.

Переходя к безразмерным величинам

$$x = lx', \quad y = \frac{l}{\sqrt{R}} y', \quad v = \frac{u}{\sqrt{R}} v', \quad \bar{u} = Uu',$$

$$M^2 = \frac{B_0^2 l^2 \sigma}{\eta},$$

где  $R$ —число Рейнольдса, а  $M$ —магнитное число Гартмана, получаем из уравнений (1) и (2) (штрихи опускаются)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{M^2}{R} u,$$

$$u(x, 0) = 0, \quad u(x, \infty) = 1.$$

Введем „конечную толщину“ пограничного слоя  $\delta(x)$  в пока неизвестную функцию и будем требовать выполнения условия  $u(x, \infty) = 1$  не на бесконечности, а при  $y = \delta(x)$ . Тогда второе граничное условие (3) заменится условием

$$u(x; \delta) = 1. \quad (4)$$

С помощью уравнения неразрывности, исключая вертикальную компоненту скорости из уравнений (3), имеем

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = u \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \int_0^y \frac{\partial u}{\partial x} dy + \frac{M^2}{R} u, \quad (5)$$

$$u(x, 0) = 0, \quad u(x, \delta) = 1.$$

Будем искать решение уравнения (5) в виде

$$u = u_0 + u_1 + \dots$$

За  $u_0$  примем решение уравнений (5) без правой части, при тех же граничных условиях. Это приближение имеет вид

$$u = \frac{y}{\delta(x)}. \quad (6)$$

Подставляя его в правую часть уравнения (5) и производя квадратуры, получаем второе приближение

$$u = \frac{y}{\delta} + \frac{M^2 \delta}{6R} y \left(1 - \frac{y^2}{\delta^2}\right) + \frac{\nu}{24} \left(1 - \frac{y^3}{\delta^3}\right) \frac{d\delta}{dx}. \quad (7)$$

Нахождение третьего приближения не требуется, так как величина  $\delta$  определяется из условия плавного перехода скорости в пограничном слое в скорость внешнего потока

$$\left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=\delta} = 0. \quad (8)$$

Из уравнений (7) и (8) легко получить выражения толщины пограничного слоя

$$\delta = \frac{1}{M} \sqrt{3R \left[ \exp \left( \frac{16 M^2}{3R} x \right) - 1 \right]}. \quad (9)$$

Эта формула при отсутствии магнитного поля, т. е. при  $M = 0$ , переходит в формулу, полученную М. Е. Швецом [1] —  $\delta = 4 \sqrt{x}$  для обычной гидродинамики.

Напряжение трения, согласно уравнению (7),

$$\tau = \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=0} = \frac{1}{\delta} \left( 1 + \frac{\exp \frac{16 M^2}{3R} x}{3} \right) - \frac{M^2}{6R} \delta. \quad (10)$$

Из этого выражения видно, что действие магнитного поля уменьшает силу трения на пластинке.

Вертикальная компонента скорости определяется выражением

$$v = - \int_0^y \frac{\partial u}{\partial x} dy.$$

Движение проводящей жидкости в ламинарном пограничном слое при предельном перепаде давления

В этом случае движение описывается уравнением

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = u \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \int_0^y \frac{\partial u}{\partial x} dy + \frac{M^2}{R} u - \frac{\varphi d\varphi}{dx}$$

и граничными условиями

$$u(x, 0) = 0, \quad u(x, \delta) = \varphi.$$

Рассуждая аналогично и ограничиваясь вторым приближением, получаем

$$\begin{aligned} \frac{u}{\varphi} = & \frac{\delta^2}{24} (\xi^4 - 12 \xi^2 + 11 \xi) \frac{d\varphi}{dx} - \frac{\varphi \delta}{24} (\xi^4 - \xi) \frac{d\delta}{dx} + \\ & + \frac{M^2 \delta^2}{6R} (\xi^3 - \xi) + \xi, \end{aligned}$$

где

$$\xi = \frac{y}{\delta}.$$

Уравнение толщины пограничного слоя получается из условия

$$\left. \frac{\partial u}{\partial \xi} \right|_{\xi=1} = 0,$$

$$\frac{d}{dx} (\delta^2) + \frac{16}{\varphi} \left( \frac{3}{8} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{M^2}{3R} \right) \delta^2 = \frac{16}{\varphi}.$$

Допустив, что при  $x=0$   $\delta=0$ , найдем

$$\delta^2 = \frac{16}{\varphi^6} \left\{ \int_0^x \left[ \varphi^5 \exp \left( \frac{16 M^2}{3R} \int_0^x \frac{dx}{\varphi} \right) \right] \right\} \exp \left[ \frac{16 M^2}{3R} \int_0^x \frac{dx}{\varphi} \right].$$

Напряжение трения у стенки

$$\tau_0 = \frac{11}{24} \varphi \delta^2 \frac{d\varphi}{dx} + \frac{\varphi^2 \delta}{24} \frac{d\delta}{dx} - \frac{M^2 \delta^2 \varphi}{6R} + \frac{\varphi}{\delta}.$$

Из этого выражения видно также, что при увеличении магнитного поля трение на стенке будет уменьшаться.

Легко можно найти точку отрыва пограничного слоя из выражения

$$\frac{11}{24} \varphi \delta^2 \frac{d\varphi}{dx} + \frac{\varphi^2 \delta}{24} \frac{d\delta}{dx} + \frac{\varphi}{\delta} = \frac{M^2 \delta^2 \varphi}{6R}.$$

Тбилисский государственный  
 университет

(Поступило в редакцию 23.11.1965)

ჰიდრომეხანიკა

ჟ. შარკაძე

სასაზღვრო ფენის ზოგიერთი სტაციონარული ამოცანის  
 მიახლოებითი ამოხსნა მაგნიტური ველის  
 ბათვალისწინებით

რ ე ბ ი შ ე ე

შრომში შესწავლილია ბრტყელი ფირფიტის მოძრაობა ბლანტ გამტარ უკუმში სითხეში, როდესაც ფირფიტის პერპენდიკულარულად მოქმედებს გარეგანი მუდმივი ინდუქტივობის მქონე მაგნიტური ველი. განიხილება აგრეთვე ლამინარულ სასაზღვრო ფენში გამტარი სითხის მოძრაობა, როდესაც მოცემულია წნევის დაცემა.

ორივე შემთხვევაში მიღებულია სასაზღვრო ფენის სისქის ფორმულა ცხადი სახით და ნაჩვენებია, რომ ფირფიტის ნახუნის ძალა მცირდება მაგნიტური ველის გაზრდისას.

დამოუკიდებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Е. Швец. О приближенном решении некоторых задач гидродинамики пограничного слоя. ПММ, т. XIII, вып. 3, 1949.
2. V. J. Rossow. On flow of electrically conducting fluids over a flat plate in the presence of a transverse magnetic field. Naca Report, 1958, 1358.

М. А. АЛЕКСИДЗЕ

## ОБ АФФИННОМ ОПОЗНАВАНИИ ОБРАЗА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. П. Гокиели 2.12.1965)

В настоящее время отличают [1] два направления в вопросах по опознаванию образов. В работах первого направления (опознавание „в узком смысле“) предлагаются различные способы сравнения образов. Другое направление разрабатывает алгоритмы обучения машины распознаванию образов.

В настоящей заметке мы предлагаем один способ преобразования и сравнения образов.

Пусть в ограниченном  $n$ -мерном пространстве  $R$  задается множество  $\mathfrak{M}$  некоторых гиперповерхностей  $F_i(x) = O(x \in R)$  и  $A$  — некоторый оператор, переводящий  $\mathfrak{M}$  в самого себя.

Назовем произвольное конечное подмножество  $\overline{\mathfrak{M}}$  множества  $\mathfrak{M}$  алфавитом, а  $r$ -элементов  $\overline{m}_i (i = 1, 2, \dots, r)$  алфавита  $\overline{\mathfrak{M}}$  — буквами. Задача об опознавании образа („в узком смысле“) состоит в следующем. Задан произвольный элемент  $m_k$  множества  $\mathfrak{M}$  и требуется найти букву  $\overline{m}_r$  данного алфавита  $\overline{\mathfrak{M}}$ , для которого выражение

$$\|F_i(x) - AF_k(x)\|_{\mathfrak{M}} \quad (1)$$

достигало бы минимума.  $F_k(x) = 0$  — гиперповерхность, соответствующая элементу  $m_k$ . Оператор  $A$  и метрика пространства  $\mathfrak{M}$  выбираются из анализа элементов множества  $\mathfrak{M}$ .

Основное отличие двух указанных выше направлений в вопросах по опознаванию образа состоит в том, что в первом направлении машине задаются как алфавит  $\overline{\mathfrak{B}}$ , так и оператор  $A$  и метрика пространства  $\mathfrak{M}$ , а во втором направлении машине „показывается“ по нескольким представителям каждого из классов множества  $\mathfrak{M}$  и машина сама должна определить оператор  $A$  и ту метрику пространства  $\mathfrak{M}$ , в смысле которой показанные представители образуют „компактные“ [2] многообразия в  $\mathfrak{M}$ .

Пусть все  $F_i \in L_2$  и система функций  $\{\varphi_i\}$  линейно независима и замкнута [3] в пространстве  $L_2$ . Сопоставим каждой функции  $F_i$  конеч-

ный ряд  $\sum_{j=0}^N a_{i,j} \varphi_j$ , где  $N$ —фиксированное число, а коэффициенты  $a_{i,j}$  находим из минимума выражения

$$\left\| F_i - \sum_{j=0}^N a_{i,j} \varphi_j \right\|_{\Omega}. \quad (2)$$

Известно, что если метрика  $\Omega$  дает строго нормированное [3] пространство, то коэффициенты  $a_{i,j}$  ( $j = 1, 2, \dots, N$ ) определяются единственным образом. Заметим также, что если метрика  $\Omega$  совпадает с метрикой пространства непрерывных функций, а система  $\{\varphi_i\}$  типа Чебышева [3], то и в этом случае коэффициенты  $a_{i,j}$  определяются однозначно.

Введем обозначение  $\sum_{j=0}^N a_{i,j} \varphi_j = \psi_i$  и рассмотрим множество  $\Phi$  всех функций  $\psi_i$ . Пусть  $\bar{A}$ —оператор, переводящий  $\Phi$  в самого себя. Мы будем рассматривать задачу об опознавании образа в следующем приближении: задан произвольный элемент  $m_k \in \mathfrak{M}$  и требуется определить букву  $m_s \in \mathfrak{M}$ , для которого выражение

$$\|\psi_i - \bar{A}\psi_k\|_{\mathfrak{M}}$$

достигало бы минимума, т. е.

$$\|\psi_s - \bar{A}\psi_m\|_{\mathfrak{M}} = \min_i \|\psi_i - \bar{A}\psi_k\|_{\mathfrak{M}}. \quad (3)$$

Так как в разумной постановке задачи об опознавании зрительных образов конкретные реализации одного и того же образа могут быть сдвинуты, повернуты и растянуты по отношению друг к другу, то естественно в качестве оператора  $\bar{A}$  взять один из частных случаев аффинного преобразования [4] (ортогональное, конгруэнтное). В работе [5] предлагается получить аффинные образы плоских фигур путем аффинного преобразования эллипса, целиком заключающего данный образ в окружность стандартного радиуса. Мы предлагаем несколько более сложный, но, как нам кажется, более совершенный алгоритм.

Коэффициенты аффинного преобразования (ниже будем рассматривать плоский случай, пространственный случай не представляет дополнительных принципиальных трудностей)

$$\begin{aligned} x' &= a_1 x + a_2 y + a_3, \\ y' &= a_4 x + a_5 y + a_6 \end{aligned} \quad (4)$$

находим для каждой буквы алфавита  $\mathfrak{M}$  из условия минимальности (по коэффициентам) выражения

$$\|\psi_i - A\phi_k\|_{\mathfrak{M}}.$$

Другими словами, для каждой буквы  $m_i$  находим такие коэффициенты  $a_j^{(i)}$  ( $i = 1, 2, \dots, r, j = 1, 2, \dots, 6$ ), чтобы выполнялось соотношение

$$\min_{a_j} \|\psi_i(x, y) - \phi_k(x', y')\|_{\mathfrak{M}} = \|\psi_i(x, y) - \phi_k(x'_i, y'_i)\|_{\mathfrak{M}}, \quad (5)$$

где

$$x'_i = a_1^{(i)}x + a_2^{(i)}y + a_3^{(i)},$$

$$y'_i = a_4^{(i)}x + a_5^{(i)}y + a_6^{(i)}.$$

Заметим, что в выражениях (3) и (5) близость функции можно понимать по-разному. Введем обозначение

$$\min \|\psi_i(x, y) - \phi_k(x', y')\|_{\mathfrak{M}} = d_{i, k}.$$

Будем говорить, что образ  $m_k \in \mathfrak{M}$  идентичен с буквой  $m_s$  алфавита  $\mathfrak{M}$ , если выполняется соотношение

$$\min_i d_{i, k} = d_{s, k}.$$

В этом случае будем говорить, что образ опознан.

Проверялся данный алгоритм для опознавания рукописных букв русского алфавита. В качестве системы  $\{\varphi_i\}$  были взяты полиномы  $P_i(x, y)$ .

Элементами множества  $\mathfrak{M}$  являются плоские кривые, представляющие буквы. Они задавались в виде  $(m_1 \cdot m_2)$ -разрядного двоичного числа, где  $m_1$  — число ячеек фотопля в ширину, а  $m_2$  — число ячеек фотопля в высоту (если через данную ячейку проходила кривая, описывающая букву, то в эту ячейку записывалась единица, в противном случае — ноль). Каждая  $i$ -тая буква<sup>(1)</sup> аппроксимировалась в среднеквадратическом смысле [6] полиномом третьего порядка

$$p_3^{(i)}(x, y) = c_0^{(i)} + c_1^{(i)}x + c_2^{(i)}y + c_3^{(i)}x^2 + c_4^{(i)}xy + c_5^{(i)}y^2 + \\ + c_6^{(i)}x^3 + c_7^{(i)}x^2y + c_8^{(i)}xy^2 + c_9^{(i)}y^3.$$

Заметим, что кривые

$$P_3^{(i)}(x, y) = 0$$

и

$$F_i(x, y) = 0$$

геометрически могут сильно отличаться друг от друга. Для опознаваемого образа строится также полином  $p_3^k(x, y)$ , наименее уклоняющийся от

(<sup>1</sup>) Эксперименты проводились вручную, и поэтому были взяты только две буквы А и Б.

$F_k(x, y)$  в среднеквадратическом смысле (процедура аппроксимации и вид нормальных уравнений даются в работе [6]). Затем опазываемый полином  $p_3^k$  ортогонально [4] преобразуется к виду  $p_3^k(x', y')$ , где

$$x' = ax - by + d,$$

$$y' = bx - ay + e.$$

Для  $p_3^k(x', y')$  получаем следующее выражение:

$$\begin{aligned} p_3^k(x', y') &= c_0^{(k)} + c_1^{(k)} x' + c_2^{(k)} y' + c_3^{(k)} x'^2 + c_4^{(k)} x' y' + \\ &+ c_5^{(k)} y'^2 + c_6^{(k)} x'^3 + c_7^{(k)} x'^2 y' + c_8^{(k)} x' y'^2 + c_9^{(k)} y'^3 = \\ &= A_0^{(k)} + A_1^{(k)} x + A_2^{(k)} y + A_3^{(k)} x^2 + A_4^{(k)} xy + \\ &+ A_5^{(k)} y^2 + A_6^{(k)} x^3 + A_7^{(k)} x^2 y + A_8^{(k)} xy^2 + A_9^{(k)} y^3, \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} A_0^{(k)} &= c_0^{(k)} + c_1^{(k)} d + c_2^{(k)} e + c_3^{(k)} d^2 + c_4^{(k)} de + c_5^{(k)} e^2 + \\ &+ c_6^{(k)} a^3 + c_7^{(k)} d^2 e + c_8^{(k)} de^2 + c_9^{(k)} e^3, \\ A_1^{(k)} &= c_1^{(k)} a + c_2^{(k)} b + 2c_3^{(k)} ad + c_4^{(k)} ae + c_5^{(k)} bd + \\ &+ c_6^{(k)} be + 3c_7^{(k)} ad^2 + c_8^{(k)} bd^2 + 2c_9^{(k)} ade + c_8^{(k)} ae^2 + 2c_9^{(k)} bde + 3c_9^{(k)} be^2, \\ A_2^{(k)} &= -c_1^{(k)} b + c_2^{(k)} a - 2c_3^{(k)} bd + c_4^{(k)} ad - c_5^{(k)} be + 2c_6^{(k)} ae - \\ &- 3c_7^{(k)} bd^2 + c_8^{(k)} ad^2 - 2c_9^{(k)} bde + 2c_8^{(k)} ade - c_9^{(k)} be^2 + 3c_9^{(k)} ae^2, \\ A_3^{(k)} &= c_3^{(k)} a^2 + c_4^{(k)} ab + c_5^{(k)} b^2 + 3c_6^{(k)} a^2 d + 2c_7^{(k)} abd + c_8^{(k)} a^2 e + \\ &+ 2c_9^{(k)} abe + c_9^{(k)} b^2 d + 3c_9^{(k)} b^2 e, \quad (7) \\ A_4^{(k)} &= -2c_3^{(k)} ab + c_4^{(k)} a^2 - c_5^{(k)} b^2 + 2c_6^{(k)} ab - c_7^{(k)} abd - 2c_8^{(k)} abe + \\ &+ 2c_9^{(k)} a^2 d - 2c_9^{(k)} b^2 d + 2c_8^{(k)} abd - 2c_8^{(k)} b^2 e + 2c_9^{(k)} a^2 e + 6c_9^{(k)} abe, \\ A_5^{(k)} &= c_3^{(k)} b^2 - c_4^{(k)} ab + c_5^{(k)} a^2 + 3c_6^{(k)} b^2 d + c_7^{(k)} b^2 e - \\ &- 2c_8^{(k)} abd + c_8^{(k)} a^2 d - 2c_9^{(k)} abe + 3c_9^{(k)} a^2 e, \\ A_6^{(k)} &= c_6^{(k)} a^3 + c_7^{(k)} a^2 b + c_8^{(k)} ab^2 + c_9^{(k)} b^3, \\ A_7^{(k)} &= -3c_6^{(k)} a^2 b + c_7^{(k)} a^3 - 2c_8^{(k)} ab^2 - c_9^{(k)} b^3 + \\ &+ 2c_8^{(k)} a^2 b + 3c_9^{(k)} ab^2, \\ A_8^{(k)} &= 3c_6^{(k)} ab^2 + c_7^{(k)} b^3 - 2c_8^{(k)} a^2 b + c_9^{(k)} a^3 - \\ &- 2c_8^{(k)} ab^2 + 3c_9^{(k)} a^2 b, \\ A_9^{(k)} &= -c_6^{(k)} b^3 + c_7^{(k)} ab^2 - c_8^{(k)} a^2 b + c_9^{(k)} a^3. \end{aligned}$$

Для каждой буквы  $m_i \in \overline{\mathbb{M}}$  надо подобрать такие коэффициенты  $a_i, b_i, d_i, e_i$ , чтобы выполнялось условие

$$\min_{a, b, d, e} \|p_3^k(x, y) - p_3^{(i)}(x', y')\|_{\mathbb{M}} = \|p_3^k(x, y) - p_3^{(i)}(x'_i, y'_i)\|_{\mathbb{M}}, \quad (8)$$

где

$$x'_i = a_i x - b_i y + d, \quad y'_i = b_i x + a_i y + e.$$

Если в условии (8) норму понимать в среднеквадратическом смысле

$$\|p'_3(x, y) - p^{(k)}_3(x', y')\|_{\mathfrak{M}} = \sqrt{\iint_S [p'_3(x, y) - p^{(k)}_3(x', y')]^2 dS},$$

где  $S$ —область определения полиномов (фотополе), то нетрудно получить путем дифференцирования для определения  $a_i, b_i, d_i, e_i$  нелинейные уравнения. Можно, однако, решить для каждого элемента уравнения

$$A_{s_1}^{(k)} = C_{s_1}^{(i)}, \quad A_{s_2}^{(k)} = C_{s_2}^{(i)}, \quad A_{s_3}^{(k)} = C_{s_3}^{(i)}, \quad A_{s_4}^{(k)} = C_{s_4}^{(i)},$$

$$(0 \cong S_i \cong 9) \tag{9}$$

Известно [6], что для решения систем нелинейных уравнений важно иметь достаточно близкие к корням нулевые приближения. При опознавании первой буквы можно взять значения  $a_i = 1, b_i = d_i = e_i = 0$ , что соответствует [4] нулевому повороту, нулевому переносу и нулевому растяжению. При опознавании нескольких букв в качестве  $a_i, b_i, d_i$  и  $e_i$  можно брать соответствующие значения для предыдущей буквы.

Окончательной нормой в выражении (3) для разности  $\psi_i - \overline{A}\psi_k$  можно взять норму пространства  $L_2$ , или

$$\|\psi_i - A\psi_k\|_{\mathfrak{M}} = \sum_{j=0}^9 |C_j^{(i)} - A_j^{(k)}|.$$

Возьмем произвольную  $\epsilon$ -сеть на гиперповерхность  $\psi_i = 0$  и обозначим ее узлы через  $R_j(\psi_i)$ . Минимальное расстояние от  $\frac{1}{2}$  точки  $R_j(\psi_i)$  до поверхности  $\psi_k = 0$  обозначим через  $d[R_j(\psi_i), \psi_k]$ . Для нормы разности  $\psi_i - \overline{A}\psi_k$  можно взять число

$$\|\psi_i - \overline{A}\psi_k\|_{\mathfrak{M}} = \max \left\{ \sum_j d[R_j(\psi_i), \overline{A}\psi_k]; \sum_j d[R_j(\overline{A}\psi_k), \psi_i] \right\}.$$

Максимум из двух чисел берется для того, чтобы различать, например, такие символы, как „О“ и „С“.

Доказать теоремы в вопросах по опознаванию образа трудно, так как неясно, какие трансформации образов допустимы. Из теоремы Вейерштрасса (она справедлива и для плоского случая) и строгой нормированности пространства  $L_2$  вытекает, что предлагаемый здесь алгоритм будет вполне надежно различать буквы одного алфавита при достаточно высоком порядке аппроксимирующего полинома. Оценить степень такого полинома можно после достаточного количества экспериментов.

В настоящее время изложенный здесь алгоритм программируется на машине БЭСМ-2 Вычислительного центра АН СССР. Что касается



задачи опознавания образа в случае, когда алфавит  $\bar{M}$  состоит из букв различных письменностей, то здесь надо, по-видимому, ставить задачу об опознавании слов, а не отдельных букв этой письменности. Так, например, трудно сказать, символ „П“ соответствует русскому *п* или грузинскому *ჟ*, если за этим символом не следуют другие.

Из вышеизложенного ясно, что предлагаемый алгоритм несколько громоздок для опознавания букв. Надо, однако, заметить, что этот метод может быть применен при геологической интерпретации гравитационных (или магнитных) аномалий: ищутся такие размеры и ориентация правильных фигур (шар, прямоугольный параллелепипед и др.) аномальной плотности, чтобы вертикальная производная потенциала этих фигур (соответствующие выражения для фигур правильной формы выписывается явно [7]) наилучшим образом аппроксимировала наблюдаемое аномальное поле силы тяжести. В такой постановке обратная задача гравиметрии может быть решена предложенным в работе алгоритмом.

Академия наук Грузинский ССР  
Вычислительный центр

(Поступило в редакцию 2.12.1965)

კიბერნეტიკა

მ. ალექსიძე

### სახეობა ავტომატი ამოცნობის უმსახეობა

რეზიუმე

შრომაში მოცემულია ალგორითმი სახეობა ავტომატი ამოცნობისათვის, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც ასოთა ამოცნობისათვის, ისე გრავიმეტრული ანომალიის გეოლოგიური ინტერპრეტაციისათვის.

#### დადოებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Айзерман, Э. М. Браверман, В. М. Глушков, В. А. Ковалевский, А. А. Летичевский. Теория опознавания образов и обучающихся систем. Изв. АН СССР, техническая кибернетика, № 5, 1963, 98—101.
2. Э. М. Браверман. Опыт по обучению машины распознаванию зрительных образов. Автоматика и телемеханика, № 3, 1962, 81—86.
3. Н. И. Ахизер. Лекции по теории аппроксимации. ГИТТ, М., 1947.
4. Н. И. Мухелишвили. Курс аналитической геометрии. Гостехиздат, М., 1947.
5. В. А. Махонин. Об аффинном опознании плоских фигур. Изв. АН СССР, техническая кибернетика, № 1, 1963, 199—200.
6. И. С. Березин, Н. П. Жидков. Методы вычислений. Физматгиз, М., 1959.
7. Б. А. Андреев и И. Г. Клушин. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. Гостехиздат, Л., 1962.

КИБЕРНЕТИКА

О. В. КУПАТАДЗЕ, Э. В. КОРДЗАЯ

РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ  
МОДИФИЦИРОВАННЫМ МЕТОДОМ ГАУССА—ЗЕЙДЕЛЯ  
НА АНАЛОГОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ  
(АВМ)

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 23.4.1966)

Одним из широко известных итерационных методов решения совместной системы линейных алгебраических уравнений

$$Ax + b = 0 \quad (1)$$

с неособенной матрицей  $A$  является метод Гаусса—Зейделя.

Условием, гарантирующим сходимость процесса итерации к решению системы (1) для указанного метода, является условие положительной определенности матрицы  $A$  [1]. Естественно, что далеко не все системы вида (1) имеют нормальную (положительно-определенную) матрицу. А если и имеют, то установление этого—задача настолько сложная, что „даже наиболее удобный общий способ проверки этого условия не проще, чем непосредственное решение уравнений“ (1) [2]. В силу этого при решении систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса—Зейделя часто прибегают к так называемой трансформации Гаусса, заключающейся в умножении уравнения (1) на транспонированную матрицу  $A^T$ .

В результате этого матрица вновь полученной системы

$$A^T(Ax + b) = 0 \quad (2)$$

будет нормальной, а ее решение совпадает с решением уравнения (1) [1]. Как это нетрудно видеть, нахождение решения  $x^*$  системы (2) методом Гаусса—Зейделя может быть истолковано как минимизация этим методом функции

$$U(x) = \frac{1}{2} \sum_j^n \left( \sum_k^n a_{jk} x_k + b_j \right)^2,$$

обладающей единственным минимумом в точке  $x^*$ .

В последнем случае указанная процедура имеет следующую известную механико-геометрическую интерпретацию. Начиная от произвольной начальной точки  $x^0 \in E_n$ , следует так двигать изображающую точку  $x$  вдоль одной из координатных осей, скажем вдоль оси  $x_i$ , чтобы функция  $u(x)$  уменьшалась, т. е. чтобы имело место условие

$$\frac{dU(x)}{dt} = \sum_i^n \frac{\partial U(x)}{\partial x_i} \cdot \frac{dx_i}{dt} < 0. \quad (3)$$

Из-за того что происходит равномерное движение вдоль только одной оси  $x_l$ , имеем

$$\frac{dx_l}{dt} = \text{const} \neq 0, \quad \frac{dx_i}{dt} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, l-1, l+1, \dots, n.$$

Поэтому условие (3) может быть переписано в виде

$$\frac{dU(x)}{dt} = \frac{\partial U(x)}{\partial x_l} \cdot \frac{dx_l}{dt} < 0. \quad (4)$$

Для удовлетворения последнему условию достаточно так выбрать направление движения вдоль оси  $x_l$ , чтобы  $\frac{dx_l}{dt}$  имел знак, противоположный знаку  $\frac{\partial U(x)}{\partial x_l}$ , т. е.

$$\frac{dx_l}{dt} = -\text{sign} \frac{\partial U(x)}{\partial x_l}, \quad (5) \quad \text{sign } \zeta = \begin{cases} +1, & \zeta > 0, \\ 0, & \zeta = 0, \\ -1, & \zeta < 0. \end{cases} \quad (6)$$

При этом траектория движения изображающей точки явится фазовой траекторией следующей системы обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dx_l}{dt} &= -\text{sign} \frac{\partial U}{\partial x_l}, \\ \frac{dx_i}{dt} &= 0, \quad i = 1, 2, \dots, l-1, l+1, \dots, n \end{aligned} \quad (7)$$

с начальной точкой  $x(t_0) = x^0$ . В точке, в которой будет выполнено равенство  $\frac{\partial U}{\partial x_l} = 0$ , движение прекратится.

Далее следует двигать изображающую точку аналогичным образом вдоль другой координатной оси, скажем  $x_{l+1}$  (допускаем, что  $l+1 < n$ ), так, что соответствующая система дифференциальных уравнений примет вид

$$\frac{dx_{l+1}}{dt} = -\text{sign} \frac{\partial U(x)}{\partial x_{l+1}}, \quad \frac{dx_i}{dt} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, l, l+2, \dots, n \quad (8)$$

и т. д. до тех пор, пока описанная процедура не будет совершена для каждой из координатных осей, после чего весь цикл повторяется сначала до достижения точки, в которой справедливы равенства

$$\frac{\partial U(x)}{\partial x_i} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (9)$$

В силу определения функции  $U(x)$  условия (9) имеют место в единственной точке  $x^*$ .

Моделирование системы дифференциальных уравнений (7) на АВМ не представляет труда. А если машину снабдить управляющим устрой-

ством, осуществляющим переход от системы вида (7) с индексом  $l = 1$  к такой же системе с индексом  $l = 2$  и т. д., то получим АВМ, осуществляющую решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса—Зейделя. Схема АВМ, функционирующей примерно описанным выше образом, приведена в работе [3].

Другим примером применения метода Гаусса—Зейделя в аналоговой технике является отечественная АВМ МЛ-2, в которой изменение переменных производится вращением вручную ползунков потенциометров [4]. По нашему мнению, ни один из двух приведенных примеров реализации методов Гаусса—Зейделя на АВМ нельзя считать удачным. Первый—из-за того что он требует достаточно сложного управляющего устройства; второй же—из-за почти полного отсутствия автоматизации вычислений. Кроме того, в обоих примерах в каждый момент времени в вычислениях участвует одна из  $n$  групп решающих усилителей, занятых решением данной задачи, тогда как во всех остальных  $n-1$  группах все напряжения остаются постоянными. Это обстоятельство следует признать нежелательным, тем более что одной из основных особенностей АВМ является возможность одновременного ведения математических операций в нескольких параллельно действующих каналах.

Ниже описан один метод решения совместных систем линейных алгебраических уравнений на АВМ, являющийся модификацией метода Гаусса—Зейделя и свободный, по нашему мнению, от упомянутых недостатков.

В отличие от вышеуказанного будем двигать изображающую точку так, чтобы все ее координаты имели постоянные, равные по модулю скорости, а направление изменения каждой переменной совпадало бы с направлением уменьшения минимизируемой функции  $U(x)$  по данной координате. Для этого достаточно подчинить движение изображающей точки следующей системе обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx_i}{dt} = - \operatorname{sign} \frac{\partial u}{\partial x_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (10)$$

или в развернутом виде

$$\frac{dx_i}{dt} = - \operatorname{sign} \left[ \sum_j^n a_{ji} \left( \sum_k^n a_{jk} x_k + b_j \right) \right], \quad (11)$$

$$i = 1, 2, \dots, n.$$

Правая часть каждого уравнения, входящего в систему (11), является кусочнопостоянной функцией от переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , принимающей значения  $+1$  или  $-1$  во всем пространстве  $E_n$ , кроме точек, принадлежащих гиперплоскости  $S_i$ , определяемой уравнением

$$\sum_j^n a_{ji} \left( \sum_k^n a_{jk} x_k + b_j \right) = 0, \quad (12)$$

в которой она терпит разрывы первого рода.

В силу невырожденности матрицы  $A$  гиперплоскости  $S_1, S_2, \dots, S_n$  имеют одну общую точку  $x^*$  и делят все пространство  $E_n$  на  $2^n$  незамкнутых неограниченных областей  $k_1, k_2, \dots, k_{2^n}$  таких, что при  $x \in K_r$

$$R(x) = R_r = \text{const} \neq 0, \quad r = 1, 2, \dots, 2^n,$$

где  $R(x) \equiv \frac{dx}{dt}$  есть вектор фазовой скорости системы (11).

Поэтому в точках, принадлежащих этим областям, решение уравнения (11) существует и оно единственно. Иначе обстоит дело в точках разрыва правой части рассматриваемого уравнения.

Рассмотрим для простоты изложения случай попадания изображающей точки на одну гиперплоскость, скажем  $S_\tau$ , в точке  $x^S$ . Так как эта точка не принадлежит ни одной другой гиперплоскости, то существует  $\delta$ -окрестность  $O(x^S, \delta)$ , состоящая из таких двух областей  $O_p$  и  $O_q$ , границей между которыми является гиперплоскость  $S_\tau$ , что при  $x \in O_p$

$$R(x) \equiv R_p = - \left( \text{sign} \frac{\partial u}{\partial x_1}, \text{sign} \frac{\partial u}{\partial x_2}, \dots, \text{sign} \frac{\partial u}{\partial x_{\tau-1}}, -1, \right. \\ \left. \text{sign} \frac{\partial u}{\partial x_{\tau+1}}, \dots, \text{sign} \frac{\partial u}{\partial x_n} \right),$$

а при  $x \in O_q$

$$R(x) \equiv R_q = - \left( \text{sign} \frac{\partial u}{\partial x_1}, \text{sign} \frac{\partial u}{\partial x_2}, \dots, \text{sign} \frac{\partial u}{\partial x_{\tau-1}}, +1, \right. \\ \left. \text{sign} \frac{\partial u}{\partial x_{\tau+1}}, \dots, \text{sign} \frac{\partial u}{\partial x_n} \right). \quad (13)$$

Назовем вектор  $R_p$  (аналогично и вектор  $R_q$ ) выходящим из точки  $x^S$ , если найдется такое  $\varepsilon > 0$ , что

$$\varepsilon \cdot R_p + x^S \in O_p.$$

В противном случае рассматриваемый вектор будем называть входящим в точку  $x^S$ .

Возможны следующие случаи: а) оба вектора выходящие; б) один вектор входящий, другой выходящий; в) оба вектора входящие.

Пользуясь свойством выпуклости вниз функции  $U(x)$ , нетрудно видеть, что в нашей задаче случай а) исключен.

В случае б) изображающая точка может попасть на  $S_\tau$  только из той области, в которой вектор фазовой скорости является входящим и „легко сойдет“ с нее, продолжая дальше движение под воздействием другого вектора, являющегося выходящим.

Таким образом, траектория движения изображающей точки в случае б) будет непрерывной и будет иметь излом в точке  $x^S$ .

В случае в) изображающая точка может попасть на  $S_\tau$  как из области  $O_p$ , так и из  $O_q$  и, достигнув однажды этой гиперплоскости, уже не может сойти с нее. В этом случае встает вопрос о продолжении решения.

Однако при практическом многократном решении разных систем линейных алгебраических уравнений описываемым здесь методом ни разу не наблюдалось „застревание“ изображающей точки на какой-либо из гиперплоскостей разрыва. После попадания на такую поверхность она или сразу же покидала ее, так что траектория имела излом в этой точке (случай б)), или скользила вдоль этой гиперплоскости (случай в)), т. е. возникал хорошо известный в теории релейных систем автоматического уравнения „скользящий режим“ [5]. Причиной этого, как известно, является то, что изменение правой части уравнения (11) в машине происходит не в момент достижения изображающей точкой гиперплоскости разрыва, а с некоторым запаздыванием. Поэтому для более полного учета характеристик используемых в АВМ устройств нам следовало бы в уравнениях (11) писать не функцию  $\text{sign } \chi$ , соответствующую идеальному реле, а некоторую другую функцию, учитывающую вышеупомянутое запаздывание [6]. Однако в работе [7] показано, что при стремлении запаздывания к нулю в пределе получится движение вдоль поверхности разрыва, в нашем случае—вдоль гиперплоскости  $S_\tau$ , со скоростью

$$\frac{dx}{dt} = \alpha R_p + (1 - \alpha) R_q = R_0. \quad (14)$$

Подставив сюда значение  $R_p$  и  $R_q$  из выражения (13), получим

$$\frac{dx}{dt} \equiv R_0 = - \left( \text{sign } \frac{\partial u}{\partial x_1}, \text{sign } \frac{\partial u}{\partial x_2}, \dots, \text{sign } \frac{\partial u}{\partial x_{\tau-1}}, 2\alpha - 1, \right. \\ \left. \text{sign } \frac{\partial u}{\partial x_{\tau+1}}, \dots, \text{sign } \frac{\partial u}{\partial x_n} \right). \quad (15)$$

Здесь число  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) таково, что вектор фазовой скорости  $R_0$  лежит в гиперплоскости  $S_\tau$ , т. е. выполнено равенство

$$\left( R_0 \cdot \text{grad} \left[ \sum_j^n a_{j\tau} \left( \sum_k^n a_{jk} x_k + b_j \right) \right] \right) = 0. \quad (16)$$

Изложенное тривиальным образом можно распространить на случай попадания изображающей точки на линейное многообразие, образуемое пересечением  $m \leq n$  гиперплоскостей.

Доопределив описанным выше образом решение системы (11) в точках разрыва ее правых частей, покажем, что все ее решения при произвольном выборе начальной точки  $x^0 \in E_n$  сходятся к точке решения  $x^*$  исходной системы линейных алгебраических уравнений (1). Дру-

гими словами, покажем асимптотическую устойчивость в целом в смысле Ляпунова решения  $x \equiv x^*$  системы (11).

Введя новые переменные  $y = x - x^*$ , напомним систему дифференциальных уравнений возмущенного движения

$$\frac{dy_i}{dt} = - \operatorname{sign} \frac{\partial u}{\partial y_i} = - \operatorname{sign} \left( \sum_j^n \sum_k^n a_{jk} y_k \right), \quad (17)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

соответствующую движению изображающей точки без „скольжений“.

В случае же „скольжения“ изображающей точки вдоль одной гиперплоскости, скажем  $S_\tau$ , в соответствии с вышеизложенным система дифференциальных уравнений возмущенного движения примет вид

$$\frac{dy_i}{dt} = - \operatorname{sign} \frac{\partial u}{\partial y_i}; \quad i = 1, 2, \dots, \tau - 1, \tau + 1, \dots, n,$$

$$\frac{dy_\tau}{dt} = - 2\alpha + 1. \quad (18)$$

В качестве функции Ляпунова возьмем функцию

$$U(y) = \frac{1}{2} \sum_j^n \left( \sum_k^n a_{jk} y_k \right)^2,$$

она положительно-определенная и бесконечно большая.

Вычислим производную функции  $U(y)$  по времени вдоль траектории движения изображающей точки. С этой целью для участка траектории, не содержащего „скольжений“ изображающей точки, производную следует вычислить в силу системы (17), а для участка, соответствующего „скользящему режиму“, — в силу системы (18):

$$w(y) = \frac{du(y)}{dt} = \sum_i^n \frac{\partial u}{\partial y_i} \cdot \frac{dy_i}{dt}. \quad (19)$$

Подставив сюда вместо  $\frac{dy_i}{dt}$  правые части уравнений системы (17), получим

$$w(y) = - \sum_i^n \frac{\partial u}{\partial y_i} \operatorname{sign} \frac{\partial u}{\partial y_i} = - \sum_i^n \left| \frac{\partial u}{\partial y_i} \right|. \quad (20)$$

При подстановке в выражение (19) правых частей уравнений системы (18)  $w(y)$  примет вид

$$w(y) = - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq \tau}}^n \frac{\partial u}{\partial y_i} \operatorname{sign} \frac{\partial u}{\partial y_i} + (1 - 2\alpha) \frac{\partial u}{\partial y_\tau}. \quad (21)$$

Согласно сказанному выше,  $\alpha$  следует выбрать так, чтобы изображающая точка оставалась в гиперплоскости  $S_\tau$ , в точках которой справедливо равенство

$$\frac{\partial u}{\partial y_\tau} = \sum_j^n a_{j\tau} \sum_k^n a_{jk} y_k = 0.$$

Поэтому уравнение (21) может быть переписано в виде

$$w(y) = - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq \tau}}^n \left| \frac{\partial u}{\partial y_i} \right|. \quad (22)$$

Из уравнений (20) и (22) видно, что при  $y \neq 0$   $w(y) < 0$  и  $w(0) = 0$ .

Таким образом, было показано существование положительно-определенной бесконечно большой функции, производная которой вдоль любой траектории движения изображающей точки есть отрицательно-определенная функция. Это, согласно работе [8], указывает на асимптотическую устойчивость в целом в смысле Ляпунова нулевого решения системы (17)—(18).

Как было упомянуто выше, с целью экспериментальной проверки изложенного метода на двух спаренных АВМ типа МН-7 был решен ряд систем линейных алгебраических уравнений до шестого порядка. При этом для подавления влияния малых параметров на устойчивость решения экспериментально подбирался масштаб времени.

Преимущества описываемого метода, по сравнению с простым методом Гаусса—Зейделя [3, 4], по нашему мнению, вне сомнения. Из других ранее известных методов были выбраны метод градиента, имеющий, согласно работе [9], ряд преимуществ, по сравнению с остальными методами, и модифицированный метод Качмажа [10]. Все задачи были решены тремя названными методами.

Сравнение показало следующее:

1. Время переходного процесса, т. е. время движения изображающей точки от некоторого начального положения до точки решения в модифицированном методе Гаусса—Зейделя, примерно на два порядка меньше, чем то же время в методе градиента, и примерно на порядок меньше, чем в модифицированном методе Качмажа.

2. Точность решения в методе градиента несколько хуже, чем в двух других методах.

3. Преимущества модифицированного метода Гаусса—Зейделя, по сравнению с методом градиента, по двум вышеуказанным пунктам особенно чувствительны в случае решения системы с плохо обусловленной матрицей.

4. Для решения системы с  $n$  неизвестными методом градиента нужны  $3n$  решающих усилителей, а двумя другими методами— $2n$  решающих усилителей и  $n$  блоков сигнатуры. Так как блок сигнатуры может быть реализован (имеется в виду реализация, не использующая усилитель постоянного тока) проще и с меньшим количеством электронных приборов, чем решающий усилитель, то оборудование, требуемое модифицированными методами Гаусса—Зейделя и Качмажа, меньше и проще, чем методом градиента.



В заключение отметим, что описанный здесь модифицированный метод Гаусса—Зейделя может быть использован не только для решения систем линейных алгебраических уравнений, но и для нахождения оптимума одноэкстремальной функции, к чему, как известно, сводятся выпуклые задачи математического программирования.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт кибернетики  
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 23.4.1966)

კიბერნეტიკა

რ. კუპატაძე, ე. კორძაია

წრფივ ალგებრულ განტოლებათა ამოხსნა ანალოგიურ  
 გამომთვლელ მანქანებზე გაუს—ზეიდელის მოდიფიცირებული  
 მეთოდით

რ ე ზ ი მ ე

სტატიაში აღწერილია წრფივ ალგებრულ განტოლებათა სისტემის ანალოგიური გამოთვლელი მანქანების საშუალებით ამოხსნის მეთოდი. ნაჩვენებია მეთოდის კრებადობა ამოხსნის წერტილისაკენ ნებისმიერი საწყისი პირობებისათვის.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. П. Демидович, И. А. Марон. Основы вычислительной математики. Физматгиз, 1963.
2. Ф. Муррей. Теория математических машин. ИЛ, 1949, 228.
3. Вычислительная техника, справочник, т. 1, изд. „Энергия“, 1964.
4. А. И. Белова, И. М. Витенберг, Э. А. Глузберг, А. И. Козлова. Дополнительные возможности математических электрических моделей. В сб.: „Электронные вычислительные машины“, вып. 1, Машгиз, 1960, 57—74.
5. Я. З. Цыпкин. Теория релейных систем автоматического регулирования. Гостехиздат, 1955.
6. О. В. Купатадзе. О методе Пайна. В сб.: „Исследование операций“, изд. АН ГССР, 1966.
7. А. Ф. Филипов. Приложение теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью к нелинейным задачам автоматического регулирования. Труды I конгресса ИФАК, Теория непрерывных систем, изд. АН ГССР, 1961, 699—703.
8. Е. А. Барбашин, Н. Н. Красовский. Об устойчивости движения в целом. ДАН СССР, т. 86, № 3, 1952, 453—456.
9. М. В. Рыбашов. Некоторые методы решения систем линейных алгебраических уравнений на электронных моделях. Автоматика и телемеханика, т. 23, № 2, 1963, 248—255.
10. О. В. Купатадзе. Об одном методе решения систем линейных алгебраических уравнений и неравенств на аналоговых вычислительных машинах. Труды II Всесоюзного симпозиума по кибернетике, 1966.

Э. В. ГЕДАЛИН

К ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОННО-ФОТОННЫХ ЛИВНЕЙ

(Представлено академиком В. И. Мамасახлисовым 23.10.1965)

Современное развитие экспериментальной техники и накопленные экспериментальные данные требуют трехмерного подхода в каскадной теории ливней, поэтому знание флуктуаций углового распределения частиц в электронно-фотонных ливнях становится необходимым при анализе широких атмосферных ливней и других явлений в космических лучах.

В настоящей работе развитый ранее метод [1,2] используется для вычисления среднеквадратичных чисел частиц в трехмерной теории электромагнитных ливней.

Пусть  $M_{m,n}^i(\Theta, E, W, t, E_0, \vec{\Phi}_0)$  — момент порядка  $m$  по числу электронов с энергией, большей  $E$ , и  $n$  — по числу фотонов с энергией, большей  $W$ , с углами, меньшими  $\Theta$ , в ливне, образованном частицей типа  $i$  ( $i = 1, 2$ ; индекс 1 обозначает электроны, 2 — фотоны) с энергией  $E_0$  и углом  $\vec{\Phi}_0$ , падающей на границу вещества<sup>(1)</sup>. Тогда для  $M_{m,n}^i$  имеем рекуррентные соотношения [2]

$$M_{m,n}^i(\Theta, E, W, t, E_0, \vec{\Phi}_0) = \delta_{n,0} M_{1,0}^i(\Theta, E, t, E_0, \vec{\Phi}_0) + \\
 + \delta_{m,0} M_{0,1}^i(\Theta, W, t, E_0, \vec{\Phi}_0) + \\
 + \sum_{k=1}^2 \int dE' \int_0^t d\tau \int d\vec{\Phi}' N_{m,n}^k(t - \tau, \vec{\Phi}', E') m_k^i(E', \vec{\Phi}', \tau, E_0, \vec{\Phi}_0),$$

где  $N_{mn}^k$  даются выражениями

$$N_{mn}^k(t, \vec{\Phi}', E') = \sum_{\mu=0}^m \sum_{\nu=0}^n \binom{m}{\mu} \binom{n}{\nu} [1 - \delta_{\nu,0} \delta_{\mu,0}] [1 - \delta_{\nu,n} \delta_{\mu,m}] \times$$

<sup>(1)</sup>  $\vec{\Phi}_0$  — двумерный вектор угла импульса частицы, отсчитываемый от вертикали. Мы предполагаем углы отклонения частиц малыми.

$$\begin{aligned} & \times \int d\varepsilon \omega^k(E', \varepsilon) M_{m-\mu, n-\nu}^1(\dots t, E' - \varepsilon, \vec{\Phi}') \times \\ & \times [\delta_{k, 1} M_{\mu, \nu}^2(\dots t, \varepsilon, \vec{\Phi}') + \delta_{k, 2} M_{\mu, \nu}^3(\dots t, \varepsilon, \vec{\Phi}')]. \end{aligned} \quad (2)$$

$m_k^1$  имеют вид [2]

$$\begin{aligned} m_k^1(E', \vec{\Phi}', t, E_0, \vec{\Phi}_0) = & - \frac{1}{(2\pi)^4 E} \int ds d\lambda d\vec{x} e^{i\lambda s - i\vec{x}(\vec{\Phi}' - \vec{\Phi}_0)} \times \\ & \times \left(\frac{E_0}{E}\right)^s m_k^1(s, \vec{x}, \lambda), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $m_k^1(s, \vec{x}, \lambda)$  удовлетворяют уравнениям

$$\begin{aligned} \frac{[\lambda - \lambda_1(s)][\lambda - \lambda_2(s)]}{\lambda + \sigma_0} m_k^1(s, \vec{x}, \lambda) + \frac{\beta}{E} (s+1) m_k^1(s+1, \vec{x}, \lambda) + \\ + \frac{E_s^2 x^2}{4E^2} m_k^1(s+2, \vec{x}, \lambda) = \delta_{1k} + \frac{C(s)}{\lambda + \sigma_0} \delta_{2k}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$m_k^2(s, \vec{x}, \lambda) = [B(s)/(\lambda + \sigma_0)] m_k^1(s, \vec{x}, \lambda) + [1/(\lambda + \sigma_0)] \delta_{2k}. \quad (5)$$

Будем искать решение уравнения (4) в виде

$$m_k^1(s, \vec{x}, \lambda) = \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} \left(-\frac{\beta}{E}\right)^j \left(-\frac{E_s^2 x^2}{4E^2}\right)^l (j! l!)^{-1} \Phi_{jl}(s, \lambda) \varphi_k(s+j+2l, \lambda). \quad (6)$$

Тогда  $\Phi_{j, l}$  удовлетворяет разностному уравнению

$$\begin{aligned} \Phi_{j, l}(s, \lambda) = \Phi_{00}(s+j+2l, \lambda) [j(s+j+2l)\Phi_{j-1, l}(s, \lambda) + \\ + l\Phi_{j, l-1}(s, \lambda)], \end{aligned} \quad (7)$$

где

$$\Phi_{00}(s, \lambda) = (\lambda + \sigma_0)/[\lambda - \lambda_1(s)][\lambda - \lambda_2(s)], \quad (8)$$

$$\varphi_k(s, \lambda) = \delta_{1k} + [C(s)/(\lambda + \sigma_0)] \delta_{2k}. \quad (9)$$

Двойной ряд в правой части (6) сходится равномерно и абсолютно при  $\lambda^{3/2} E > E_s x$  и  $\lambda E > 8\beta$  [3]. Мы определим  $m_k^1(s, \vec{x}, \lambda)$  при произвольных  $(\beta/E)$  и  $E_s^2 x^2/4E^2$  с помощью аналитического продолжения ряда (6) [2-4]

$$\begin{aligned} m_k^1(s, \vec{x}, \lambda) = \frac{1}{(2\pi i)^2} \int_{\delta-i\infty}^{\delta+i\infty} d p \int_{\gamma-i\infty}^{\gamma+i\infty} d q \left(\frac{\beta}{E}\right)^p \left(\frac{E_s^2 x^2}{4E^2}\right)^q \times \\ \times \Gamma(-p) \Gamma(-q) \mathfrak{M}^1(s, p, q, \lambda) \varphi_k(s+p+2q, \lambda). \end{aligned} \quad (10)$$

Здесь  $\delta < 0$ ,  $\gamma < 0$ ;  $\mathfrak{M}^1(s, p, q, \lambda)$  при целых  $p$  и  $q$  совпадает с  $\Phi_{jl}(s, \lambda)$  и удовлетворяет уравнению

$$\mathfrak{B}^1(s, p, q, \lambda) = \Phi_{00}(s + p + 2q, \lambda) \times \\ \times \{p(s + p + 2q)\mathfrak{M}^1(s, p - 1, q, \lambda) + q\mathfrak{M}^1(s, p, q - 1, \lambda)\}. \quad (11)$$

Можно показать, что  $\mathfrak{M}^1(s, p, q, \lambda)$  имеет простые полюса при  $\lambda = \lambda_1(s + l)$  и  $\lambda = \lambda_2(s + l)$ ,  $l = 0, 1, \dots$  с вычетами  $\mathfrak{G}^1(s, p, q, \lambda_{1,2}(s + l))$ , определяющимися уравнениями

$$\mathfrak{G}^1(s, p, q, \lambda_{1,2}(s + l)) = \Phi_{00}(s + p + 2q, \lambda_{1,2}(s + l)) \times \\ \times \{p(s + p + 2q)\mathfrak{G}^1(s, p - 1, q, \lambda_{1,2}(s + l)) + \\ + q\mathfrak{G}^1(s, p, q - 1, \lambda_{1,2}(s + l))\} \quad (12)$$

и условием [4]

$$\mathfrak{G}^1(s, p, 0, \lambda_{1,2}(s + l)) = H_{1,2}(s + l) \Gamma(p + 1) \frac{\Gamma(s + p + 1)}{\Gamma(s + 1)} \times \\ \times \lim_{N \rightarrow \infty} \left\{ [\Phi_{00}(s + N + 1, \lambda_{1,2}(s + l))]^{p+1} \times \right. \quad (12a) \\ \left. \times \prod_{\substack{i=0 \\ i \neq l}}^N \Phi_{00}(s + i, \lambda_{1,2}(s + l)) \left[ \prod_{i=0}^N \Phi_{00}(s + p + i + 1, \lambda_{1,2}(s + l)) \right]^{-1} \right\}.$$

Таким образом, для  $m_k^i$  получаем

$$m_k^i(E, \bar{\Phi}, t, E_0, \bar{\Phi}_0) = \delta_{i2} \delta_{k2} e^{-\sigma_0 t} \delta[\bar{\Phi} - \bar{\Phi}_0] \delta[E - E_0] + \\ + \frac{2E E_0^{-2}}{2\pi(2\pi i)^3} \int ds dp dq \left(\frac{E_0}{E}\right)^s \left(\frac{\beta}{E}\right)^p \left(\frac{E^2(\bar{\Phi} - \bar{\Phi}_0)^2}{E_0^2}\right)^{-q-1} \times \\ \times \Gamma(q + 1) \Gamma(-p) \mathfrak{Z}_k^i(s, p, q, t), \quad (13)$$

где

$$\mathfrak{Z}_k^i(s, p, q, t) = \\ = \sum_{l=0}^{\infty} \{ \varphi_k(s + p + 2q, \lambda_1(s + l)) \mathfrak{G}^i(s, p, q, \lambda_1(s + l)) e^{\lambda_1(s + l)t} + \\ + \varphi_k(s + p + 2q, \lambda_2(s + l)) \mathfrak{G}^i(s, p, q, \lambda_2(s + l)) e^{\lambda_2(s + l)t} \}, \quad (14a)$$

$$\mathfrak{G}^2(s, p, q, \lambda) = \frac{B(s)}{\lambda + \sigma_0} \mathfrak{G}^1(s, p, q, \lambda). \quad (14b)$$

Соответственно для первых моментов получаем

$$M_{1,0}^i(\Theta, E, t, E_0, \bar{\Phi}_0) = \frac{\Theta}{(2\pi i)^3} \int \frac{ds dp dq}{s + p + 2q} dx \times \\ \times \left(\frac{E_0}{E}\right)^s \left(\frac{\beta}{E}\right)^p \left(\frac{E_0^2 x^2}{4E^2}\right)^q \Gamma(-q) \Gamma(-p) J_1(x\Theta) J_0(x\bar{\Phi}_0) \mathfrak{Z}_k^i(s, p, q, t) \quad (15)$$

$$M_{0,1}^i(\Theta, E, t, E_0, \vec{\vartheta}_0) = \delta_{i,2} \vartheta [\Theta - \vartheta_0] \vartheta [E_0 - E] \exp(-\sigma_0 t) + \\ + \frac{\Theta}{(2\pi i)^3} \int \frac{ds dp dq}{s + p + 2q} dx \left(\frac{E_0}{E}\right)^s \left(\frac{\beta}{E}\right)^p \left(\frac{E_s^2 x^2}{4E^2}\right)^q \times \\ \times \Gamma(-q) \Gamma(-p) J_1(x\Theta) J_0(x\vartheta_0) \vec{\delta}_2^i(s, p, q, t).$$

Воспользуемся теперь приближением С. З. Беленького [4]

$$\Phi_{00}(\sigma, \lambda_1(s)) = \sigma/(\sigma - s) f, \quad f = [-s\lambda_1(s)/H_1(s)]. \quad (16)$$

Тогда  $\mathfrak{G}^1(s, p, q, \lambda_1(s))$  может быть представлена в виде

$$\mathfrak{G}^1(s, p, q, \lambda_1(s)) = f^{-p-q} H_1(s) g(p, q, s),$$

где  $g(p, q, s)$  удовлетворяет разностному уравнению

$$[(2q + p)/(s + p + 2q)] g(p, q, s) = \\ = p(s + p + 2q) g(p - 1, q, s) + qg(p, q - 1, s) \quad (17)$$

с условием

$$g(0, q, s) = \Gamma\left(\frac{s}{2} + q + 1\right) / \Gamma\left(\frac{s}{2} + 1\right);$$

$$g(p, 0, s) = [\Gamma(s + p + 1) / \Gamma(s + 1)]^2. \quad (17a)$$

Дальнейшее интегрирование по  $s, p$  и  $q$  нетрудно провести методом перевала. При  $t > 1$  и  $y_0 = \ln(E_0/E) > 1$ , сохраняя главный (пропорциональный  $\exp \lambda_1(s)t$ ) член для  $M_{1,0}^i$  и  $M_{0,1}^i$ , получаем

$$M_{10}^i(\Theta, E, t, E_0, 0) = (2\pi)^{-3/2} [\Delta(p, q, s)]^{-1/2} H_1(s) \times \\ \times \left[ \frac{-\Gamma(q) \Gamma(-p) g(p, q, s)}{s + p + 2q} \right] \left( \frac{\Theta^2 E^2 f}{E_s^2} \right)^{-q} \left( \frac{\beta}{fE} \right)^p e^{s y_0 + \lambda_1(s)t} \times \\ \times [\delta_{11} + \delta_{12}(B(s)/(\lambda_1(s) + \sigma_0))], \quad (18)$$

$$M_{0,1}^i(\Theta, W, t, E_0, 0) = \frac{C(s + p + 2q)}{\lambda_1(s) + \sigma_0} M_{1,0}^i(\Theta, W, t, E_0, 0).$$

Здесь  $s, p, q$  определяются условиями

$$\frac{\partial v}{\partial s} = \frac{\partial v}{\partial p} = \frac{\partial v}{\partial q} = 0, \quad s + p + 2q > 0, \quad q < 0, \quad p < 0, \quad s > 0, \quad (19)$$

где

$$v(s, p, q, t) = s y_0 + \lambda_1(s)t - p \ln(E/\beta) - q \ln(\Theta^2 E^2 / E_s^2) + \\ + \ln[\Gamma(s + p + 2q) \Gamma(s + p + 2q + 1) \Gamma\left(\frac{s}{2} + q + 1\right) \Gamma(q) \Gamma(-p)], \quad (20)$$

$\Delta$  — модуль определителя матрицы  $(\partial^2 v / \partial \alpha_i \partial \alpha_k)(l, k = 1, 2, 3 \alpha_1 = s, \alpha_2 = p, \alpha_3 = q)$  при  $s, p$  и  $q$ , соответствующих точке перевала.

Найдем теперь среднеквадратичные числа частиц. Будем считать  $\bar{\varphi}_0 = 0$ , т. е. отсчитывать  $\Theta$  от направления оси ливня. Подставляя в соотношение (1) выражения (13) и (15) для  $m_k^i$ ,  $M_{1,0}^i$  и  $M_{0,1}$  и интегрируя по  $s_1, s_2, s_3, p_1, p_2, p_3, q_1, q_2, q_3, \tau$  аналогично тому, как это сделано в работе [2], получаем

$$\begin{aligned} M_{2,0}^i(\Theta, E, t, E_0) &= M_{10}^i(\Theta, E, t, E_0) + \\ &+ K_{2,0}^i(\Theta, E, t, E_0) + \mathfrak{N}_{2,0}^i(\Theta, E, t, E_0), \\ M_{0,2}^i(\Theta, E, t, E_0) &= M_{01}^i(\Theta, E, t, E_0) + \\ &+ K_{0,2}^i(\Theta, E, t, E_0) + \mathfrak{N}_{0,2}^i(\Theta, E, t, E_0), \end{aligned} \quad (21)$$

где

$$\begin{aligned} K_{2,0}^i(\Theta, E, t, E_0) &= (2\pi)^{-3} \pi^{1/2} D_1^{-1/2} \left( \frac{\beta}{Ef} \right)^{2p} \left( \frac{\Theta^2 E^2 f}{E_s^2} \right)^{-2q} \times \\ &\times [\Phi(x, (t)) - \Phi(x, (0))] \{ \gamma_1(s, s) H_1(s) H_4(s) P_1^i(s, s) + \\ &+ \gamma_2(s, s) [H_3(s)]^2 P_2^i(s, s) \} \left[ \frac{\Gamma(-p) \Gamma(q) g(p, q, s)}{s + p + 2q} \right]^2 \times \\ &\times \exp \{ 2s y_0 + 2\lambda_1(s) t + (b_1^2 \Lambda_1 / 2 D_1) \}, \end{aligned} \quad (22)$$

$$K_{0,2}^i(\Theta, E, t, E_0) = [C(s + p + 2q) / (\lambda_1(s) + \sigma_0)]^2 K_{1,0}^i(\Theta, E, t, E_0),$$

$$b_1 = -2\lambda_1(s) + \lambda_1(2s); \quad x_1(t) = [D_1 / 2 \Lambda_1]^{1/2} \{ t - \bar{\tau} \} - b_1 [D_1 / \Lambda_1]^{-1},$$

$$D_1 = \left| det \frac{\partial^2 w_1}{\partial \zeta_e \partial \zeta_k} \right| \quad l, k = 1, 2 \dots 7,$$

$$\Lambda_1 = \left| det \frac{\partial^2 w_1}{\partial \zeta_e \partial \zeta_k} \right| \quad l, k = 1, 2 \dots 6$$

( $\zeta_1 = s_1, \zeta_2^p = p_1, \zeta_3 = q_1, \zeta_4 = s_2, \zeta_5 = p_2, \zeta_6 = p_2, \zeta_7 = \tau$ ,  $D$  и  $\Lambda_1$  берутся в точке перевала),

$$\begin{aligned} w_1(s_1, p_1, q_1, s_2, p_2, q_2, \tau) &= v(s_1 + p_1 + q_1, \tau) + \\ &+ v(s_2, p_2, q_2, \tau) + \lambda_1(s_1 + s_2) \tau, \end{aligned}$$

$$P_k^i(s, s) = \delta_{11} [H_1(2s) \delta_{k1} + H_3(2s) \delta_{k2}] + \delta_{12} [H_4(2s) \delta_{k1} + H_5(2s) \delta_{k2}].$$

Здесь параметры  $s, p, q$  и  $\bar{\tau}$  определяются условиями  $s_1 = s_2 = s, p_1 = p_2 = p, q_1 = q_2 = q, \tau_1 = \bar{\tau} = 0, s > 0, p < 0, q < 0,$

$$s + p + 2q > 0, \quad \frac{\partial w_1}{\partial s_1} = \frac{\partial w_1}{\partial p_1} = \frac{\partial w_1}{\partial q_1} = 0 \quad (23)$$

при  $t < t_0$  и  $s_1 = s_2 = s_0, p_1 = p_2 = p, q_1 = q_2 = q, \bar{\tau}_1 = \tau_m$

$$\frac{\partial w_1}{\partial s_1} = \frac{\partial w_1}{\partial p_1} = \frac{\partial w_1}{\partial q_1} = 0, \quad s > 0, p < 0, q < 0, s + p + 2q > 0,$$

при  $t \cong t_0$ , ( $t_0$  определяется условиями (23) при  $\tau = 0$  и  $s = s_0$ , где  $s_0$  — решение уравнения  $2\lambda_1(s_0) - \lambda_1(2s_0) = 0$ ).

Величины  $\mathfrak{N}_{20}^i$  и  $\mathfrak{N}_{0,2}^i$  получаются из  $K_{2,0}^i$  и  $K_{0,2}^i$  заменой

$$D_1 \rightarrow D_2, \Lambda_1 \rightarrow \Lambda_2, b_1 \rightarrow b_2, x_1(t) \rightarrow x_2(t), P_k^i \rightarrow Q_k^i,$$

где

$$b_2 = -2\lambda, (s) + \lambda_2(2s); \quad x_2(t) = [D_2/2\Lambda_2]^{1/2} \{t - b_2 [\Lambda_2/D_2]\},$$

$$D_2 = \left| d e t \frac{\partial^2 w_2}{\partial \zeta_l \partial \zeta_k} \right|, \quad l, k = 1, 2 \dots 7,$$

$$\Lambda_2 = \left| d e t \frac{\partial^2 w_2}{\partial \zeta_l \partial \zeta_k} \right|, \quad l, k = 1, 2 \dots 6,$$

$$w_2(s_1, p_1, q_1, s_2, p_2, q_2, \tau) = w_1(s_1 \dots \tau) - \lambda_1(s_1 + s_2)\tau + \Lambda_2(s_1 + s_2)\tau,$$

$$Q_k^i = [H_2(2s)\delta_{k1} - H_3(2s)\delta_{k2}]\delta_{i1} + [-H_4(2s)\delta_{k1} + H_6(2s)\delta_{k2}]\delta_{i2}.$$

Параметры  $s, p$  и  $q$  определяются в этом случае условиями

$$\frac{\partial w_2}{\partial s_1} = \frac{\partial w_2}{\partial p_1} = \frac{\partial w_2}{\partial q_1} = 0,$$

$$s_1 = s_2 = s, \quad q_1 = q_2 = q, \quad p_1 = p_2 = p, \quad s > 0, \quad p < 0, \quad q < 0,$$

$$s + p + 2q > 0, \quad \tau = \bar{\tau} = 0$$

при всех  $t$ .

Из выражений для среднеквадратичных чисел частиц следует, что при фиксированных  $E, \Theta$  и  $E$  величины  $\sigma_1^i(t, \Theta) = \{[M_{20}^i/M_{1,0}^i]^2 - 1\}^{1/2}$ ;  $\sigma_2^i(t, \Theta) = \{[M_{0,2}^i/(M_{1,0}^i)^2 - 1\}^{1/2}$ , характеризующие дисперсии чисел частиц в ливне, с ростом  $t$  сначала убывают, достигая минимума при  $s(t) = 1$ , и затем снова быстро возрастают аналогично тому, как это имеет место в одномерной теории. При фиксированных  $E_0, E$  и  $t \sigma(t, \Theta)$  меняются с изменением  $\Theta$ : при очень малых  $\Theta$   $\sigma(t, \Theta) \sim \Theta^{-1}$  [2] и убывает с ростом  $\Theta$ , достигая минимума при  $\Theta$  таких, что  $s(\Theta) = 1$ , а затем снова возрастает, достигая при  $\Theta \rightarrow \infty$  значения дисперсии в одномерной теории,  $\sigma(\infty)$ , если  $s(\infty) < 1$ ; при  $s(\infty) \cong 1$  монотонно убывает с ростом  $\Theta$ , достигая при  $\Theta \rightarrow \infty$  своего минимального значения<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Для численных расчетов  $g(p, q, s)$  удобно интерполировать выражением

$$g(p, q, s) = [\Gamma(s + p + 2q + 1)]/\Gamma(s + 2q + 1)]^2 \times$$

$$\times \left[ \Gamma\left(\frac{s}{2} + q + 1\right) \right] \Gamma\left(\frac{s}{2} + 1\right) \sum_{i=0}^n \frac{\Gamma(p + n)}{\Gamma(p)(p+i)} a_i(q, s), \quad (*)$$

где коэффициенты  $a_i$  определяются из условий равенства правой и левой сторон (\*) при  $p = -l$  ( $l = 0, 1 \dots n$ ).  $g(-l, q, s)$  нетрудно найти из уравнения (17), учитывая, что

$$g(-1, q, s) = \frac{1}{s + 2q} \left\{ \frac{2q + 1}{s + 2q} - \frac{2q}{(s + 2q)^2} \right\} \frac{\Gamma\left(\frac{s}{2} + q + 1\right)}{\Gamma\left(\frac{s}{2} + 1\right)}.$$

В связи с этим следует отметить, что использование приближения „бесконечно большой первичной энергии“ при вычислении дисперсии приводит к ошибочному результату  $\sigma(f, \Theta) = const$ , так как в этом случае  $r(\Theta) = r(\infty)$ .

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физики

(Поступило в редакцию 23.10.1965)

ფიზიკა

ე. გეგალინი

ელექტრონულ-ფოტონური ღვარამის თეორიის საკითხისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

შრომში განხილულია ცალკეული ელექტრონებითა და ფოტონებით გენერირებულ ღვარამში ელექტრონებისა და ფოტონების რიცხვა მომენტები. ცხადი სახითაა მიღებული გამოსახულებები ნაწილაკთა საშუალო და საშუალო-კვადრატული რიცხვების კუთხური განწილებისათვის.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Э. В. Гедалин. Флюксации в широких атмосферных ливнях: пространственное и угловое распределение частиц. Сообщения АН ГССР, XXXVII:2, 283, 1965.
2. Э. В. Гедалин. Каскадная теория ливней. В сб.: „Физика частиц высоких энергий“, изд. „Мецნიერება“, т. II, 1966.
3. K. Kamata, J. Nishimura. The lateral and the angular structure functions of electron showers. Suppl. Prog. Theor. Phys., № 6, 93, 1958.
4. С. З. Беленький, И. П. Иваненко. Каскадная теория ливней. УФН, 69, № 4, 1959, 591.



ФИЗИКА

Е. Ю. РОИНИШВИЛИ, Н. Н. ТАВХЕЛИДЗЕ

К ВОПРОСУ ОБ АДДИТИВНОСТИ ТЕПЛОЕМКОСТИ РАСТВОРОВ  
ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

(Представлено академиком Э. Л. Андроникашвили 22.11.1965)

Калориметрическим методом исследовалась аддитивность теплоемкости водных растворов поливинилового спирта.

Измерения теплоемкости проводились на адиабатном, вакуумном калориметре, построенном по типу, предложенному в работе [1].

Были измерены теплоемкость сухого поливинилового спирта в интервале от 15°C до температуры стеклования, а также теплоемкость 2; 10 и 50% водных растворов поливинилового спирта в температурном интервале 20—35°C (рис. 1).

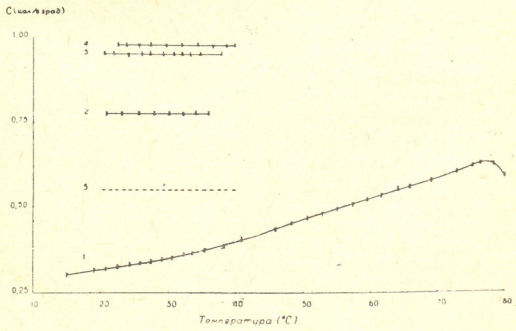


Рис. 1. Зависимость теплоемкостей поливинилового спирта в растворах различных концентраций: 1—сухой поливиниловый спирт; 2—50%; 3—10%; 4—2%; 5—парциальная теплоемкость поливинилового спирта в растворах приведенных выше концентраций

Значения парциальных теплоемкостей поливинилового спирта в растворах указанных концентраций равны 0,55 кал/г.град. Как видно, аддитивное сложение теплоемкостей компонент, предполагавшееся в работах [2, 3], в случае водных растворов поливинилового спирта не имеет места и во всем исследуемом интервале температур парциальная теплоемкость растворов поливинилового спирта значительно больше (~на 0,2 кал/г), чем теплоемкость сухого вещества. Постоянство значения парциальной теплоемкости полимера при повышении содержания воды выше 50% свидетельствует об окончательном формировании гидратной оболочки.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физики  
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 5.12.1965)

ფიზიკა

ე. როინიშვილი, ნ. თავხელიძე

პოლივინილის სპირტის ხსნარების სითბოტევადობის  
 ადიტიურობის შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

ვაკუუმური ადიაბატური კალორიმეტრით შესწავლილია პოლივინილის სპირტისა და მისი წყალხსნარების სითბოტევადობა.

ნაჩვენებია, რომ პოლივინილის სპირტის ხსნარების პარციალური სითბოტევადობა მნიშვნელოვნად აღემატება (~0,2 კალ/გრ-ჯერ) მშრალი პოლივინილის სპირტის სითბოტევადობას. ამგვარად, პოლივინილის სპირტის წყალხსნარებში კომპონენტების სითბოტევადობის ადიტიურობა დარღვეულია.

დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т. В. Бурджанадзе, П. Л. Привалов, Н. Н. Тавхелидзе. Вакуумный адиабатный калориметр с автоматической регулировкой тепловых свойств растворов макромолекул. Сообщения АН ГССР, XXXI:2, 1963.
2. С. М. Скуратов, М. С. Шкитов. Теплоемкость воды, связанной высокополимерными веществами. ДАН СССР, 53, 1946.
3. С. М. Скуратов. Теплоемкость растворителя, связанного с высокомолекулярными веществами. Коллоидный журнал, 9, 1947.



Л. С. ЧОТОРЛИШВИЛИ

О ПЕРИОДИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ  
 ПОЧВЫ, ПОКРЫТОЙ СНЕГОМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 20.11.1965)

Известно, что суточные температурные колебания в снежном покрове распространяются до глубины около 25 см [1]. При этом происходит очень быстрое убывание амплитуды суточного хода температуры с глубиной. Все это показывает, что снежный покров хорошо предохраняет почву от замерзания. Но возникает вопрос, какой будет эффект, когда глубина снежного покрова незначительная (порядка нескольких сантиметров). Дело в том, что отражение от поверхности снежного покрова коротковолновой радиации гораздо больше, чем от поверхности почвы, и ясно, что снежный покров будет уменьшать приток тепла на поверхности почвы за счет солнечной радиации. С другой стороны, излучение с поверхности снежного покрова больше, чем с поверхности почвы, поэтому потеря тепловой энергии за счет эффективного излучения от подстилающей поверхности при снежном покрове будет больше, чем при голой почве. Исходя из приведенных соображений, можно заключить, что снежный покров при небольших глубинах будет способствовать замерзанию почвы.

Поэтому, безусловно, задача о расчете суточного хода температуры почвы, покрытой снегом, представляет как научный, так и практический интерес. Эта задача рассматривается в настоящей работе.

Исходными уравнениями являются уравнения, описывающие процесс распространения тепла в приземном слое воздуха, в снегу и в почве:

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} k(z) \frac{\partial T_1}{\partial z}, \quad 0 \leq z \leq H_1, \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial t} = k_2^2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2} + \frac{\beta}{\epsilon_2 \rho_2} I e^{-\beta z}, \quad 0 \leq z \leq h, \quad (2)$$

$$\frac{\partial T_3}{\partial t} = k_3^2 \frac{\partial^2 T_3}{\partial z^2}, \quad h \leq z < \infty, \quad (3)$$

где  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$ —температуры воздуха, снега и почвы соответственно;  $k_2^2$ ,  $k_3^2$ —коэффициент теплопроводности снега и почвы;  $c_2$ ,  $\rho_2$ —теплоемкость и плотность снега;  $\beta$ —коэффициент ослабления солнечной радиации в толще снежного покрова;  $I$ —суммарная солнечная радиация, приходящаяся на поверхность снега;  $k(\chi)$ —коэффициент турбулентности в приземном слое воздуха, для которой примем модель, предложенную М. Е. Швецом [2]:

$$k(\chi) = \begin{cases} \kappa + \mu\chi, \\ \kappa + \mu H_1, \end{cases} \quad (4)$$

где  $\kappa$ —коэффициент молекулярной диффузии воздуха;  $\mu$ —параметр, характеризующий рост коэффициента турбулентности по высоте;  $H_1$ —высота излома  $k(\chi)$ ;  $\chi$ —вертикальная координата;  $t$ —время,  $h$ —глубина снежного покрова.

Условимся обозначать  $\chi = 0$  поверхность раздела сред воздух—снег, а ось  $\chi$  направим для воздуха вертикально вверх, для снега и почвы—вниз от поверхности  $\chi = 0$ .

Будем искать отклонение температуры от среднесуточного значения.

Поскольку мы решаем периодическую задачу, начальные условия не требуются.

Граничные условия следующие:

1. На высоте метеорологической будки  $H$  задается температура воздуха

$$\chi = H, \quad T_1(\chi, t) = T_H(t). \quad (5)$$

2. На поверхности снежного покрова задаются равенство температуры воздуха и снега и условие теплового баланса

$$\begin{aligned} \chi = 0, \quad T_1(0, t) = T_2(0, t), \\ -\kappa c_p \rho \frac{\partial T_1}{\partial \chi} - c_2 \rho_2 k_2^2 \frac{\partial T_2}{\partial \chi} + E_{эф} = 0, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $c_p$ ,  $\rho$ —теплоемкость и плотность воздуха,  $E_{эф}$ —эффективное излучение с поверхности снежного покрова.

В уравнение теплового баланса не входит коротковолновая радиация, так как она входит в уравнение теплопроводности для снега.

3. На поверхности почвы задаются равенство температуры снега и почвы и условие теплового баланса

$$\chi = h, \quad T_2(h, t) = T_3(h, t), \quad (8)$$

$$c_2 \rho_2 k_2^2 \frac{\partial T_2}{\partial \chi} - c_3 \rho_3 k_3^2 \frac{\partial T_3}{\partial \chi} = I(0, t) e^{-\beta h}, \quad (9)$$

где  $c_3$  и  $\rho_3$ —теплоемкость и плотность почвы;  $I(0, t) e^{-\beta h}$ —коротковол-

новая радиация, которая проникает в толщу снежного покрова и достигает поверхности почвы.

4. В почве с глубиной суточный ход температуры затухает:

$$\chi = \infty, \quad T_3(\chi, t) = 0. \quad (10)$$

Будем искать решения уравнений (1), (2) и (3) в виде рядов

$$T_1(\chi, t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} T_{1n}(\chi) e^{-in\omega t}, \quad (11)$$

$$T_2(\chi, t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} T_{2n}(\chi) e^{-in\omega t}, \quad (12)$$

$$T_3(\chi, t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} T_{3n}(\chi) e^{-in\omega t}, \quad (13)$$

где  $\omega$ —угловая скорость вращения земли,  $n$ —номер гармоники.

Представим температуру воздуха на высоте метеорологической будки, коротковолновую радиацию и эффективное излучение в виде рядов Фурье

$$T_H(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} T_{Hn} e^{-in\omega t}, \quad (14)$$

$$I(0, t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} I_n e^{-in\omega t}, \quad (15)$$

$$E_{эф}(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} E_{эфn} e^{-in\omega t}. \quad (16)$$

Подставим выражения (11), (12), (13) в уравнения (1), (2), (3) для определения  $T_{1n}$ ,  $T_{2n}$ ,  $T_{3n}$  и получим

$$\frac{d}{d\chi} (\alpha + \mu\chi) \frac{dT_{1n}}{d\chi} + in\omega T_{1n} = 0, \quad (17)$$

$$\frac{d^2 T_{2n}}{d\chi^2} + i \frac{n\omega}{k_2^2} T_{2n} = - \frac{\beta}{c_2 \rho_2 k_2^2} I_n e^{-\beta z}, \quad (18)$$

$$\frac{d^2 T_{3n}}{d\chi^2} + i \frac{n\omega}{k_3^2} T_{3n} = 0. \quad (19)$$

Граничные условия следующие:

$$1. \quad \zeta = H, \quad T_{1n} = T_{Hn}. \quad (20)$$

$$2. \quad \zeta = 0, \quad T_{1n} = T_{2n}, \quad (21)$$

$$- \alpha \rho c_p \frac{\partial T_{1n}}{\partial \zeta} - c_2 \rho_2 k_2^2 \frac{\partial T_{2n}}{\partial \zeta} + E_{n3\Phi} = 0. \quad (22)$$

$$3. \quad \zeta = h, \quad T_{2n} = T_{3n}, \quad (23)$$

$$c_2 \rho_2 k_2^2 \frac{\partial T_{2n}}{\partial \zeta} - c_3 \rho_3 k_3^2 \frac{\partial T_{3n}}{\partial \zeta} = I_n e^{-\beta h}. \quad (24)$$

$$4. \quad \zeta = \infty, \quad T_{3n} = 0. \quad (25)$$

Для решения уравнения (17) перейдем к новой переменной

$$x = \frac{2}{\mu} \sqrt{i n \omega (\alpha + \mu \zeta)}.$$

Тогда уравнение (17) примет вид

$$\frac{d}{dx} x \frac{dT_{1n}}{dx} + x T_{1n} = 0. \quad (26)$$

Решение уравнения (26) выражается через функции Бесселя и Неймана и имеет вид [3]

$$T_{1n} = A_n J_0(x) + B_n N_0(x). \quad (27)$$

Решение однородного уравнения, соответствующего (18), есть

$$T_{2n} = C_n \exp \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_2} \zeta + D_n \exp \left( - \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_2} \zeta \right).$$

Решение неоднородного уравнения (18) ищем в виде

$$T_{2n} = M_n e^{-\beta \zeta}.$$

Находим  $\frac{d^2 T_{2n}}{d\zeta^2}$ , подставляем в уравнение (18)  $\frac{d^2 T_{2n}}{d\zeta^2}$  и  $T_{2n}$ , определяем

$$M_n = - \frac{\delta \beta}{c_2 \rho_2} \frac{I_n}{in\omega + k_2^2 \beta^2}.$$

Общее решение уравнения (18)

$$T_{2n} = C_n \exp \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_2} \zeta + D_n \exp \left\{ - \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_2} \zeta \right\} + M_n e^{-\beta \zeta}. \quad (28)$$

Решение уравнения (19) с учетом условия (25) есть

$$T_{3n} = E_n \exp \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_3} \zeta. \quad (29)$$

Из (27), (28), (29) находим

$$\begin{aligned} \frac{dT_{1n}}{dz} &= -\sqrt{\frac{-in\omega}{k_2}} \left[ \Lambda_n J_1 \left( \frac{2}{\mu} \sqrt{in\omega(x + \mu z)} \right) + \right. \\ &\quad \left. + B_n N_1 \left( \frac{2}{\mu} \sqrt{in\omega(x + \mu z)} \right) \right], \\ \frac{dT_{2n}}{dz} &= C_n \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_2} \exp \left\{ \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_2} z \right\} - D_n \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_2} \times \\ &\quad \times \exp \left\{ -\frac{\sqrt{-in\omega}}{k_2} z \right\} + M_n \beta e^{-\beta z}, \\ \frac{dT_{3n}}{dz} &= E_n \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_3} \exp \left\{ \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_3} z \right\}. \end{aligned}$$

Удовлетворяя условиям (20)–(24), получаем замкнутую систему алгебраических уравнений из пяти уравнений

$$\begin{aligned} a_1 A_n + a_2 B_n &= T_{1n}, \\ b_1 A_n + b_2 B_n - C_n - D_n &= -M_n, \\ \alpha_1 c'_1 A_n + \alpha_1 c'_2 B_n - \alpha_2 C_n - \alpha_2 D_n &= \beta M_n - E_{n\Phi}, \\ d_1 C_n + d_2 D_n - d_3 E_n &= d_4, \\ \alpha_2 d_1 C_n - \alpha_2 d_2 D_n - \alpha_3 d_3 E_n &= e, \end{aligned} \quad (30)$$

где

$$\begin{aligned} a_1 &= J_0 \left( \frac{2}{\mu} \sqrt{in\omega(x + \mu H)} \right), \quad b_1 = J_0 \left( \frac{2}{\mu} \sqrt{in\omega x} \right), \\ a_2 &= N_0 \left( \frac{2}{\mu} \sqrt{in\omega(x + \mu H)} \right), \quad b_2 = N_0 \left( \frac{2}{\mu} \sqrt{in\omega x} \right), \\ c'_1 &= J_1 \left( \frac{2}{\mu} \sqrt{in\omega x} \right), \quad d_1 = d^{-\frac{1}{2}} = \exp \left\{ \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_2} h \right\}, \\ c'_2 &= N_1 \left( \frac{2}{\mu} \sqrt{in\omega x} \right), \quad d_3 = \exp \left\{ \frac{\sqrt{-in\omega}}{k_3} h \right\}, \\ \alpha_1 &= c_p \rho \sqrt{in\omega x}, \quad d_4 = M_n e^{-\beta h}, \\ \alpha_2 &= c_2 \rho_2 \sqrt{-in\omega k_2}, \quad e_1 = (\partial I_n - M_n \beta) e^{-\beta h}, \\ \alpha_3 &= c_3 \rho_3 \sqrt{-in\omega k_3}. \end{aligned}$$

Из системы (30) определим  $E_n$ :

$$E_n = \frac{\left(d_1 \frac{r_3}{r_1} - d_4\right) \left(d_1 \frac{r_2}{r_1} + d_2\right) - \left(d_1 \frac{r_3}{r_1} - e_1\right) \left(d_1 \frac{r_3}{r_1} - d_2\right)}{\left[\alpha_2 \left(d_1 \frac{r_2}{r_1} + d_2\right) - \alpha_3 \left(d_1 \frac{r_2}{r_1} - d_2\right)\right] d_3}, \quad (31)$$

где

$$\begin{aligned} r_1 &= \gamma (a_1 c'_2 - a_2 c'_1) - \alpha_2, & r_2 &= \gamma (a_1 c'_2 - a_2 c'_1), \\ r_3 &= M_n \beta - E_{n\varphi} + \gamma [(T_{Hn} b_1 + M_n a_1) c'_2 - (T_{Hn} b_2 + M_n a_2) c'_1], \\ \gamma &= \frac{\alpha_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}. \end{aligned}$$

Несложными преобразованиями выражения (31) и подстановкой значений  $d_1$  и  $d_3$  получим

$$E_n = G_n \exp \left\{ V^{-i n \omega} \left( \frac{h}{k_2} - \frac{h}{k_3} \right) \right\}, \quad (32)$$

где

$$G_n = \frac{\left(d_1 \frac{r_3}{r_1} - d_4\right) \left(\frac{r_2}{r_1} + d_2^2\right) - \left(d_1 \frac{r_3}{r_1} - e_1\right) \left(\frac{r_2}{r_1} - d_2^2\right)}{\alpha_2 \left(d_1 \frac{r_2}{r_1} + d_2\right) - \alpha_3 \left(d_1 \frac{r_2}{r_1} - d_2\right)}. \quad (33)$$

Подставив уравнение (32) в (29), будем иметь

$$T_{3n} = G \exp \left\{ (i-1) \sqrt{\frac{n\omega}{2}} \left( \frac{\zeta-h}{k_3} + \frac{h}{k_2} \right) \right\}. \quad (34)$$

Внесем выражение (34) в (13) и получим

$$T_3(\zeta, t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} G_n \exp \left\{ (i-1) \sqrt{\frac{n\omega}{2}} \left( \frac{\zeta-h}{k_3} + \frac{h}{k_2} \right) - i n \omega t \right\}. \quad (35)$$

Отбрасывая мнимую часть, получаем искомое решение

$$\begin{aligned} T_3(\zeta, t) &= \sum_{-\infty}^{+\infty} G_n \exp \left\{ - \sqrt{\frac{n\omega}{2}} \left( \frac{\zeta-h}{k_3} + \frac{h}{k_2} \right) \right\} \times \\ &\times \cos \left[ \sqrt{\frac{n\omega}{2}} \left( \frac{\zeta-h}{k_3} + \frac{h}{k_2} - n \omega t \right) \right]. \end{aligned} \quad (36)$$

Так как  $\zeta = \zeta_1 + h$ , где  $\zeta_1$ —глубина почвы, то



$$T_3(\tau, t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} G_n \exp \left\{ -\sqrt{\frac{n\omega}{2}} \left( \frac{\tau_1}{k_3} + \frac{h}{k_2} \right) \right\} \times \\ \times \cos \left[ \sqrt{\frac{n\omega}{2}} \left( \frac{\tau_1}{k_3} + \frac{h}{k_2} - n\omega t \right) \right]. \quad (37)$$

Полученное решение позволяет найти суточный ход температуры почвы, покрытой снегом.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт геофизики

(Поступило в редакцию 20.11.1965)

გეოგრაფია

ლ. ზობოლიშვილი

თოვლით დაფარული ნიადაგის ტემპერატურის  
პერიოდული რხევების შესახებ

რეზიუმე

შრომაში განხილულია თოვლით დაფარული ნიადაგის ტემპერატურის დღელმური რხევები. გათვალისწინებულია თოვლის საბურველში შეღწეული მზის რადიაციის გავლენა. განხილულია სამფენიანი ამოცანა: ჰაერის მიწის-პირა ფენი, თოვლის საბურველი და ნიადაგი. ამოხსნა მიღებულია გამოთვლებისათვის მოსახერხებელი პერიოდული მწკრივის სახით.

დაამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Н. Тверской. Курс метеорологии. Гидрометеонздат, 1962.
2. М. Е. Швец. Суточный ход температуры и лучистый теплообмен. Изв. АН СССР сер. географ. и геофиз., № 4, 1943.
3. В. И. Смирнов. Курс высшей математики, т. III, ч. 2, 1949.
4. Н. А. Тимофеев. Расчет суточного хода температуры и интенсивности таяния снега в весенний период. Труды ГГО, вып. 94, 1960.

მათეორიკობი

ზ. სვედელიძე

კავკასიის ტერიტორიისათვის გეოკოტენციური ველის  
 პროგნოზური სქემების სხვადასხვა ვარიანტი  
 ბაროტროპიული მოდელის მიხედვით

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა მ. მირიანაშვილმა 17.12.1965)

მთების გავლენით გამოწვეული სხვადასხვა სახის ეფექტები, რომლებიც მოქმედებენ მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე, ძველთაგანვე იყო ცნობილი. პირველი ცდა ოროგრაფიის გავლენის გათვალისწინებისა წნევის მოკლევადიან პროგნოზზე დინამიკური მეტეოროლოგიის მეთოდების გამოყენებით, ეკუთვნის ი. კიბელს [1]. შემდეგი გამოკვლევები ამ მიმართულებით [2, 3, 4] საშუალებას იძლევიან დაზუსტდეს წნევის პროგნოზური სქემები რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით.

ერთი ძირითადი მიზეზი რიცხვითი პროგნოზური სქემების არასრულფასოვნებისა საშუალო დონეზე, მდგომარეობს იმაში, რომ არ ითვალისწინებენ ვერტიკალურ მოძრაობებს ატმოსფეროში. ზოგიერთი მკვლევარი [4] აზუსტებს რა ბარომეტრულ სქემას პროგნოზისას, ითვალისწინებს მთების გავლენით გამოწვეულ ვერტიკალურ მოძრაობებს. აღნიშნული სქემები არ ითვალისწინებენ კორიოლისის ძალის განედის მიხედვით ცვლილებას, თუმცა ცნობილი იყო, რომ როსბის ეფექტი იწვევს ატმოსფერული ტალღების „დეფორმირებას“.

შრომაში [5] მოცემული იყო  $H$  (იზობარული ზედაპირის სიმაღლე) მოკლევადიანი პროგნოზის სქემა საშუალო დონეზე კორიოლისის ძალის ცვლილების გავლენის გათვალისწინებით.

მოცემულ შრომაში განხილულია სხვადასხვა ვარიანტი წნევის პროგნოზური სქემებისა, კორიოლისის ძალის ცვლილების გავლენის გათვალისწინებით მთავარიან რაიონებში. განსახილველი საკითხი უშეგბს ამოცანის ამოხსნას გრძელი ტალღების მეთოდით [6, 7]. ამიტომ მოძრაობის განტოლებებში შეიძლება უგულებელყვით ქარის სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი.

მთის ზედაპირის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$z = Z(x, y).$$

ქარის სიჩქარის პორიზონტალური შემადგენლები  $U$  და  $V$  შეიძლება მიახლოებით წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად:

$$U = -\frac{g}{l\eta} \frac{\partial H}{\partial y}; \quad V = \frac{g}{l\eta} \frac{\partial H}{\partial x}, \quad (1)$$

სადაც  $\eta = \frac{P_s}{P}$ ;  $P_s$  წნევის მნიშვნელობაა მთის ზედაპირზე;  $P$ —წნევის

სტანდარტული მნიშვნელობა ზღვის დონეზე;  $x, y$ —კორიზონტალური კოორდინატები. ამასთან  $x$  მიმართულია აღმოსავლეთით პარალელის გასწვრივ,  $y$ —ჩრდილოეთით მერიდიანის გასწვრივ;  $l = l(y)$ —კორიოლისის პარამეტრი;  $g$ —სიმძიმის ძალის აჩქარება. ჩავსვათ (1) გრივალის განტოლებაში

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + U \frac{\partial(\Omega + l)}{\partial x} + V \frac{\partial(\Omega + l)}{\partial y} + \beta V = -lD;$$

მივიღებთ ჩვენი ამოცანის ძირითად პროგნოზურ განტოლებას

$$\Delta \frac{\partial H}{\partial t} + a \frac{\partial^2 H}{\partial t \partial x} + b \frac{\partial^2 H}{\partial t \partial y} + \beta \frac{\partial H}{\partial x} = F, \quad (2)$$

სადაც

$$F = -\frac{l}{\eta}(\eta, H) - \left[ H, \frac{g}{l} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{\eta} \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{g}{l} \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{1}{\eta} \frac{\partial H}{\partial y} \right) \right];$$

$$a = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial x}; \quad b = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial y};$$

$$\beta = \frac{dl}{dy} = 1,3 \cdot 10^{-11} \frac{1}{\text{მ! სეკ}}$$

(—როსბის პარამეტრია,  $(A, B)$ —უქასონის ფრჩხილი;  $\Delta$ —ლაპლასის ორგანზომილებიანი ოპერატორი). ამ განტოლების უფრო დაწვრილებით გამოყენა შეიძლება ვნახოთ ლიტერატურაშიც [3, 4, 8].

მთავორიან რაიონებში პარამეტრი  $a$  და  $b$  მნიშვნელოვნად ცვალებადია წერტილიდან წერტილამდე (წარმოვიდგინოთ მთავარეხილი სწორკუთხოვანი პირამიდის სახით), რადგან  $\eta$  ლეზულობს სხვადასხვა მნიშვნელობებს. განტოლება (2) წარმოადგენს განტოლებას ცვალებადი კოეფიციენტებით. უნდა ამოიხსნას მთის თითოეული წერტილისათვის სპეციალური სქემის მიხედვით.

დროთი ნაბიჯი აღვნიშნოთ  $\delta t$ -თი და გადავწეროთ (2) განტოლება შემდეგი სახით:

$$\Delta H^{(\delta)} - \Delta H^{(0)} + a \left( \frac{\partial H^{(1)}}{\partial x} - \frac{\partial H^{(0)}}{\partial x} \right) + b \left( \frac{\partial H^{(1)}}{\partial y} - \frac{\partial H^{(0)}}{\partial y} \right) + \delta t \beta \left( \frac{\partial H^{(1)}}{\partial x} - \frac{\partial H^{(0)}}{\partial x} \right) = \delta t F;$$

ანდა

$$\Delta H^{(1)} + (a + \delta t \beta) \frac{\partial H^{(1)}}{\partial x} + b \frac{\partial H^{(1)}}{\partial y} = \delta t \left[ F + \beta \frac{\partial H^{(0)}}{\partial x} \right] + \Delta H^{(1)} + a \frac{\partial H^{(0)}}{\partial x} + b \frac{\partial H^{(0)}}{\partial y}, \quad (3)$$

სადაც ინდექსი  $o$  მიუთითებს გეოპოტენციური ველის მნიშვნელობაზე საწყის მომენტში. განტოლება (3) ჩაეწეროს სასრულო ნაზარდებში  $x, y$ -ის მიმართ 9-წერტილიანი სქემით (კვადრატული). განტოლებაში შემავალი წევრები სასრულო ნაზარდებში ჩაიწერება შემდეგი სახით (იხ. ნახ. 1): მაგალითად,  $O$  წერტილისათვის

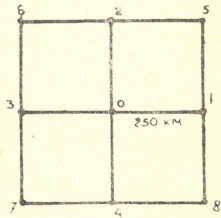
$$\left(\frac{\partial H}{\partial x}\right)_o = \frac{H_1 - H_3}{L}; \quad \left(\frac{\partial H}{\partial y}\right)_o = \frac{H_2 - H_4}{L};$$

$$\Delta H = \frac{1}{L^2} (H_1 + H_2 + H_3 + H_4 - 4H_0),$$

სადაც  $L = 2d = 500$  კმ არის ნაბიჯი კოორდინატების მიხედვით. მოვითავსოთ სამუშაო ბადე ისე, რომ კოორდინატების სათავე დაემთხვას იმ წერტილს, სადაც პროგნოზი გვიანტერესებს (მაგ., თბილისი), მაშინ მიიღება შემდეგი სისტემა განტოლებებისა<sup>1</sup>:

$$\begin{aligned} & -4H_0 + H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + \\ & + (a + c)(H_1 - H_3) + \\ & + b(H_2 - H_4) = F. \end{aligned} \quad (4)$$

ანალოგიურად დანარჩენი 8 წერტილისათვის, სადაც  $a$  და  $b$  პარამეტრების მნიშვნელობა განისაზღვრება ჰიბსომეტრული რუკების გამოყენებით, (4)-ტიპის განტოლებათა სისტემა მთის სხვადასხვა წერტილისათვის დაპროგრამირდა და ამოიხსნა ელექტრულ გამომთვლელ მანქანაზე გაუსის მეთოდით. შებრუნებული მატრიცის გამოყენებით ნაპოვნი იქნა დამოკიდებულება  $H$  და  $F$  შორის, ე. ი.



ნახ. 1

$$H = A^{-1}F.$$

წნევის პროგნოზის გასახორციელებლად გამოყენებულ იქნა (2) განტოლების ანალიზური ამოხსნის ფორმულები [8], რომლებსაც გამომთვლელ მანქანებზე საპროგრამიროდ აქვს შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned} H = 0, 16 \sum_{i=0}^8 \{G_i [\alpha_i(H, \Delta H) + cH_x + \bar{a}_i H_x + \bar{b}_i H_y] + \\ + \bar{G}_i [\Delta H + \bar{a}_i H_x + \bar{b}_i H_y]\} \end{aligned} \quad (5)$$

<sup>1</sup> აქ დაშვებულია საპროგნოზო არეს გარეთ  $H = 0$ , რაც ფიქტიურია და იწვევს პროგნოზის სიზუსტის შემცირებას.

მთის გავლენის გარეშე:

$$H = 0,16 \sum_{i=0}^8 \{G_i^{(1)} [\alpha_i^{(1)} (H_1 \Delta H) + G_i^{(0)} \Delta H]\}, \quad (6)$$

სადაც  $G_i$  არის გავლენის ფუნქციები, წინასწარ გამოთვლილი რიცხვითი მნიშვნელობებით;  $\alpha = \frac{g}{l\eta}$ ;

$$\begin{aligned} \bar{a}_i &= \ln \eta_i - \ln \eta_k \quad x \text{ ღერძის გასწვრივ} \\ \bar{b}_i &= \ln \eta_i - \ln \eta_k \quad y \text{ ღერძის გასწვრივ} \\ c &= 2 d \delta t \beta. \end{aligned}$$

პროგნოზური სქემის მეორე ვარიანტისათვის (2) განტოლების მარჯვენა მხარე გარდაქმნილ იქნა  $H$  პროგნოზის გამოთვლის გამარტივების მიზნით, როგორც ეს [3] და [4] შრომებშია. განტოლებაში წწვევის ნაცვლად მთის ზედაპირზე შევიტანოთ ამ ზედაპირის სიმაღლე  $z$  ცნობილი დამოკიდებულებით.

$$\frac{\partial P_x}{\partial z} = -g \rho_t \frac{\partial z}{\partial s}, \quad (7)$$

სადაც  $s$  არის ნებისმიერი კორდინატა  $x$ ,  $y$ ,  $t$ -დან. თუ დავუშვებთ, რომ (2) განტოლების მარჯვენა მხარეში  $P_x = P$  იმ წერტილებისათვის, რომლებიც მდებარეობენ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე ახლო მთასთან, მაშინ

$$\begin{aligned} F &= -\frac{l}{\eta} (\eta, H) - \frac{g}{l\eta} (H, \Delta H) + \frac{g}{l\eta^2} (H, \eta) \Delta H + \\ &+ \frac{g}{l\eta^2} \times \left[ \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) + \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) - \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) \right] + \\ &+ \frac{2g}{l\eta^2} \left\{ \left[ \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial H}{\partial y} \cdot \left[ \left( \frac{\partial \eta}{\partial y} \right)^2 - \left( \frac{\partial \eta}{\partial x} \right)^2 \right] + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial y} \left[ \left( \frac{\partial H}{\partial x} \right)^2 - \left( \frac{\partial H}{\partial y} \right)^2 \right] \right\}. \end{aligned}$$

(5)-ს გამოყენებით გვექნება

$$\begin{aligned} F &= -\frac{g}{l} (H, \Delta H) + \frac{g^l \rho_x}{P} (z, H) + \frac{g^2 \rho^2}{Pl} \left[ (z, H) \Delta H + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial z}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial z}{\partial y} \right) - \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial x} \right) - \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right) \Bigg] + \\
 & + \frac{2g^3 \rho_i^2}{l P^2} \left[ \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial H}{\partial y} \left( \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial H}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial \zeta}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \right. \\
 & \left. - \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial H}{\partial y} \left( \frac{\partial \zeta}{\partial x} \right)^2 - \left( \frac{\partial H}{\partial y} \right)^2 \frac{\partial t}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right]. \quad (8)
 \end{aligned}$$

შევაფასოთ (6) შემავალი წევრების რიგი. ამისათვის მივიღოთ დროის მიხედვით ნაბიჯი  $\delta t = 3$  საათი.  $d = 250$  კმ [3]. მაშინ ერთეულთა მეტეოროლოგიურ სისტემაში

$$O \left\{ \frac{g}{l} (H, \Delta H) \right\} = 3,5 \cdot 10^{-2}.$$

ანალოგიურად,

$$O \left\{ \frac{g l \rho^2}{P} (\zeta, H) \right\} = 0,13 \cdot 10^{-3}$$

$$O \left\{ \frac{g^2 \rho^2}{l P} [ ] \right\} = 3,5 \cdot 10^{-6}.$$

$$O \left\{ \frac{2 g^3 \rho^2}{l P^2} [ ] \right\} = 0,7 \cdot 10^{-8}.$$

ნათელია, რომ (6)-ს ფიგურულ ფრჩხილებში შემავალი წევრები მათი სიმცირის გამო შეიძლება უგულებელვყოთ. ყოველივე ამის შემდეგ, ძირითადი პროგნოზური განტოლების მარჯვენა მხარეს ექნება შემდეგი სახე:

$$F = - 3,5 \cdot 10^{-2} (H, \Delta H) + 0,13 \cdot 10^{-3} (\zeta, H).$$

მთის ზედაპირზე აღებული წერტილებისათვის კოეფიციენტები უნდა გამრავლდეს  $\frac{1}{\eta}$ -ზე. პროგნოზი მოიცემა ფორმულით

$$H = \sum_{i=0}^8 G_i F_i. \quad (9)$$

გეობოტენციალური ველის პროგნოზი განხორციელდა კავკასიის ტერიტორიისათვის ორივე სქემით. გამოთვლილმა მაგალითებმა საერთოდ დამაკმაყოფილებელი შედეგი მოგვცა. საშუალო აბსოლუტური ცდომილება 3 დეკიმეტრს არ აღემატება. კორელაციის კოეფიციენტი 0,80 ფარგლებშია. აღნიშნული სქემებიდან პირველი განსახორციელებლად შედარებით რთულია, მეტ მანქანურ დროს მოითხოვს, მაგრამ უფრო ზუსტ შედეგს იძლევა.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვლია 17.12.1965)

3. В. ХВЕДЕЛИДZE

 ВАРИАНТ РАБОЧЕЙ СХЕМЫ ПРОГНОЗА ПОЛЯ ГЕОПОТЕНЦИАЛА  
 ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ КАВКАЗА ПО БАРОТРОПНОЙ МОДЕЛИ

## რეზუმე

В работе рассматривается вариант расчетной схемы для прогноза геопотенциала на среднем уровне атмосферы. В решении учитывается одновременно влияние гор и переменности силы Кориолиса.

Прогноз  $H$  дается по формуле

$$H = \sum_{i=0}^8 G_i F_i.$$

Для нахождения  $G_i$  была решена система алгебраических уравнений методом Гаусса на электронно-вычислительной машине при механико-математическом факультете ТГУ.

Прогноз осуществляется и по схеме приведенной в работе [8].

Примеры, подсчитанные на машине, дают удовлетворительный результат.

Средняя абсолютная ошибка около 3 дкм.

Коэффициент корреляции около 0,80.

## დავითიანი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Кибель. К вопросу о переваливании циклона через горный хребет. Труды НИУ ГУГТС, сер. 1, вып. 30, 1946.
2. А. А. Дородницкин. Некоторые задачи обтекания неровностей поверхности земли воздушным потоком. м., 1940.
3. В. В. Быков. К вопросу о влиянии гор на изменение давления в средней тропосфере. Метеорология и гидрология, № 4, 1955.
4. И. А. Кибель. Введение в гидродинамический метод краткосрочного прогноза погоды. ГИГТЛ, М. 1957.
5. Е. М. Добрышман. О решении уравнения для изменения геопотенциала, Труды ЦиПа, вып. 78, 1958.
6. А. С. Дубов. Влияние рельефа на перемещение барических центров. Метеорология и гидрология, 1960.
7. З. В. Хведелидзе. О точном решении прогностического уравнения краткосрочного прогноза погоды. Сообщения АН ГССР, XL:1, 1965.
8. З. В. Хведелидзе. Прогноз поля геопотенциала на среднем уровне при учете влияния переменности силы Кориолиса и наличия гор. Труды ИИПа, вып. 126, 1963.



ХИМИЯ

Г. Ш. ПАПАВА, Л. Д. АГЛАДЗЕ, П. Д. ЦИСКАРИШВИЛИ, В. В. КОРШАК  
 (член-корреспондент АН СССР), С. В. ВИНОГРАДОВА

**О СМЕШАННЫХ БЛОК-ПОЛИАРИЛАТАХ НА ОСНОВЕ ПЕНТОНА**

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 20.11.1965)

Ранее нами [1] были синтезированы и исследованы смешанные блок-полиарилаты на основе пентона —  $\text{H} | \text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_2\text{Cl})_2 \text{CH}_2 | \text{xOH}$ , включающие в свой состав только один какой-либо бисфенол и дикарбоновую кислоту. В настоящем исследовании мы поставили своей целью синтезировать различные смешанные блок-полиарилаты, содержащие в своем составе разные весовые количества блочного компонента наряду с несколькими фенолами или дикарбоновыми кислотами различной структуры, а также смешанные блок-полимеры с незначительным содержанием пентона.

Как видно из полученных результатов (см. табл. 1), введение в полиарилаты до 10 вес. % пентона не вызывает значительного снижения температуры размягчения полимеров по сравнению с соответствующим гомополиарилатом и они остаются все еще довольно высокоплавкими. На температуру размягчения полимеров оказывает влияние структура как бисфенола, так и примененной дикарбоновой кислоты. Так, например, при одинаковом процентном содержании пентона полимеры на основе фенолфталеина плавятся выше соответствующих полимеров на основе диана, а замена терефталевой кислоты на изофталевою вызывает снижение температуры плавления полимеров.

Рентгеноструктурное исследование полимеров табл. 1 показало, что включение в полимерную цепь аморфного полиарилата фенолфталеина и терефталевой кислоты (полиарилат Ф-2) пентона в количестве 2,5% вызывает увеличение степени кристалличности полимера, которое может быть объяснено облегчением подвижности жестких полиарилатных участков молекулы за счет более гибких звеньев блочного компонента, что дает им возможность укладываться в пакки. Дальнейшее же увеличение содержания в полимере блочного компонента от 2,5 до 10 вес. % вызывает уменьшение степени кристалличности полимеров, по-видимому, уже из-за нарушения регулярности строения полимерных цепей.

В табл. 2 приведены данные о смешанных блок-полиарилатах на основе пентона, хлорангидридов терефталевой или изофталеовой кислоты, фенолфталеина и диана. Из них видно, что свойства полимеров, которые содержат в своем составе одновременно два бисфенола, изменяются в зависимости от соотношения исходных оксфенолов,





а также от содержания пентона. Повышение содержания блочного компонента вызывает уменьшение температуры размягчения блок-сополимера. Так, например, при одинаковом соотношении исходных бисфенолов (см. полимеры 1—3) температура размягчения полимеров уменьшается с 285 до 223°C, при увеличении содержания в полимере пентона—от 10 до 30 вес. %.

Таблица 1  
Смешанные блок-полиарилаты пентона (ПН), фенолфталеина (Ф), диана (Д), хлорангидридов терефталевой (Т) и изофталеовой (И) кислот

№ п/п	Исходные вещества и их соотношение, моли	Вес. % блока	Выход полимера, %	γ пр. раствора полимера в тетраэтане, дд/г	Т. размягч. (°С), определенная в капилляре	Растворимость <sup>(в)</sup>	
						в хлороформе	в тетраэтане
ПН : Ф : Т							
1	0.0025 : 0.9975 : 1	2,5	86	0,65	334	2	2
2	0.005 : 0.995 : 1	4,9	82	0,94	332	2	2
3	0.011 : 0.989 : 1	10,0	82	0,89	328	2	2
ПН : Ф : И							
4	0.0025 : 0.9975 : 1	2,5	84	0,81	310	2	2
5	0.005 : 0.995 : 1	4,9	86	0,35	295	2	2
6	0.011 : 0.989 : 1	10,0	81	0,73	288	2	2
ПН : Д : И							
7	0.002 : 0.998 : 1	2,5	88	0,46	298	1	2
8	0.004 : 0.996 : 1	4,9	95	0,43	291	1	2
9	0.008 : 0.992 : 1	10,0	80	0,41	285	1	2

(<sup>1</sup>) Молекулярный вес пентона 4600.

(<sup>2</sup>) За температуру размягчения в этой и последующих таблицах принята температура, при которой полимер в капилляре полностью переходит в расплав.

(<sup>3</sup>) В этой и последующих таблицах 1 означает, что полимер в данном растворителе растворим частично, 2 — что полимер растворим полностью.

Аналогичная картина наблюдается и для других полимеров. Если сравнить полимеры, содержащие одновременно два бисфенола (фенолфталеин и диан) в разных соотношениях, можно увидеть, что наиболее высокоплавкими являются смешанные полимеры (см. полимеры 1—3), содержащие в своем составе большое количество фенолфталеина по сравнению с дианом.

В табл. 2 также хорошо видно влияние, оказываемое структурой дикарбоновой кислоты. Замена терефталевой кислоты на изофталевою приводит к уменьшению температуры размягчения полимера (ср. полимеры 1—6 с полимерами 7—12).

В табл. 3 приведены данные о смешанных блок-полиарилатах, полученных из пентона (ПН), диана (Д) и фенолфталеина (Ф) с хлорангидридами терефталевой (Т) и изофталеовой (И) кислот. Из этих данных видно, что, как и в предыдущих случаях, увеличение содержания в полимере блока вызывает уменьшение температуры размягчения со-

полимеров. Так, например, в системе ПН : Д : Т : И при отношении терефталевой кислоты к изофталевой 0,5 : 0,5 увеличение количества блока от 10 до 30 вес. % вызывает уменьшение температуры размягчения с 225 до 190°C. Изменение же отношения в смешанном полиарилате терефталевой кислоты к изофталевой кислоте с 0,5 : 0,5 на 0,2 : 0,8 при одинаковом процентном содержании блочного компонента вызывает уменьшение температуры размягчения сополимеров из-за увеличения в сополимерах доли изофталевой кислоты. Аналогичная зависимость наблюдается и для системы ПН : Ф : Т : И.

Таблица 2

Смешанные блок-полиарилаты пентона (ПН), фенолфталеина (Ф) и диана (Д) с терефталевой (Т) и изофталевой (И) кислотами

№ п/п	Исходные вещества и их соотношение, моли	Вес. % блока	Выход полимера, %	η пр. раствора полимера в тетрагидроэтане, дл/г	Т. размягч., °С, определяемая в капилляре	Растворимость	
						в хлороформе	в тетрагидроэтаноле
ПН : Ф : Д : Т							
1	0,01 : 0,8 : 0,2 : 1,01	9,8	95	0,92	312	1	2
2	0,024 : 0,8 : 0,2 : 1,024	20,4	92	0,36	283	1	2
3	0,04 : 0,8 : 0,2 : 1,04	30,1	90	0,30	255	1	2
4	0,01 : 0,5 : 0,5 : 1,01	10,3	84	0,95	295	2	2
5	0,024 : 0,5 : 0,5 : 1,024	22,0	81	0,83	248	2	2
6	0,04 : 0,5 : 0,5 : 1,04	29,9	88	0,36	226	2	2
ПН : Ф : Д : И							
7	0,01 : 0,8 : 0,2 : 1,01	9,8	81	0,70	280	1	2
8	0,024 : 0,8 : 0,2 : 1,024	20,4	84	0,54	253	1	2
9	0,04 : 0,8 : 0,2 : 1,04	30,1	80	0,36	223	1	2
10	0,01 : 0,5 : 0,5 : 1,01	10,3	79	0,97	243	2	2
11	0,024 : 0,5 : 0,5 : 1,024	22,0	84	0,67	223	2	2
12	0,04 : 0,5 : 0,5 : 1,04	30,1	81	0,53	215	2	2
13	0,01 : 0,2 : 0,8 : 1,01	10,9	79	0,61	230	1	2
14	0,02 : 0,2 : 0,8 : 1,02	19,7	91	0,58	213	1	2

Из данных таблицы также видно, что на свойства полимеров заметное влияние оказывает и строение бисфенола. Так, например, полимеры одинакового состава, содержащие вместо диана (Д) фенолфталеин (Ф), обладают более высокой температурой размягчения (ср. полимеры 1—5 с полимерами 6—10).

Таким образом, введение в полимерную цепь компонентов различной структуры вызывает уменьшение температуры размягчения полученных полимеров, что может быть объяснено нарушением плотности упаковки полимерных цепей. Как в том случае, когда полимеры содержат в своем составе различные бисфенолы, так и в том случае, когда полимеры содержат в цепи остатки различных дикарбоновых кислот, независимо от соотношения этих компонентов данные полимеры размягчаются при более низкой температуре, чем полимеры, содержащие в своем составе одну из этих кислот (так, сополимер на основе диана и терефталевой кислоты, содержащий 30 вес. % пентона, размягчается при 328°C; соответствующий сополимер изофталевой кислоты размягча-

ется при 292°C; полимер же, содержащий как изофталевою, так и терефталевою кислоту одновременно, размягчается намного ниже — при 190° (см. полимеры 10—12 в табл. 4). Аналогичная картина имеет место и у смешанных блок-полиарилатов на основе двух различных бисфенолов.

Таблица 3  
Смешанные блок-полиарилаты пентона (ПН), фенолфталеина (Ф) и диана (Д) с терефталевою (Т) и изофталевою (И) кислотами

№ п/п	Исходные вещества и их соотношение, моли	Вес. % блока	Выход полимера, %	γ пр. раствора полимера в тетрагидрохлорэтаноле, дл/г	Т, размягч., °С, определенная в капилляре	Растворимость	
						в хлороформе	в тетрагидрохлорэтаноле
ПН: Д: Т: И							
1	0,009:0,991:0,5:0,5	10,4	87	0,65	235	2	2
2	0,02:0,98:0,5:0,5	20,7	83	0,63	227	2	2
3	0,033:0,967:0,5:0,5	30,3	82	0,38	190	2	2
4	0,009:0,991:0,2:0,8	10,7	78	0,96	237	1	2
5	0,02:0,98:0,2:0,8	20,4	79	0,69	217	1	2
ПН: Ф: Т: И							
6	0,011:0,989:0,2:0,8	10,2	80	1,00	283	2	2
7	0,025:0,975:0,2:0,8	20,7	90	0,36	230	2	2
8	0,011:0,989:0,5:0,5	10,2	88	1,20	295	2	2
9	0,024:0,976:0,5:0,5	20,7	85	1,16	272	2	2
10	0,04:0,96:0,5:0,5	29,8	83	0,73	247	2	2
11	0,011:0,989:0,8:0,2	10,2	81	0,38	326	1	2
12	0,025:0,975:0,8:0,2	20,7	76	0,58	301	1	2

Из полученных в данной работе смешанных блок-полиарилатов на основе пентона поливом из раствора в хлороформе были получены прочные пленки. Прочность на разрыв неориентированных пленок смешанных блок-полиарилатов на основе фенолфталеина и терефталевою

Таблица 4  
Изменение свойств смешанных блок-полиарилатов в зависимости от состава

№ п/п	Исходные вещества	Вес. % блока	Т, размягч., °С, определенная в капилляре	Соотношение бисфенолов (Ф: Д)	Соотношение дикарбоновых кислот (Т: И)
1	ПН: Ф: Т	10	328	—	—
2	ПН: Д: Т	10	318	—	—
3	ПН: Ф: Д: Т	9,8	312	0,8:0,2	—
4	"	10,3	295	0,5:0,5	—
5	ПН: Ф: И	10	288	—	—
6	ПН: Д: И	10	285	—	—
7	ПН: Ф: Д: И	9,8	280	0,8:0,2	—
8	"	10,3	243	0,5:0,5	—
9	"	10,9	230	0,2:0,8	—
10	ПН: Д: Т	30,3	328	—	—
11	ПН: Д: И	30,3	292	—	—
12	ПН: Д: Т: И	30,3	190	—	0,5:0,5

(или изофталевой) кислоты, содержащих в своем составе 3—10 вес. % пентона, составляла 600—1000 кг/см<sup>2</sup>. Так, например, пленка смешанного блок-полиарилата терефталевой кислоты и фенолфталеина, содержащая в своем составе 5 вес. % пентона ( $\eta$  пр. данного полиарилата в тетрахлорэтане 0,62 дл/г), имела прочность на разрыв 1000 кг/см<sup>2</sup>; относительное удлинение при разрыве 31%, а модуль упругости 19000 кг/см<sup>2</sup>; пленка соответствующего смешанного блок-полиарилата на основе изофталевой кислоты ( $\eta$  пр. данного полимера в тетрахлорэтане 0,36 дл/г) имела прочность на разрыв 600 кг/см<sup>2</sup>, относительное удлинение при разрыве 19% и модуль упругости 12000 кг/см<sup>2</sup>. Прочность же на разрыв неориентированной пленки гомополиарилата терефталевой кислоты с фенолфталеином ( $\eta$  пр. данного полиарилата в тетрахлорэтане 1,0 дл/г) составляет 1000 кг/см<sup>2</sup>, относительное удлинение при разрыве 29%, модуль упругости 21000 кг/см<sup>2</sup>.

Эти данные показывают, что введение в гомополиарилаты пентона способствует увеличению эластичности полимера.

### Экспериментальная часть

Смешанные блок-полиарилаты были получены равновесной поликонденсацией при одновременном введении в реакцию всех исходных компонентов. Поликонденсацию осуществляли в токе сухого, очищенного от кислорода азота в высококипящем растворителе — соволе, при концентрации (из расчета для одного из компонентов) 0,8 мол/л.

Температурный режим поликонденсации был следующий: нагревание реакционной смеси от 100 до 180°—2 часа, при 180°—3 часа, при 200°—10 часов.

По окончании реакции реакционную смесь охлаждали до комнатной температуры в токе азота, добавляли в три раза превышающий общий объем реакционной массы хлороформ или тетрахлорэтан и оставляли на ночь. На следующий день раствор выливали в серный эфир. Полимер при этом выделялся в виде чешуек или же в виде порошка (в зависимости от вязкости полимера). Полимер отфильтровывали, промывали последовательно серным эфиром, метанолом, водой, метанолом, серным эфиром и сушили при 80—100° до постоянного веса.

### Выводы

1. Синтезированы и исследованы смешанные блок-полиарилаты следующих систем: пентон-фенолфталеин-диан-терефталевая кислота, пентон-фенолфталеин-диан-изофталевая кислота, пентон-диан-терефталевая кислота-изофталевая кислота, пентон-фенолфталеин-терефталевая кислота-изофталевая кислота.

2. Обсужден вопрос о влиянии строения исходных компонентов на физические свойства смешанных блок-полиарилатов.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физической и  
органической химии  
им. П. Г. Меликишвили

Академия наук СССР  
Институт элементоорганических  
соединений

გ. პაპავა, ლ. აგლაძე, ზ. ცისკარიშვილი, ვ. კორშაკი (სსრ კავშირის მეც.  
აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ს. ვინოგრადოვა

### პენტონის ბაზაზე მიღებული ნარევი ბლოკ-პოლიარიალატების შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

მაღალი დუღილის ტემპერატურის გამხსნელში წონასწორული პოლიკონ-  
დენსაციით სინთეზირებული და შესწავლილია სხვადასხვა ბისფენოლების, არო-  
მატული დიკარბონმჟავებისა და პენტონის ბაზაზე მიღებული ნარევი ბლოკ-  
პოლიარიალატების თვისებები.

ნაჩვენებია, რომ პოლიარიალატის ჯაჭვში ბლოკის შეყვანა იწვევს პოლი-  
არიალატის თვისებების შეცვლას. დადგენილია, რომ 10%-მდე ბლოკ-კომპონენტის  
შეყვანა არ იწვევს პოლიმერის გარბილების ტემპერატურის შესამჩნევ შემცო-  
რებას.

დადგენილია, რომ ნარევი ბლოკ-პოლიარიალატები, რომლებიც შეიცავენ  
ორ ან უფრო მეტ ბისფენოლს ან დიკარბონმჟავას, ლღებთან იმ პოლიმერებ-  
ზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, რომლებიც მიღებულა ერთი რომე-  
ლიმე ბისფენოლის ან დიკარბონმჟავას ბაზაზე.

შესწავლილია, რა გავლენას ახდენს საწყისი კომპონენტების აგებულება  
ნარევი ბლოკ-პოლიარიალატების ფიზიკურ თვისებებზე.

#### დასოფივებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Коршак (член-корреспондент АН СССР), С. В. Виноградова, Г. Ш. Папава, П. Д. Цискаришвили. Исследование в области смешанных блок-полиарилатов. ДАН СССР, 156, 1964, 368.

ХИМИЯ

Е. М. БЕНАШВИЛИ

## РАЗДЕЛЕНИЕ ПАРАФИНО-ЦИКЛОПАРАФИНОВОЙ ЧАСТИ БЕНЗИНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТИОМОЧЕВИНЫ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИТ

(Представлено членом-корреспондентом Х. И. Арешидзе 16.12.1965)

Нафтеновые углеводороды являются ценным исходным сырьем для производства целого ряда продуктов органического синтеза и в том числе полиамидных смол. В настоящее время важное промышленное значение имеет циклогексан как сырье для производства капролактама в адипиновой кислоты.

Концентраты циклогексана и его ближайших гомологов имеют важное значение как промежуточные продукты в производстве ароматических углеводородов путем каталитического риформинга.

Основным источником получения нафтенных углеводородов являются богатые ими нефтяные дистилляты, но трудности выделения нафтенных из сложных углеводородных смесей осложняют разработку нефтехимических процессов на основе нафтенного сырья.

Нами была использована реакция комплексообразования углеводородов циклического и алифатического ряда с тиомочевинной [1, 2] для исследования нафтенных и изопарафиновых углеводородов нефтяных фракций и разработан метод выделения циклогексана и других моноциклических нафтенных из нефти [3—5]. В работе [5] из прямогонных бензинов и узких дистиллятных фракций выделены концентраты нафтенных, содержащие циклогексан и его гомологов, а также углеводороды ряда циклопентана в количестве 61, 3—93,0%.

Такие высокопроцентные концентраты нафтенных могут служить ценным сырьем для выделения индивидуальных нафтенных углеводородов — метилциклопентана, циклогексана и его ближайших гомологов методом точной ректификации.

Нафтенные концентраты могут быть использованы также в качестве высокооктановых компонентов авто- и в особенности авиабензинов, так как они наряду с высокими октановыми числами имеют высокую сортность, высокие значения теплот сгорания и плотностей, а с повышением весовой теплоты сгорания уменьшается расход топлива при том же радиусе действия машины.

Выделенные нами из бензиновых фракций нафтенные концентраты имеют высокие октановые числа (76,0 — 83,3 в чистом виде и 93,0—98,0 с добавлением этиловой жидкости). Кроме того, они характеризуются высоким содержанием легких фракций, выкипающих до 100° (58—77,5%) и температурой выкипания 10% фракций, равной 70,0 — 76,5°C [5].

При повторной обработке тиомочевинной фильтратов — остатков бензина в тех же условиях выход нафтеновых углеводородов значительно снижается в результате разбавления оставшихся нафтенов другими углеводородами; в процесс комплексообразования вовлекаются значительные количества изоалканов и ароматических углеводородов, хотя последние непосредственно и не образуют аддуктов с тиомочевинной.

Для повышения концентрации нафтеновых углеводородов в фильтратах и тем самым увеличения степени их извлечения мы сочли целесообразным провести депарафинизацию фильтратов при помощи молекулярного сита СаА и одновременно выделить смесь *n*-алканов, которые сами являются ценным сырьем для ряда процессов нефтехимической промышленности.

Как известно, синтетические цеолиты СаА селективно адсорбируют *n*-алканы до С<sub>14</sub> включительно из их смесей с изопарафиновыми, нафтеновыми и ароматическими углеводородами [6, 7]. Эти свойства синтетических цеолитов стали широко применяться для депарафинирования бензиновых фракций с целью повышения их антидетонационных свойств [8 — 10].

### Экспериментальная часть

Для разделения парафино-циклопарафиновой части бензина мы применили ряд процессов в такой последовательности, которая дает возможность максимально извлечь нафтеновые углеводороды из сложных углеводородных смесей, выделить высокопроцентный концентрат изоалканов и наряду с этим получить смеси нормальных алканов и ароматических углеводородов.

Для этой цели мы использовали реакцию комплексообразования нафтеновых углеводородов с тиомочевинной, селективную адсорбцию нормальных алканов молекулярным ситом СаА и хроматографическую адсорбцию ароматических углеводородов на силикагеле марки КСМ.

Для выделения нафтеновых углеводородов применялся способ, разработанный нами ранее для выделения циклогексана из фракций нефти [4].

В настоящей работе этот способ использовали для выделения смесей моноциклических нафтенов, выкипающих как в пределах 75—85°С, так и в более широком интервале температур (н. к. — 154°; н. к. — 174°) туркменской (Батумский НПЗ), сахненской и мирзаанской нефтей и получили концентраты нафтенов, содержащие всю гамму моноциклических нафтенов, которые содержатся в исходных нефтяных фракциях.

Принципиальная технологическая схема разделения бензиновых фракций представлена на рис. 1.

Способ осуществляется следующим образом. Обработку вышеуказанных бензиновых фракций производят при комнатной температуре кристаллической тиомочевинной в весовом соотношении 1:0,8 (тиомочевина), в качестве активатора применяют метиловый спирт в количестве 15—20% от веса тиомочевини; перемешивание смеси производят в течение 30 минут мешалкой, соединенной с электромотором. Непрореагировавший бензин фильтрацией отделяют от осадка, последний промывают петролевым эфиром с концом кипения ~ 60°С и затем

разлагают двойным количеством воды при нагревании. По мере разложения комплекса выделяющиеся углеводороды перегоняют с водяным паром. В приемнике получают два слоя жидкости — углеводородный и водный; к концу процесса в приемник поступает только вода и процесс полностью заканчивается до 100°.

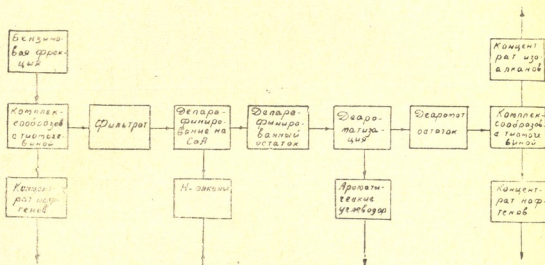


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема разделения бензиновых фракций

Таким путем выделяют концентраты нафтеновых углеводородов, физические свойства и групповые составы которых представлены в табл. 1—4.

Таблица 1

Фракция 75—85°С сацхенисской нефти

Физические свойства и групповой состав фракций, вес. %	Фракция 75—85°С сацхенисской нефти								
	Исходная	После обработки тиомочевой (фильtrat)	Фильtrat после депарафинирования на СаА	После депарафинирования и дегароматизации	После дегароматизации и повторной обработки тиомочевой (концентрат изопарфинов)	Концентрат нафтенов (первичный)	Концентрат нафтенов (вторичный)	Смесь нормальных алканов	Смесь ароматических углеводородов
Удельный вес	0,7264	0,7130	0,7381	0,7083	0,6935	0,7556	0,7502	0,6652	0,8699
Максимальная анилиновая точка, °С	40,1	45,7	38,5	57,5	64,1	31,7	40,3	67,6	—
Ароматические углеводороды	14,4	16,0	21,7	—	—	10,8	—	0,6	~100,0
Нафтеновые углеводороды	37,3	25,6	29,0	37,0	19,0	70,9	80,1	2,7	—
Парафиновые углеводороды	48,3	58,4	49,3	63,0	81,0	18,3	19,9	96,7	—
Выход на фракцию, вес. %	100	71,8	54,7	42,5	27,0	25,3	14,0	14,1	10,5



Таблица 2

## Фракция 75—85°С туркменской нефти

Физические свойства и групповой состав фракции, вес. %	Исходная	После обработки тиомочевойной (фильтраг)	Фильтраг после депарафинирования на СаА	После депарафинирования и дсараоматизации	После дсараоматизации и повторной обработки тиомочевойной (концентрат изоалканов)	Концентрат нафтен (первичный)	Концентрат нафтен (вторичный)	Смесь нормальных алканов	Смесь ароматических углеводородов
Удельный вес	0,7033	0,6934	0,7141	0,7130	0,7004	0,7410	0,7407	0,6615	0,8672
Максимальная анлиновая точка, °С	53,4	57,4	52,4	56,1	61,5	40,5	40,4	67,4	—
Ароматические углеводороды	3,4	3,6	4,4	—	—	2,6	—	1,0	~100
Нафтенковые углеводороды	39,8	30,2	38,8	40,6	26,2	73,0	80,8	3,0	—
Парафиновые углеводороды	56,8	66,2	56,8	59,4	73,8	24,4	19,2	96,0	—
В ы х о д на фракцию, вес. %	100	75,6	54,8	51,0	32,9	22,2	15,7	18,0	2,4

Таблица 3

## Фракция 60—150° сацхенисской нефти

Физические свойства и групповой состав фракции, вес. %	Исходная	После обработки тиомочевойной (фильтраг)	Фильтраг после депарафинирования на СаА	После депарафинирования и дсараоматизации	После дсараоматизации и повторной обработки тиомочевойной (концентрат изоалканов)	Концентрат нафтен (первичный)	Концентрат нафтен (вторичный)	Смесь нормальных алканов	Смесь ароматических углеводородов
Удельный вес	0,7334	0,7283	0,7762	0,7325	0,7248	0,7404	0,7467	0,6941	0,8673
Максимальная анлиновая точка, °С	39,1	40,1	29,5	60,0	62,1	39,5	48,9	70,1	—
Ароматические углеводороды	24,7	28,5	35,9	—	—	11,6	—	3,2	100,0
Нафтенковые углеводороды	35,2	25,2	28,5	42,9	36,9	67,9	75,3	2,9	—
Парафиновые углеводороды	40,1	46,3	35,6	57,1	63,1	20,5	24,7	93,9	—
В ы х о д на фракцию, вес. %	—	73,0	56,8	36,6	25,4	24,5	9,7	12,4	19,9
Октановое число в чистом виде моторным методом	60,5	57,0	73,5	—	—	75,0	—	—	—
Октановое число с ТЭС (0,6 мл) моторным методом	77,0	73,0	89,0	—	—	88,3	—	—	—

Таблица 4

Физические свойства и групповой состав фракции, вес. %	Фракция 48—154° туркменской нефти (Батумский НПЗ)					Фракция 52—174° мирзаанской нефти				
	исходная	после обработки тиомочевой (фильтрат)	фильтрат после парафинирования на СаА	концентрат нафтенов (первичный)	смесь нормальных алканов	исходная	после обработки тиомочевой (фильтрат)	фильтрат после депарафинирования на СаА	концентрат нафтенов (первичный)	смесь нормальных алканов
Удельный вес	0,7311	0,7307	0,7539	0,7430	0,6852	0,7388	0,7409	0,7469	0,7523	0,6863
Максимальная анилиновая точка, °С	51,0	53,3	49,6	45,6	69,7	52,6	53,3	50,0	46,8	69,3
Ароматические углеводороды	6,7	8,1	11,2	2,4	0,8	7,6	8,9	9,4	3,1	1,2
Нафтендовые углеводороды	49,1	40,0	44,1	77,9	1,9	43,7	57,3	45,3	65,9	2,7
Парафиновые углеводороды	44,1	51,9	44,7	19,7	97,3	48,7	53,8	45,3	31,0	96,1
Выход на фракцию, вес. %	—	75,8	61,6	22,0	12,1	—	74,2	58,8	22,4	13,4
Октановое число в чистом виде моторным методом	59,0	54,0	70,3	77,0	—	58,6	54,0	70,5	75,5	—
Октановое число с ТЭС (0,6 мл) моторным методом	73,0	69,0	82,2	92,0	—	76,6	72,0	—	94,6	—

Фильтраты — остатки бензина после обработки тиомочевой подвергают депарафинированию с применением молекулярного сита СаА. Синтетический цеолит СаА (паспорт Ц 202 — 338) был получен из Горьковской опытной базы ВНИИ НП.

Депарафинирование производят в трубчатой электропечи, в кварцевой трубке диаметром 30 мм и длиной 1500 мм (загрузка цеолита 426 г или 600 мл). Весовое отношение бензина к цеолиту составляет 1:5. Температуру адсорбции поддерживают в пределах 150—200°С в зависимости от температуры кипения исходной фракции. Бензин пропускают со скоростью 0,2—0,3 час<sup>-1</sup>. Продукты разделения поступают в специально охлаждаемый приемник и улавливают в змеевике — ловушке, помещенной в сосуд Дьюара с жидким воздухом.

Десорбцию n-парафиновых углеводородов проводят с применением водяного пара. Перед десорбцией углеводороды, неадсорбированные цеолитом, эвакуируют с помощью вакуум-насоса при остаточном давлении 10 мм рт. ст. в течение 5 минут.

Десорбированные n-алканы отделяют от водяного слоя и сушат над хлористым кальцием. Физические свойства и состав полученных n-алканов представлены в табл. 1—4.

Далее депарафинированный фильтрат подвергают деароматизации путем хроматографической адсорбции на силикагеле марки КСМ с величиной зерен 100—200 меш; десорбцию ароматических углеводородов производят известными приемами — этиловым спиртом и водой, а при высоких содержаниях ароматических углеводородов применяют в качестве смещающей жидкости пентан — изопентановую фракцию.

Затем деароматизированный фильтрат обрабатывают повторно тиомочевинной теми же приемами, как при первичной обработке, с той лишь разницей, что тиомочевину берут в меньшем количестве (1:0,5). Таким путем получают вторичный концентрат нафтенов и вторичный фильтрат, представляющий собой концентрат изоалканов.

В результате выделения нормальных алканов получается депарафинированный остаток, представляющий собой смесь ароматических, нафтеновых и изопарафиновых углеводородов.

В бензинах саухенинского типа, богатых ароматическими углеводородами, в результате выделения нафтеновых концентратов и депарафинирования значительно повышается содержание ароматических углеводородов (до 21,7—35,9%). Они представляют собой концентраты ароматических углеводородов.

После депарафинирования фильтратов их октановые числа повышаются на 16,3—16,5 пункта (см. табл. 3, 4) и они могут быть использованы также в качестве высокооктановых компонентов бензина, не подвергаясь дальнейшему разделению, согласно приведенной схеме.

После деароматизации полученные рафинаты представляют собой смеси изоалканов с нафтеновыми углеводородами, в которых относительное содержание нафтенов возрастает до первоначальной величины и выше, что создает благоприятные условия для повторного комплексобразования с тиомочевинной.

В результате повторной обработки тиомочевинной выделяется вторичный концентрат нафтенов, идентичный по составу с первичным, а остаток представляет собой концентрат изоалканов.

Таким путем, как показано в опытах с фракцией 75—85° туркменской и саухенинской нефтей, можно выделить концентраты нафтенов с содержанием 80,1—80,8% нафтенов, концентрат изоалканов с содержанием 73,8—81% изоалканов и смеси нормальных алканов со степенью чистоты 96,0—96,7%.

При разделении широких фракций нефтей вышеуказанных месторождений можно выделить концентраты нафтенов с содержанием 76,8—79,8% нафтенов, сравнительно низкопроцентный концентрат изоалканов, содержащий 57,6 — 63,1% изоалканов, и смеси нормальных алканов со степенью чистоты 93,9—97,3%.

### Выводы

1. Предложен способ разделения бензиновых фракций с применением реакции комплексобразования с тиомочевинной, селективной адсорбции нормальных алканов молекулярным ситом СаА и хроматографической адсорбции ароматических углеводородов на силикагеле.

2. С целью максимального извлечения нафтеновых углеводородов и выделения высокопроцентного концентрата изоалканов исследуемая фракция бензина подвергалась обработке тиомочевинной как до, так и

после депарафинирования на молекулярном сите CaA и последующей деароматизации.

3. Различные по составу бензиновые фракции разделены на концентраты нафтенов, концентраты изоалканов и смеси n-алканов и ароматических углеводов.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической и органической химии

им. П. Г. Меликишвили

(Поступило в редакцию 16.12.1965)

ბიზი

ა. ბენაშვილი

ბენზინის კარაფინულ-ციკლოპარაფინული ნაწილის გაყოფა  
 თიოზარდოვანასა და მოლეკულური საცრების გამოყენებით

რეზიუმე

შრომში აღწერილია ნავთობის ფრაქციების გაყოფის პროცესი ჩვენ მიერ შემუშავებული სქემების მიხედვით, რომელშიც გამოყენებულია ნახშირწყალბადების თიოზარდოვანასთან კომპლექსწარმოქმნის რეაქცია და ნ. ალკანების აღსორბტია CaA ტიპის მოლეკულურ საცრებზე.

ამ გზით შესწავლილია ბენზინის ვიწრო და ფართო ფრაქციების გაყოფის შესაძლებლობა სხვადასხვა კლასის ნახშირწყალბადების კონცენტრატებად, რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობს: ნავთობის საკვლევი ფრაქცია მუშავდება თიოზარდოვანათი ჩვენ მიერ აღრე შემუშავებულ მეთოდით, რის შედეგად გამოიყოფა ნაფტენური ნახშირწყალბადების კონცენტრატი, იგი ხასიათდება მთელი რიგი დადებითი თვისებებით. ამ ფრაქციიდან მიღებული ფილტრატის დე (5) პარაფინირება წარმოებს CaA ტიპის მოლეკულური საცრების საშუალებით, რის შედეგად მიიღება ერთი მხრივ ნ. ალკანების ნარევი, ხოლო მეორე მხრივ დე (6) პარაფინირებული ფილტრატი, რომლის ოქტანის რიცხვი ამ პროცესის შედეგად იზრდება 16,3 — 16,5 პუნქტით.

ამ ფილტრატების განმეორებითი დამუშავების შედეგად თიოზარდოვანათი გამოიყოფა ნაფტენური ნახშირწყალბადების მეორადი კონცენტრატი, რაც პირველადის იდენტურია და რჩება ნახშირწყალბადთა გამარტივებული ნარევი, რომელიც იზოალკანების კონცენტრატს წარმოადგენს.

არომატული ნახშირწყალბადებით მდიდარი ფრაქციების გაყოფის დროს მიღებული დე (6) პარაფინირებული ფილტრატი არომატული ნახშირწყალბადების კონცენტრატს წარმოადგენს. მას სცილდება არომატული ნახშირწყალბადების ნარევი, ხოლო შემდეგ დეარომატიზირებული ფილტრატი განმეორებით მუშავდება თიოზარდოვანათი.

ასეთი გზით ნავთობის ფრაქციის გაყოფის შედეგად მიიღება ნაფტენური და იზოპარაფინული ნახშირწყალბადების კონცენტრატები, ნ. ალკანებისა და არომატული ნახშირწყალბადების ნარევები.

## დაბეჭდილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. B. Angla. Sur les complexes moleculaires fournis per lathiouree avec composes organiqus. Compt. rend., 224, 1947, 402.
2. W. Schlenk. Die Thioharnstoff-addition organischer Verbindungen. Lieb. Ann., 573, 1951, 142.
3. Е. М. Бенашвили. К вопросу о выделении изопарафиновых и нафтеновых углеводородов с помощью тиомочевины. Сообщения АН ГССР, 17, № 8, 1956, 689.
4. Е. М. Бенашвили. Авторское свидетельство 123954. Способ выделения циклогексана из фракций нефти. Бюллетень изобретений № 22, 1959; Выделение метилциклопентана и циклогексана из нефтяных фракций. Нефтехимия, 2, № 2, 1962, 160.
5. Е. М. Бенашвили. К вопросу получения высокооктановых компонентов автомобильных и авиационных бензинов из низкооктановых прямогонных бензинов. Сообщения АН ГССР, 34, № 3, 1964, 553.
6. R. M. Barer. New selectiva sorbents: porous crystals as molecular filters. British chemical Eng. May, 1959, 267.
7. R. D. Schwartz, D. S. Brasseux. Determination of Normal paraffin in olefin Tree Petroleum Distillats by molecular sieve Sorption and Refractometry. Anal. chem., № 7, 1957, 1022.
8. М. Г. Митрофанов, Я. В. Мирский. Разделение нефтяных фракций на синтетических цеолитах. Синтетические цеолиты, М., 1962, 236.
9. М. Б. Вольф, Р. В. Алексеева. Применение синтетических цеолитов СаА для разделения смесей углеводородов. Синтетические цеолиты, М., 1962, 233.
10. Х. И. Арешидзе и Г. О. Чивадзе. Облагораживание туркменского бензина при помощи синтетического цеолита СаА. Труды II Всесоюзного совещания по цеолитам, состоявшегося в 1964 г. в г. Ленинграде.



ХИМИЯ

Н. Г. СИХАРУЛИДЗЕ, О. А. ДЖАОШВИЛИ, Р. В. ДЖАНДЖГАВА,  
 В. П. МОСИДЗЕ, В. М. МДИВАНИ, А. П. ГУЛУА

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИКЛОГЕКСАНОНА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 5.11.1965)

Всевозрастающая потребность народного хозяйства в синтетических волокнах повлекла за собой развитие производства мономеров, в основном капролактама, как сырья для наиболее распространенного вида синтетического волокна—капрона. Высокие требования к качеству капронового волокна повышают требования и к качеству исходного мономера.

Одним из наиболее распространенных промышленных способов производства капролактама является фенольный метод, состоящий из следующих стадий: гидрирования фенола, дегидрирования циклогексанола, оксимирования циклогексанона, бекмановской перегруппировки циклогексаноноксима в капролактаме и дистилляции.

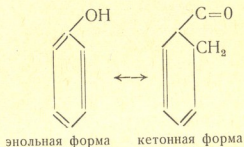
Определяющее влияние на качество капролактама имеют две стадии процесса: дегидрирование циклогексанола до циклогексанона на цинковом катализаторе при температуре 420 — 460°C и дистилляция лактама—сырца.

В процессе дегидрирования в связи с относительно высокой температурой процесса возможно образование циклогексенонов, причем их содержание возрастает с увеличением содержания циклогексанона в катализате. Установлено, что при повышении содержания циклогексанона выше 75% содержание циклогексенонов резко возрастает. Циклогексеноны в процессе дальнейшей обработки циклогексанона заметно ухудшают качество капролактама [1].

Наряду с проблемой качества, возникает вопрос экономики, так как около 25% непрореагировавшего циклогексанола после ректификации необходимо вернуть на вторичное дегидрирование. Между тем, известно, что при гидрировании фенола на катализаторе (в основном применяются металлы VIII группы) получается циклогексанол с примесью циклогексанона и циклогексена [2].

Неясность образования циклогексанона в процессе гидрирования фенола вызвала различные объяснения. В. Н. Ипатьев [3] считал,

что фенол в условиях гидрирования существует в виде равновесных таутомерных форм:

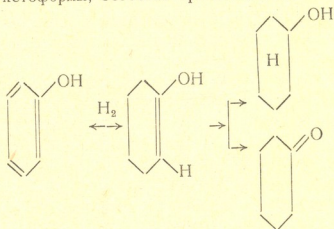


Причем равновесное состояние зависит от температуры. При более высоких температурах существует преимущественно кетоформа.

Гидрирование кетоформы фенола ведет к образованию главным образом циклогексанона. При более низких температурах равновесие смещается в сторону энольной формы, поэтому образуется в основном циклогексанол. Подтверждением данного предположения явилось гидрирование фенола в вакууме (15—20 мм рт. ст.) [4]. При 150°C в растворе циклогексана были получены кетоформа 10 и энольная форма (90%). Количество последней быстро уменьшалось во времени:

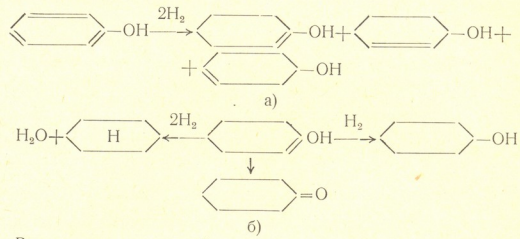
через 12 часов	—	78%	энольной формы
" 28 "	—	58	"
" 60 "	—	38	"
" 90 "	—	12	"

На основании этого был сделан вывод, что фенол сперва превращается в тетрагидрофенол, т. е. в энольную форму циклогексанона, далее последняя гидрируется в циклогексанол или частично стабилизируется в виде кетоформы, особенно при повышении температуры:



Интересную работу по выяснению механизма реакции гидрирования фенола провели Смит и Стумп [5]. Они пришли к выводу, что фенол гидрируется в адсорбированном на поверхности катализатора состоянии, в результате чего образуются промежуточные продукты—цик-

логексенолы, которые могут десорбироваться с поверхности катализатора или же дополнительно реагировать с водородом до образования циклогексанола:



Вопроса гидрирования фенола касаются также работы [6—13].

Вышеуказанные исследования дали нам основание для получения катализатора, способного проводить процесс гидрирования фенола до стадии образования циклогексанона. Наш выбор пал на палладиевый катализатор, способный вести гидрирование фенола с хорошим выходом циклогексанона.

### Экспериментальная часть

С целью изучения возможности применения палладиевого катализатора для гидрирования фенола до циклогексанона нами была собрана лабораторная установка, представленная на рис. 1.

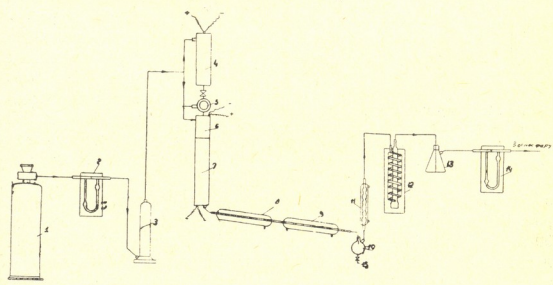
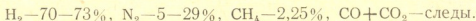


Рис. 1. Схема гидрирования фенола: 1—баллон; 2—реометр; 3—влагопоглощительная колонка; 4—емкость фенола; 5—смотровое стекло; 6—подогреватель; 7—реактор; 8—9—холодильники; 10—приемник; 11—обратный холодильник; 12—змеевиковый холодильник; 13—контрольный сосуд; 14—реометр; 15—спущевой кран катализата



Катализат контролировался на содержание циклогексанона гидросиламинным методом и на удельный вес через каждый час. После окончания серии опытов проводился по возможности полный анализ продукта на содержание циклогексанона, фенола (методом бромирования), влаги и легколетучих (методом азеотропной перегонки).

Первые же испытания палладиевого катализатора показали возможность его применения для гидрирования фенола до циклогексанона. В процессе исследования изучались факторы, влияющие на оптимальный режим гидрирования, а именно объемная скорость фенола и азотоводородной смеси и температура гидрирования. В процессе применяли фенол с т. кип.  $181^{\circ}$ , т. пл.  $41^{\circ}\text{C}$ , азотоводородную смесь (синтез-газ):



Описание схемы гидрирования фенола. Азотоводородная смесь из баллона (1) через реометр (2) проходит влагопоглощающую колонку (3) и подается в нагреватель (6), туда же подается расплавленный фенол с температурой  $100 - 120^{\circ}\text{C}$ . Наблюдение за скоростью подачи жидкого фенола ведется через смотровое стекло (5). Температура в нагревателе поддерживается в пределах  $200 - 220^{\circ}\text{C}$  с целью исключения возможности попадания капельножидкого фенола на поверхность катализатора. Смесь паров фенола с синтез-газом направляется в реактор (7), заполненный палладиевым катализатором. Высота слоя катализатора — 700 мл, внутренний диаметр реактора — 50 мм. Продукты реакции через два последовательно включенных водяных холодильника (8, 9) поступают в приемник (10) и далее через змеевиковые холодильники (12) — в поглотительную склянку (13), помещенную в сосуд Дюара, охлажденную смесью ацетона с твердой углекислотой. Прореагировавший синтез-газ через сосуд (13) и реометр (14) с раствором „Д“ (контроль на содержание циклогексанона в отходящем газе) выбрасывается в атмосферу.

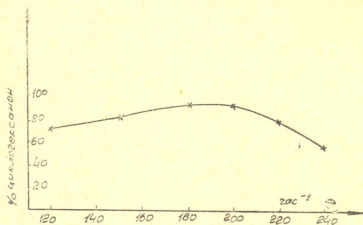


Рис. 2. Диаграмма влияния объемной скорости азотоводородной смеси на выход циклогексанона: объемная скорость по фенолу постоянна ( $0,08 \text{ час}^{-1}$ ); температура  $150^{\circ}\text{C}$

зом направляется в реактор (7), заполненный палладиевым катализатором. Высота слоя катализатора — 700 мл, внутренний диаметр реактора — 50 мм. Продукты реакции через два последовательно включенных водяных холодильника (8, 9) поступают в приемник (10) и далее через змеевиковые холодильники (12) — в поглотительную склянку (13), помещенную в сосуд Дюара, охлажденную смесью ацетона с твердой углекислотой. Прореагировавший синтез-газ через сосуд (13) и реометр (14) с раствором „Д“ (контроль на содержание циклогексанона в отходящем газе) выбрасывается в атмосферу.

Таблица 1  
Влияние объемной скорости азотводородной смеси на гидрирование фенола

Объемная скорость подачи азотводородной смеси, час <sup>-1</sup>	140	170	200	230	250	280
Содержание циклогексанола, %	70	80	85	81	68	60
Содержание фенола	отс.	отс.	отс.	отс.	прис.	прис.

Таблица 2  
Выход циклогексанола в зависимости от изменения объемной скорости подачи фенола

Объемная скорость подачи фенола, час <sup>-1</sup>	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,01	0,11
Содержание циклогексанола, %	75	78	83	85	78	75	70
Содержание фенола	отс.	отс.	отс.	отс.	след.	след.	присут.

Исследования проводились при постоянных температуре в зоне реакции (150°C) и количестве подаваемого на гидрирование фенола (80 г/л·час). Объемные скорости азотводородной смеси изменяли в пределах 140—250 час<sup>-1</sup>. При этом контролировалось количественное содержание циклогексанола в катализате. Полноту гидрирования фенола проверяли качественной реакцией с хлористым железом. Результаты опытов приведены в табл. 1. Данные табл. 1 и рис. 2 показывают, что оптимальной объемной скоростью синтез-газа при постоянных температуре (150°) и количестве подаваемого

на гидрирование фенола (80 г/л·час) является 200 час<sup>-1</sup>. При этом содержание циклогексанола в катализате достигает 85%, а фенол отсутствует. Уменьшение содержания циклогексанола в катализате при объемной скорости азот-

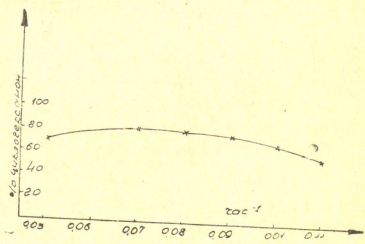


Рис. 3. Диаграмма влияния объемной скорости фенола на выход циклогексанола: температура 150°C; объемная скорость по азотводородной смеси постоянна (200 час<sup>-1</sup>)

водородной смеси постоянна (200 час<sup>-1</sup>)

новодородной смеси ниже  $200 \text{ час}^{-1}$  объясняется глубоким гидрированием фенола до циклогексанола за счет увеличения времени контактирования, что и влияет отрицательно на выход циклогексанола.

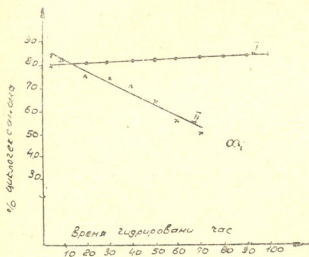


Рис. 4. Диаграммы I и II показывают изменение выхода циклогексанола в зависимости от времени: I—температура реактора 140—155°C; объемная скорость азотноводородной смеси постоянна ( $200 \text{ час}^{-1}$ ); объемная скорость по фенолу  $0,08 \text{ час}^{-1}$ ; II—температура реактора 140—155°C; объемная скорость азотноводородной смеси постоянна ( $200 \text{ час}^{-1}$ ); объемная скорость по фенолу  $0,11 \text{ час}^{-1}$

тез-газа  $200 \text{ час}^{-1}$  и объемная скорость подачи фенола  $0,08 \text{ час}^{-1}$ , при которой достигается максимальный (85% вес) выход циклогексанола.

При уменьшении объемной скорости подачи фенола, вероятно, происходит более глубокое гидрирование фенола до циклогексанола, за счет чего содержание циклогексанола в катализате уменьшается до 70—75 вес. %. При увеличении объемной скорости в продукте гидрирования с одновременным

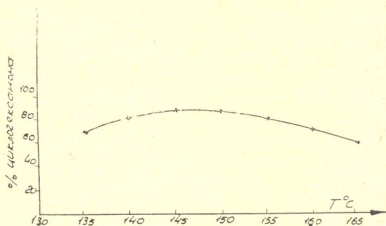


Рис. 5. Диаграмма изменения выхода циклогексанола в зависимости от температуры: объемная скорость по азотноводородной смеси  $200 \text{ час}^{-1}$ ; объемная скорость по фенолу  $0,08 \text{ час}^{-1}$

для определения производительности системы важное значение имеет подыскание оптимального условия реакции превращения фенола. Опыты производились при постоянных объемной скорости синтез-газа ( $200 \text{ час}^{-1}$ ) и температуре ( $150^\circ\text{C}$ ). Данные опытов приведены в табл. 2. Как видно из табл. 2 и рис. 3, оптимальными условиями реакции превращения фенола является температура  $150^\circ\text{C}$ , объемная скорость син-

тез-газа  $200 \text{ час}^{-1}$  и объемная скорость подачи фенола  $0,08 \text{ час}^{-1}$ , при которой достигается максимальный (85% вес) выход циклогексанола.

уменьшением содержания циклогексана появляется непрореагировавший фенол.

При оптимальной объемной скорости  $0,08 \text{ час}^{-1}$  по фенолу и  $200 \text{ час}^{-1}$  по синтез-газу катализатор работал непрерывно в течение 100 часов. При этом содержание циклогексана в катализате колебалось в пределах 80—85% (рис. 4).

Исследование катализатора проводилось в пределах температур 135—165°C. Работа в зоне температур 140—155°C, как видно из рис. 5, не дает заметного изменения выхода целевого продукта. В результате проведенного исследования был установлен следующий режим для укрупненной лабораторной установки: температура 140—155°C; объемная скорость азотводородной смеси  $200 \text{ час}^{-1}$ ; объемная скорость подачи фенола  $0,08 \text{ час}^{-1}$ .

### Выводы

1. Установлено, что в процессе гидрирования фенола при нормальном давлении оптимальная скорость азотводородной смеси равна  $200 \text{ час}^{-1}$ .
2. Показано, что в интервале 140—155°C изменение температуры практически не влияет на выход циклогексана.
3. Выявлено, что максимально допустимая в наших условиях объемная скорость по фенолу равна  $0,08 \text{ час}^{-1}$  при нормальном давлении.
4. Найдено, что при гидрировании фенола на палладиевом катализаторе в оптимальных условиях реакции содержание циклогексана в катализате составляет 85 вес. %.

Руставский химический  
комбинат

(Поступило в редакцию 5.11.1965)

მიზი

ბ. სიხარულიძე, ო. ჯაფარიძე, რ. ჯანჯღავა, ვ. მოსიძე,  
ვ. გიგინი, ლ. გულუა

### ციკლოჰექსანონის მიღების მეთოდი

რ ე ზ ი მ ე

მსოფლიოში დღითიდღე იზრდება მოთხოვნა კაპრონზე, რაც იწვევს კაპროლაქტამის, როგორც მისი მონომერის, წარმოების სწრაფ ზრდას.

კაპროლაქტამის წარმოებაში გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ციკლოჰექსანონის მიღების სტადიას. ამ სტადიაში განხილულია ციკლოჰექსანონის მიღების მეთოდი, რაც გამოირიცხავს ამჟამად წარმოებაში არსებული ციკლოჰექსანონის დეჰიდრირების სტადიას.

გამოკვლევები პირველად ჩატარდა მცირე ზომის ლაბორატორიულ და-  
ნადგარზე. მივიღეთ რა დამაკმაყოფილებელი შედეგები, კვლევა-ძიება გავაგრ-  
ძელეთ უქანგავი ფოლადისაგან დამზადებული ერთი ლიტრი მოცულობის რეაქ-  
ტორით (შიდა დიამეტრი—50 მმ, კატალიზატორის ფენის სიმაღლე—700 მმ).

მიზნად დავისახეთ მოგვენახა ჩვენ მიერ შერჩეულ კატალიზატორზე ჰიდ-  
რირების პროცესის ოპტიმალური პირობები. ჩატარებული მუშაობის შედეგად  
დადგინდა:

- ა) ტემპერატურის მერყეობა 140—155°-ის ფარგლებში არ ახდენს პრაქ-  
ტიკულ გავლენას ციკლოჰექსანონის გამოსავალზე;
- ბ) სინთეზ-აირის (აზოტისა და წყალბადის ნარევი) ოპტიმალური მოცუ-  
ლობითი სიჩქარე უდრის 200 სთ<sup>-1</sup>;
- გ) ფენოლის მაქსიმალური მოცულობითი სიჩქარე—0,08 სთ<sup>-1</sup>;
- დ) ფენოლის ჰიდრირების დროს პალადიუმის კატალიზატორზე ციკლო-  
ჰექსანონის გამოსავალი შეადგენს 85 წონით პროცენტს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Н. Зильберман. Получение мономеров высокой степени чистоты для поли-  
амидных смол. Химическая промышленность, 6, 1964, 408—410.
2. Промышленный органический синтез. ВИНТИ, экспресс—информация № 10, 1965,  
реферат 107.
3. В. Н. Ипатьев. ЖРФХО, № 38, 1906, 89.
4. Б. Н. Долгов. Кинетика и катализ в органической химии, 1959, 372.
5. A. Smith and S. Stump. J. Amer. Chem. Soc., 85, 1961, 12.
6. Патент США № 635850.
7. Патент США № 2857432.
8. Патент США № 2829166.
9. Патент США № 2873296.
10. Патент ФРГ № 850614.
11. Патент ФРГ № 905488.
12. Патент ФРГ № 1124487.
13. Голландский патент КЛ С 07 С №=103969.



ФАРМАКОХИМИЯ

П. З. БЕРИДЗЕ, Ш. М. ШАЛАМБЕРИДЗЕ, М. А. МГЕБРИШВИЛИ,  
 П. А. ЯВИЧ

**ИЗУЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ  
 ФАРМАКОПЕЙНОГО БЕНЗОАТА НАТРИЯ НЕПОСРЕДСТВЕННО  
 ИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ**

(Представлено академиком В. С. Асатиани 10.10.1965)

Бензоат натрия — препарат, нашедший широкое применение в медицине и пищевой промышленности, а также в ряде областей химической промышленности.

Несмотря на то что первые работы [1] по получению бензоата натрия относятся к 1870—1890 гг. за минувшее время технология его получения практически не изменилась [2].

Одним из требований получения бензоата натрия, пригодного для употребления в фармацевтической практике и пищевой промышленности, является применение для его синтеза бензойной кислоты высокой чистоты. В последнее время появились работы, посвященные очистке бензойной кислоты путем перекристаллизации как из водных, так и из органических растворителей [3]. Однако следует учесть как большие потери бензойной кислоты при перекристаллизации, так и токсичность при высоких температурах таких органических растворителей, как, например, бензол.

В некоторых работах [4] указывалось на возможность извлечения бензойной кислоты из четыреххлористого углерода раствором щелочи. В настоящей работе разработаны оптимальные условия данного процесса с целью получения бензоата натрия высокой чистоты непосредственно из технической бензойной кислоты.

При проведении экспериментов применялась бензойная кислота, получаемая после окисления толуола перманганатом калия и осаждения ее азотной кислотой. Содержание бензойной кислоты составляло 96—98%, основной примесью являлся нитрат калия.

Для получения бензоата натрия использовались растворы бикарбоната натрия (50 и 70 г/л) и растворы карбоната натрия (50, 70 и 100 г/л).

**Экспериментальная часть**

При выделении азотной кислотой техническая бензойная кислота тотчас же растворялась в четыреххлористом углероде. Как показали наши данные, для получения устойчивого раствора желательнее, чтобы содержание бензойной кислоты в четыреххлористом углероде составляло

не более 50 г/л. В противном случае при стоянии раствора более 24 — 30 часов начинается выкристаллизование бензойной кислоты.

Полученный раствор отфильтровывался и заливался в химический стакан, снабженный мешалкой. Туда же опускались электроды рН-метра типа «Орион» (Венгрия). В стакан приливался раствор бикарбоната (карбоната) натрия различной концентрации, включалась мешалка, и полученная смесь интенсивно перемешивалась. Ход процесса контролировался по показаниям потенциометра. По истечении определенного времени мешалка отключалась и смесь расслаивалась в делительной воронке. Водная фаза упаривалась и анализировалась на содержание бензоата натрия и его чистоту.

В связи с тем что непосредственная титрация бензойной кислоты в четыреххлористом углероде невозможна из-за диспергации капель, содержание бензойной кислоты в органической фазе определялось по разработанному нами методу. Отбиралась проба органической фазы, добавлялся объем этилового или метилового спирта, нейтрализованного по фенолфталеину, и смесь титровалась по тому же индикатору 0,5 н. раствором едкого натрия. Цветовой переход отчетливо виден на фоне выпадающего осадка бензоата натрия. Как показали наши результаты (см. табл. 1), ошибка анализа не превышала 1,6—2,4% (относит.) в зависимости от взятого спирта.

При проведении процесса, контролируемого потенциометром, были сняты кривые, выражающие зависимость

$$pH = f(\tau) \text{ и } pH = f\left(\frac{C_1}{C_2}\right),$$

где  $\tau$  — время процесса, мин;  $C_1$  — количество бензойной кислоты, г;  $C_2$  — количество бикарбоната (карбоната) натрия, г.

Таблица 1

Э т а н о л				М е т а н о л			
№	Взято $C_6H_5COOH$	Найдено $C_6H_5COOH$	Ошибка в % (относит.)	№	Взято $C_6H_5COOH$	Найдено $C_6H_5COOH$	Ошибка в % (относит.)
1	0,129	0,126	2,4	1	0,129	0,127	1,6
2	0,258	0,254	1,6	2	0,258	0,254	1,6
				3	0,495	0,4891	1,2
				4	0,592	0,582	1,7

### Обсуждение результатов

При снятии кинетических кривых типа  $pH = f(\tau)$  нами было выяснено, что для проведения процесса необходимо 3,5 — 4,5 минуты и реакция идет до конца при комнатной температуре. Причем время установления равновесия не зависит ни от того, взят ли на реакцию бикарбонат или карбонат натрия, ни от их концентрации. рН раствора резко падает в начальной ветви кривой, а затем скорость изменения рН уменьшается и через 3,5 — 4,5 минуты наступает равновесие, причем объем водной фазы практически не меняется (рис. 1).

Реакция эндотермична, даже в нетермостатированной системе  $\Delta T = 8-10^\circ \text{C}$ . С целью установления желательного соотношения  $\frac{C_1}{C_2}$  нами был проведен ряд экспериментов и сняты кривые  $\text{pH} = f\left(\frac{C_1}{C_2}\right)$  (см. рис. 2).

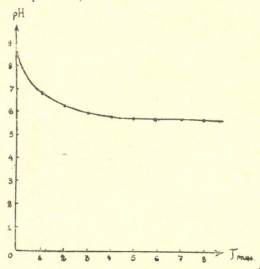


Рис. 1. Кинетика образования бензоата натрия

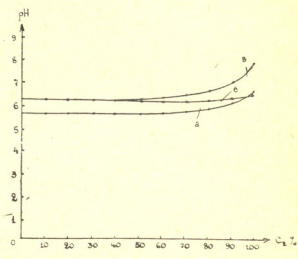


Рис. 2. Зависимость pH раствора от количества введенного в реакцию бикарбоната (карбоната) натрия (в % к стехиометрии): а — раствор  $\text{NaHCO}_3$  50 и 70 г/л; раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  50 г/л; б — раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  70 г/л; в — раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  100 г/л

В процессе опытов к раствору бензойной кислоты добавлялись растворы бикарбоната (карбоната) натрия в различных соотношениях  $\left(\frac{10}{1}, \frac{5}{1} \dots \frac{1}{1}\right)$ . Кислотность среды в случае раствора бикарбоната натрия 50 и 70 г/л и раствора карбоната натрия 50 г/л при начальных соотношениях дала  $\text{pH} = 5,7 - 6,8$ . Затем начинался рост pH, который достиг максимальных значений при соотношениях  $\frac{1}{1}$  и  $\frac{1}{0,9}$ . Таким образом, как показывает зависимость  $\text{pH} = f\left(\frac{C_1}{C_2}\right)$ , для получения бензоата натрия, удовлетворяющего требованиям Госфармакопей СССР IX издания [5], необходима область  $\text{pH} = 6,2 - 6,8$ .

Интересен тот факт, что даже в случае неточности в дозировке бикарбоната (карбоната) натрия на 10%, реакция идет до конца и получается бензоат натрия с содержанием 99,3—99,4% (см. табл. 2).

В случае раствора карбоната натрия 100 г/л pH раствора уже при начальных соотношениях становится равным 6,2—6,3, а в дальнейшем



достигает  $pH = 8$ , что уже само по себе указывает на щелочную реакцию препарата.

Как показали анализы (табл. 2), при стехиометрическом соотношении реагирующих веществ получается бензоат натрия с содержанием основного продукта 99,6 — 99,8%. При отклонении от стехиометрии в сторону уменьшения количества бикарбоната (карбоната) натрия, как указано выше, содержание основного продукта 99,3 — 99,4%.

Таблица 2

№	Бензойная кислота, г/л	Карбонат натрия, г/л	Бикарбонат натрия, г/л	Соотношение по стехиометрии	Бензоат натрия				
					Количество, г	Содержание, %	100%-ный бензоат натрия, г	Концентрация в растворе, г/л	Выход от теории по бикарбонату (карбонату) натрия, %
1	49		50	1:1	5,55	99,8	5,63	83,4	97,6
2	49		50	1:0,9	5,15	99,3	5,11	84,1	98,8
3	49		70	1:1	5,55	99,6	5,52	113,7	96,2
4	49		70	1:0,9	5,15	99,4	5,12	117,3	99,2
5	49	50		1:1	5,55	99,7	5,53	129,3	96,6
6	49	50		1:0,9	4,95	99,2	4,91	126,5	97,0
7	49	70		1:1	5,55	99,6	5,53	178,9	97,5
8	49	70		1:0,9	4,95	99,6	4,93	180,5	97,0

Примечание. Для проведения реакции взято 100 мл раствора бензойной кислоты в четыреххлористом углероде.

Выход во всех случаях 96 — 99% от теории по взятому бикарбонату (карбонату) натрия. Бензойная кислота частично (1,0—3,0%) остается в четыреххлористом углероде, но благодаря цикличности процесса она снова вводится в реакцию после последующего насыщения отработанного четыреххлористого углерода бензойной кислотой.

Мы предполагаем следующий механизм процесса: при взаимодействии молекул бензойной кислоты и бикарбоната (карбоната) натрия в области границы раздела фаз образующаяся молекула бензоата натрия сразу же экстрагируется водной фазой, так как бензоат натрия хорошо растворим в воде и практически нерастворим в четыреххлористом углероде. Одновременно с образованием молекулы бензоата натрия происходит и частичное распределение бензойной кислоты между водной и органическими фазами, так как растворимость бензойной кислоты в воде достигает при температуре 20°C 0,289 вес. % [6]. Этим и следует объяснить несколько низкий  $pH$  при соотношениях  $\frac{C_1}{C_2}$ ,

далеких от стехиометрии, когда количество бензойной кислоты намного больше количества бикарбоната (карбоната) натрия. Таким образом, очевидно, что эта реакция относится к типу экстракционных гомогенных реакций, протекающих в области границы раздела фаз.

## Выводы

1. Изучены оптимальные условия получения бензоата натрия, исходя непосредственно из технической бензойной кислоты с содержанием 96—98%, что исключает водную перекристаллизацию и сушку, связанные с большими потерями бензойной кислоты.

2. Изучены некоторые физико-химические закономерности процесса.

3. Доказана возможность протекания реакции образования бензоата натрия при комнатной температуре.

4. Полученный бензоат натрия удовлетворяет требованиям Госфармакопеи СССР IX издания.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт фармакохимии  
им. И. Г. Кутателадзе

(Поступило в редакцию 10.10.1965)

ფარმაკოქიმია

პ. ბერიძე, ა. ზალაგზირიძე, მ. მღვრიშვილი, ვ. იაშივი

ოპტიმალური პირობების შესწავლა ფარმაკოპეის ბენზომჟავა ნატრიუმის მიღების უზულოდ ტექნიკურ ბენზომჟავადან

რ ე ზ ი უ მ ე

მოცემულ სამუშაოში შესწავლილია სუფთა ბენზომჟავა ნატრიუმის მიღების ოპტიმალური პირობები, ტექნიკურ ბენზომჟავადან.

როგორც ექსპერიმენტებმა გვიჩვენეს, ბენზომჟავა ნატრიუმის მიღება შესაძლებელი ხდება სისტემაში: „ნატრიუმბიკარბონატი (კარბონატი)—ოთხქლორნახშირბადი — ტექნიკური ბენზომჟავა“ — ჩვეულებრივ ოთახის ტემპერატურის პირობებში.

ზემოთ აღნიშნული პროდუქტის მისაღებად ხმარებულ იქნა შემდეგი კონცენტრაციები ქვემოთ ჩამოთვლილი ნაერთებისა: ნატრიუმბიკარბონატი 50 გ/ლ; 70 გ/ლ და ნატრიუმკარბონატი 50 გ/ლ, 7% გ/ლ; 100 გ/ლ.

გამოირკვა, რომ ოთხქლორნახშირბადში ბენზომჟავას რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 50 გ/ლ, რადგან ზენაჯერის ხსნარიდან იგი გამოიკრისტალებს.

მოქმედი ნივთიერებების სტექიომეტრული შეფარდებისას ბენზომჟავა ნატრიუმის სიწმინდე 99,6—99,8%-ს აღწევს.

შესწავლილია პროცესის ზოგიერთი კანონზომიერება. ჩამოყალიბებულია გარკვეული აზრი პროცესის მექანიზმის მსვლელობაზე.

დაბეჭდილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Гагер. Руководство по фармацевтической и медико-химической практике, т. III. СПб, 1893, 675.
2. П. Л. Сенов. Учебник фармацевтической химии. Госмедгиз, 1961, 262.
3. Т. А. Комарова, Е. К. Коровкина, И. П. Фигуровская. Кристаллизация бензойной, фталевой и салицилловой кислот из растворов. Журнал физической химии, т. XXXVIII, вып. 4, 1964, 901.
4. Э. А. Муртои. Лабораторная техника в органической химии. Госхимиздат, М., 1941, 189.
5. Госфармакопея СССР, изд-е IX, Медгиз, 1961, 303.
6. Справочник по растворимости, т. I, кн. I, Изд. АН ГССР, 1961, 470.



ბიოქიმია

ნ. ნუცუბიძე, ნ. ღვინთაშვილი

კვების გავლენა ამინომჟავების წარმოქმნაზე ვაზში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ს. ღურშიშიძემ 30. 11. 1965)

მცენარეში არსებული თავისუფალი ამინომჟავების გამოკვლევა უკანასკნელ პერიოდში მეტად ინტენსიურად მიმდინარეობს. თავისუფალი ამინომჟავების შესწავლას აწარმოებენ, როგორც მათი წარმოქმნის, ისე შემდგომი გარდაქმნის დასადგენად [1, 2]. შესწავლება აზოტის სხვადასხვა ფორმისა და ზოგიერთი მინერალური საკვების გავლენა თავისუფალი ამინომჟავების წარმოქმნაზე მცენარის ცალკეულ ნაწილებში [3, 4, 5].

ვაზში გამოკვლეულია თავისუფალი ამინომჟავების განაწილება მცენარის ცალკეულ ნაწილებში, მათი ცვალებადობა ვეგეტაციის ზოგიერთ პერიოდში [6]. თავისუფალი ამინომჟავების ბიოსინთეზი შესწავლილია ვაზის ფესვში ტირალის ფაზაში [7, 8, 9].

წინამდებარე შრომის მიზანს წარმოადგენდა შეგვესწავლა ვაზში ამინომჟავების წარმოქმნა ფოტოსინთეზის პირობებში. დაგვედგინა აზოტის სხვადასხვა ფორმის და მინერალური მარილების გავლენა ვაზის ფესვში და ფოთოლში ამინომჟავების წარმოქმნაზე.

ვაზის ორ სახეობაში, ევროპულისა და ამერიკულის ნაზარდებში შესწავლილია ნიტრატების, ნიტრიტის, ამონიუმის სხვადასხვა მარილის, შარდოვანას, სასუქებისა და მინერალური საკვების სხვადასხვა ნარევის გავლენა თავისუფალი ამინომჟავების წარმოქმნაზე.

მ ე თ ო დ ი კ ა

ცდებში გამოყენებულ იქნა რქაწითელის და ბერლანდიერი რიპარია 5BB 1-წლიანი სილის კულტურა.

1-წლიანი ვაზის ნაზარდი ამოვიღეთ შემწოვი ფესვების დაუზიანებლად და მოვათავსეთ წყალსადენის წყალში. ცდის მსვლელობის პერიოდში დღეში ორჯერ კვანდენდით ფესვების აერაციას.

ვაზის ნაზარდების საცდელი და საკონტროლო ვარიანტები მოვათავსეთ 1-ლიტრიან ქიმიურ ჭიქებში. თითოეული ვარიანტი შეიცავდა ორ კარგად დაფესვიანებულ მცენარეს. ცდის ყოველ ვარიანტში მიცემულ იქნა საკვები მინერალური ან ორგანული მარილის სახით N, P, K და სხვა ელემენტები. აზოტის ან სხვა ელემენტის საერთო კონცენტრაცია უდრიდა 0,036 M, საკვები არის — pH 6,3 — 6,5.

საკონტროლოდ ავიღეთ წყალსადენის წყალი. ცდა მოიხსნა კვების დაწყებ-  
ბიდან 24 და 72 საათის შემდეგ. მასალა დანაწევრების შემდეგ დაფიქსირდა  
აღულებული 96% ეთილის სპირტით. დაფიქსირებული მასალა გამოტანილ იქ-  
ნა 3-ჯერ 80% ეთილის სპირტით, ექსტრაქტები შეერთდა, დაცენტრიფუგირ-  
და 3000 ბრუნვაზე 5 წუთის განმავლობაში. ვაკუუმში აორთქლების შემდეგ  
მშრალი ნალექი ავიღეთ 2 მლ 40% ეთილის სპირტით, რომელიც გამოვიყენეთ  
ამინომჟავების განსაზღვრისათვის.

ვაზის ნაზარდები გამოვკვებეთ: 0,036M,  $KNO_3$ ,  $NaNO_2$ ,  $NH_4Cl$ ,  $NH_4HCO_3$ ,  
 $RCl$ , სუპერფოსფატი, 0,018M— $NH_4NO_3$ , აგრეთვე NPR, NR და NP.

საერთო აზოტი განსაზღვრეთ—მიკრომეთოდით [10], ცილა—ლოურის  
მეთოდით [11], ქალაღზე ქრომატოგრაფირებას ვახდენდით გამხსნელით:  
II—ბუთანოლი—ყინულოვანი ძმარმჟავა—წყალი—4 : 1 : 5; 3-ჯერ 48 საათი თი-  
თო ექსპოზიცია.

ორმხრივი ქრომატოგრაფია: I გამხსნელი—ფენოლი: წყალი 80:20% (დამუ-  
შავებული) II გამხსნელი—ბუთანოლი: ყინულოვანი ძმარმჟავა, წყალი 4:1:5.  
ზედა შრე.

ამინომჟავების რაოდენობრივ განსაზღვრას ვახდენდით კ რ ე ტ ვ ი ჩ ი -  
ს ა და უ ს პ ე ნ ს კ ა ი ა ს მიხედვით [12].

ე ქ ს პ ე რ ი მ ე ნ ტ უ ლ ი ნ ა წ ი ლ ი

რქაწითელის და ბერლანდიერი X რიპარია 5BB-ს 1 წ. ნაზარდები ერთმა-  
ნეთს შევადარეთ თავისუფალი ამინომჟავების წარმოქმნაზე კვების სხვადასხვა  
წყაროს გავლენის დასადგენად.

პირველ ცხრილში მოცემულია მასალები თავისუფალ ამინომჟავათა დაგ-  
როვებაზე რქაწითელის 1-წლიან ნაზარდებში სხვადასხვა კვების დროს. ოცდა-  
ოთხი საათის განმავლობაში კვების შემდეგ უმეტესმა მარილებმა და სასუქებმა  
არ მოგვეცეს თავისუფალი ამინომჟავების რაოდენობის ზრდა ფესვებში. ამ  
მხრივ გამონაკლისს შეადგენს სუპერფოსფატი, ფოსფორის და კალიუმის წყარო  
ერთად. იგივე მცენარის ფოთლებში ამინომჟავების დაგროვებამ 24 საათის  
შემდეგ საწინააღმდეგო სურათი მოგვცა —  $NH_4Cl$ ;  $NH_4HCO_3$ ;  $NaNO_2$ ;  $KCl$   
სუპერფოსფატი; ფოსფორის, აზოტის და კალიუმის წყაროს ერთდროულად  
შეტანის შემთხვევაში, ან რომელიმე ორის შეტანამ NPK-დან გამოიწვია ამინო-  
მჟავების რაოდენობის მატება. 72 საათის გავლის შემდეგ ზემოთდასახელ-  
ებულმა ვარიანტებმა მოგვეცეს თავისუფალი ამინომჟავების რაოდენობის მკვე-  
თრი მომატება ფოთლებში. იგივე დროის გავლისას ფესვებში ამინომჟავების  
რაოდენობამ 24 საათთან შედარებით მოიმატა  $NH_4NO_3$ -ის;  $NaNO_2$ -ის;  
 $KNO_3$ -ის;  $KCl$ -ის; N+K და P+N ვარიანტებში. ძირითად ამინომჟავებიდან  
კვების პერიოდში მკვეთრ გარდაქმნებს განიცდიან ფესვებში გლუტამინი, ასპა-  
რაგინის მჟავა და ალანინი. გლუტამინის მჟავას რაოდენობა მცირედი გამოჩა-  
ლისის გარდა იკლებს. ალანინის შემცველობა მატულობს  $NH_4NO_3$ -ის;  $NH_4Cl$ -  
ის;  $NaNO_3$ -ის;  $KCl$ -ის;  $KNO_3$ -ის; და განსაკუთრებით, აზოტისა და ფოსფორის  
წყაროს ერთდროული შეტანის პირობებში. იმავე ვარიანტებში მატულობს

გლუტამინის შემცველობაც. ასპარაგინის მჟავის რაოდენობა მკვეთრად მატულობს  $P+N+K$  ვარიანტში, დანარჩენ შემთხვევაში ასპარაგინის მჟავას შემცველობა უმეტესად კლებულობს ან თითქმის ერთ დონეზეა.

ფოთლებში შემთხვევაში ალანინის შემცველობა მატულობს ყველა ამონიუმის მარილის შემთხვევაში. მატებაა აგრეთვე  $NaNO_2$ -ის, სუპერფოსფატის  $N+K$  და  $N+P+K$ -ს ვარიანტებში. ასპარაგინის მჟავამ მკვეთრად მოიმატა  $N+K$  და  $KCl$ -ის ვარიანტებში. დანარჩენ შემთხვევაში 24 საათის შემდეგ თუმცა საკონტროლოზე მეტია, მაგრამ 72 საათისთვის მკვეთრად კლებულობს ან რჩება თითქმის პირვანდელ დონეზე. გლუტამინის მჟავის შემცველობა საკონტროლოსთან შედარებით მეტია, მაგრამ კვების პერიოდში უმეტესმა ვარიანტმა მოგვცა გლუტამინის მჟავის შემცირების ტენდენცია. დასახელებული მჟავის შემცველობა მატულობს მხოლოდ  $N+K$  და  $N+P$ -ს შემთხვევაში. გლუტამინის შემცველობამ საგრძნობლად მოიმატა ვარიანტებში  $NH_4HCO_3$ -ის;  $NaNO_2$ -ის;  $KCl$ -ის; სუპერფოსფატის;  $N+P+K$ ;  $N+K$  და  $N+P$  ვარიანტებში. გარდა ზემოდასახელებული მჟავეებისა გარდაქმნებს განიცილის არგინინი,  $\gamma$ -ამინო-ერბოს მჟავა, ვალინი და ტიროზინი. ეს უკანასკნელი ზოგიერთ ვარიანტში მეტად დიდი რაოდენობით გროვდება. მაგ.: ფესვი  $NH_4NO_3$  და ფოთლი  $NH_4HCO_3$  და სხვა.

ბერლანდიერი X რიპარია 5 BB ნაზარდები რქაწითელთან შედარებით თავისუფალი ამინომჟავების დაგროვებისას ნაკლებად რეაგირებენ კვების სხვადასხვა წყაროზე. საკონტროლოსთან შედარებით 24 საათის შემდეგ ამინომჟავების საერთო რაოდენობამ მოიმატა ფესვებში  $NH_4Cl$ ,  $NH_4HCO_3$ ,  $P+N+K$  და  $N+K$  ვარიანტებში. 72 საათის შემდეგ ფესვებში მოიმატა თავისუფალ ამინომჟავათა რაოდენობამ ამონიუმის ყველა მარილისა და სუპერფოსფატის შემთხვევაში. ფოთლებში 24 საათის შემდეგ მკვეთრად მოიმატა თავისუფალ ამინომჟავათა რაოდენობამ  $NH_4NO_3$ ,  $NH_4Cl$ ,  $KNO_3$ , სუპერფოსფატის და  $N+K$  ვარიანტებში. 72 საათის შემდეგ  $NaNO_2$ -ის,  $KNO_3$ -ის და  $KCl$ -ის ვარიანტებში ადგილი აქვს თავისუფალ ამინომჟავათა რაოდენობის მატებას ფოთლებში. განსაკუთრებით მკვეთრად გაიზარდა მათი შემცველობა  $NaNO_2$ -ის ვარიანტში.

უნდა აღინიშნოს, რომ ბერლანდიერი რიპარია 5 BB-ს შემთხვევაში კვების ხანგრძლივობასთან ერთად ყველა ვარიანტში არ ხდება თავისუფალ ამინომჟავათა რაოდენობის მატება. ფესვებში 72 საათის შემდეგ ამინომჟავათა რაოდენობამ მოიკლო  $P+N+K$ ;  $N+K$ ; ფოსფორის ბუფერის და თვით საკონტროლო ვარიანტებში. ფოთლებში თავისუფალ ამინომჟავათა რაოდენობამ დაიკლო იმავე პერიოდში  $NH_4NO_3$ ;  $NH_4Cl$ ;  $NH_4HCO_3$ ; სუპერფოსფატის;  $P+N+K$ ;  $N+K$  და საკონტროლო ვარიანტებში.

ძირითადი ამინომჟავებიდან ფესვებში ალანინის რაოდენობა 24 საათის შემდეგ მომატებულია  $NH_4HCO_3$ ;  $KNO_3$ ;  $P+N+K$ ; სუპერფოსფატის და  $N+K$  ვარიანტებში. 72 საათის კვების შემდეგ სურათი მკვეთრად იცვლება. ზემოთდასახელებულ ვარიანტებში ალანინის შემცველობამ დაიკლო. იმავე პერიოდში ალანინის რაოდენობა მკვეთრად გაიზარდა სუპერფოსფატის და  $N+P$  ვარიანტებში.

კვების გავლენა თავისუფალ ამინომჟავათა დაგროვებაზე

ობიექტი	ძირითადი ამინომჟავები	რაოდენობა	0,018 M $\text{NH}_4\text{NO}_3$		0,036 M $\text{NH}_4\text{Cl}$		0,036 M $\text{NH}_4\text{HCO}_3$		0,036 M $\text{NaNO}_3$	
			24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს
ფესვი	არგინინი	მიკროგრამი 1 გრ მასალაზე	6,0	26,0	+	—	—	—	+	—
	გლუტამინი		78,0	366,0	11,0	30	+	—	16,0	440,3
	ასპარაგინის მჟავა		7,0	40,0	40,0	12,0	86,0	4,0	236,0	42,0
	გლუტამინის მჟავა		28,0	98,0	147,0	+	+	20,0	+	146,0
	α-ალანინი		114,0	305,0	—	150,0	185,0	162,0	212,0	226,0
γ-ამინოვარდოს მჟავა	57,0	99,0	—	+	—	—	+	—		
სულ ფესვებში			463,0	1250,0	198,0	533,0	424,0	186,0	464,0	854,0
ფოთლო	არგინინი	მიკროგრამი 1 გრ მასალაზე	34,0	+	118,0	—	+	341,0	115,0	56,0
	გლუტამინი		70,0	19,0	191,0	80,0	153,0	682,0	100	880
	ასპარაგინის მჟავა		52	41	611	35	254	275	415	124
	გლუტამინის მჟავა		140	73	248	+	265	258	241	176
	α-ალანინი		131	191	209	510	138	317	212	452
γ-ამინოვარდოს მჟავა	143	179	148	+	14	—	372	572		
სულ ფოთოლში			861	666	2348	2362	1393	3471	1737	2356

კვების გავლენა თავისუფალ ამინომჟავათა დაგროვებაზე ვაზში

ობიექტი	ძირითადი ამინომჟავა	რაოდენობა	0,018 M $\text{NH}_4\text{NO}_3$		0,036 M $\text{NH}_4\text{Cl}$		0,036 M $\text{NH}_4\text{HCO}_3$		0,036 M $\text{NaNO}_3$	
			24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს
ფესვი	არგინინი	მიკროგრამი 1 გრ მასალაზე	85	101	51	195	68	170	—	—
	გლუტამინი		42	43	51	48	85	277	53	62
	ასპარაგინის მჟავა		194	151	89	272	11	338	1	+
	გლუტამინის მჟავა		32	78	45	158	104	249	53	+
	α-ალანინი		39	84	—	112	110	17	14	68
γ-ამინოვარდოს მჟავა	—	68	190	62	77	+	127	131		
სულ ფესვში			530	695	900	1138	636	1872	248	297
ფოთლო	არგინინი	მიკროგრამი 1 გრ მასალაზე	93	142	12	58	95	11	—	—
	გლუტამინი		80	82	62	71	88	134	18	1001
	ასპარაგინის მჟავა		338	—	352	—	—	4	120	1002
	გლუტამინის მჟავა		105	97	126	91	213	129	69	620
	α-ალანინი		93	100	—	138	163	131	59	645
γ-ამინოვარდოს მჟავა	135	143	203	—	58	4	+	1420		
სულ ფოთოლში			1036	649	865	634	692	591	266	4328

ვაზში (1 წ. რქაწითელის სილის კულტურა)

ცხრილი 1

0,036 M KNO <sub>3</sub>		0,036 M KCl		0,036 M სუპერფოსფატი		N+P+K		M+K		M+P		საკონტროლო	
24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,0
+	148,0	—	202,0	—	90,0	+	+	320,0	401,0	+	+	+	31,0
11,0	28,0	66,0	—	+	+	39,0	352,0	120,0	238,0	+	—	+	43,0
44,0	34,0	206,0	72,0	+	+	—	+	68,0	133,0	+	+	+	65,0
152,0	285,0	111,0	170,0	305,0	305,0	270,0	242	322	266	200	600	174	180
—	—	—	270	366,0	366,0	270,0	61,0	85,0	145,0	—	—	108,0	47,0
207,0	831,0	383,0	832,0	1016,0	1016,0	573,0	655	926	1183	200	1450	475	583
+	112,0	38,0	179,0	177,0	436,0	177	296	114,0	232,0	+	—	5,0	28,0
82	137	—	222	165	387	218	722	128	280	285	600	10	91
8	58	686	844	246	—	600	371	715	170	14	—	18	68
115	69	300	298	125	236	261	237	237	530	285	440	29	118
156	138	268	169	156	263	152	408	189	435	585	440	187	148
—	—	400	266	123	45	288	462	338	530	—	—	198	118
693	1257	1782	2264	1627	3149	2732	4458	2891	4177	2968	3400	665	840

(1 წ ბერლანდიერი X რიპარია 5BB სილის კულტურა)

ცხრილი 2

0,036 M KNO <sub>3</sub>		0,036 M KCl		0,036 M სუპერფოსფატი		N+P+K		N+K		N+P		საკონტროლო	
24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს	24 ს	72 ს
—	—	—	—	68	187	—	—	—	—	—	—	10	14
74	45	+	5	58	86	104	17	+	2	78	94	59	39
1	59	8	61	—	88	285	+	750	596	26	1	82	72
112	42	54	39	96	159	15	12	466	141	63	34	95	68
140	77	62	31	102	155	125	58	252	186	67	100	67	50
46	1	101	79	101	280	—	—	15	44	—	13	69	53
373	387	264	257	468	1074	874	351	1600	1335	360	436	517	308
—	—	—	—	96	136	—	—	—	—	—	+	28	2
130	102	71	200	60	46	79	33	22	+	8	59	63	36
25	126	16	460	571	+	72	—	232	140	36	128	100	300
15	158	142	156	154	111	128	129	103	43	82	91	103	64
162	185	49	165	181	118	120	119	147	132	131	135	128	89
137	+	186	191	178	147	253	—	419	347	—	89	4	28
761	880	497	1206	1240	1104	756	635	1004	772	266	512	527	282



გლუტამინის მჟავის რაოდენობა 24 საათის კვების შემდეგ მხოლოდ  $N+K$  ვარიანტში იყო მკვეთრად მომატებული. დასახელებულ ვარიანტში 72 საათის შემდეგ გლუტამინის მჟავის რაოდენობამ მკვეთრად დაიკლო. ამ მჟავის რაოდენობამ დაიკლო აგრეთვე  $NaNO_2$ ;  $KNO_3$ ;  $KCl$ ;  $N+P$  და საკონტროლო ვარიანტებში. ამავე პერიოდში გლუტამინის მჟავის შემცველობამ მოიმატა  $NH_4NO_3$ ;  $NH_4Cl$ ;  $NH_4HCO_3$ ; და სუპერფოსფატის ვარიანტებში.

გლუტამინის შემცველობა ყველა ვარიანტში 24 საათის შემდეგ დაახლოებით საკონტროლოს მნიშვნელობის ტოლია. 72 საათის შემდეგ გლუტამინის რაოდენობამ მოიმატა  $NH_4NCO_3$  ვარიანტში, დანარჩენ შემთხვევაში დაიკლო საკონტროლოსთან შედარებით ან მცირედით მოიმატა. მაგ.:  $N+P$ ; სუპერფოსფატი.

ასპარაგინის მჟავის რაოდენობამ 24 საათის შემდეგ დიდ რაოდენობას მიიღწია  $NH_4NO_3$ ;  $P+H+K$  და  $N+K$  ვარიანტებში. ამავე ვარიანტებში 72 საათის შემდეგ შემჩნეულია ასპარაგინის მჟავის შემცველობის მკვეთრი დაკლება. საპირისპირო მდგომარეობაა  $NH_4Cl$ ;  $NH_4HCO_3$  შემთხვევაში. კვების ხანგრძლივობასთან ერთად ამ ვარიანტებში მკვეთრად მატულობს ასპარაგინის მჟავის შემცველობა, რომელიც სხვა ამინომჟავათა შორის ყველაზე დიდი რაოდენობით გამოირჩევა.

თუ განვიხილავთ ფოთოლში ამინომჟავათა დაგროვებას კვებასთან დაკავშირებით, შეიძლება გამოვიტანოთ საერთო დასკვნა, რომ ალანინის, გლუტამინის და გლუტამინის მჟავას გარდაქმნები სხვადასხვა ვარიანტებში კვების მთელი პერიოდის განმავლობაში თუმცა აღემატება საკონტროლოს მნიშვნელობებს, მაგრამ მკვეთრად არ განსხვავდებიან მათგან.

გამონაკლისს შეადგენს  $NaNO_2$ -ის ვარიანტი, სადაც 72 საათისათვის ასპარაგინის მჟავის და გლუტამინის დაკლების საპირისპიროდ მატულობს ალანინის და გლუტამინის მჟავის შემცველობა.

მკვეთრ გარდაქმნებს განიცდის ასპარაგინის მჟავა. 24 საათის შემდეგ აღნიშნული მჟავა დიდი რაოდენობით არის  $NaNO_2$ ;  $NH_4NO_3$ ;  $NH_4Cl$  და სუპერფოსფატის ვარიანტებში. 72 საათისათვის კი საცდელ არეში უმნიშვნელო რაოდენობას ვპოულობთ. კვების პერიოდში მკვეთრად მატულობს ასპარაგინის მჟავის შემცველობა  $KNO_3$ ,  $NaNO_2$ ,  $KCl$  და  $NP$  ვარიანტებში. კომბინირებული საკვების მიცემისას ძირითადი ამინომჟავეები მკვეთრ გარდაქმნებს არ განიცდიან და კვების პერიოდის განხარძლივებისას შეიმჩნევა მათი შემცირების ტენდენცია. სხვა თავისუფალი ამინომჟავეებიდან კვების გაუღწევი მცირე ცვლილებებს განიცდის ყ ამინოვარდის მჟავისა და არგინინის შემცველობა.

### დასკვნები

რქაწითელის ნახარდების ფოთლებში თავისუფალი ამინომჟავეების დაგროვება ინტენსიურად მიდის და მისი რაოდენობა კვების ხანგრძლივობასთან ერთად მატულობს, დიდი რაოდენობით ხდება მათი დაგროვება ამონიუმის მარილებით, კალიუმით, ფოსფორით, ნიტრიტით,  $NPK$ ,  $NK$  და  $NP$  გამოკვებისას. ფოთლებში ალანინთან ერთად ასპარაგინის მჟავა და გლუტამინი დიდი რაოდენობით

ნობით გროვდება ამონიუმის მარილების; ნიტრიტის, NPK, NK და NP-ით გამოკვებისას, უკანასკნელი ორის შემთხვევაში დიდი რაოდენობით არის წარმოდგენილი გლუტამინის მჟავა.

რქაწითელის ფესვებში ამინომჟავათა დაგროვება შესამჩნევია ამონიუმის ნიტრატის, ნატრიუმის ნიტრატის, NK და NP დამატებისას. ფესვებში ძირითადი ამინომჟავებიდან ალანინი არის ყველაზე მეტი რაოდენობით წარმოდგენილი.  $\text{NaNO}_2$ , NPK და NK გამოკვების პირობებში გლუტამინი და ასპარაგინის მჟავა წინა პლანზეა წამოწეული.

ბერლანდიერი რიბარია 5 BB ნაზარდები ცდის იგივე პირობებს ამინომჟავების დაგროვების გაცილებით ნაკლები ინტენსიობით პასუხობს. კვების ხანგრძლივობასთან ერთად, მცირე გამოხაჯვის გარდა, ამინომჟავების რაოდენობა კლებულობს როგორც ფოთოლში, ისე ფესვში.

ფოთლებში კვების ხანგრძლივობასთან ერთად მკვეთრად მოიმატა თავისუფალ ამინომჟავათა რაოდენობამ ამონიუმის სულფატის, კალიუმის, P და განსაკუთრებით ნიტრიტის შემთხვევაში. ფოთლებში მკვეთრ გარდაქმნებს განიცდის ასპარაგინის მჟავა, რომელიც სხვა ამინომჟავებთან შედარებით გაცილებით დიდი რაოდენობით არის წარმოდგენილი.

ფესვებში თავისუფალი ამინომჟავების დაგროვება მოხდა ამონიუმის მარილების, P და NK დამატებისას. ცალკეული ამინომჟავებიდან ფესვებში ყველაზე მეტი რაოდენობით წარმოდგენილია ასპარაგინის მჟავა, შედარებით ნაკლები რაოდენობით, გლუტამინის მჟავა და ალანინი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
მცენარეთა ბიოქიმიის ლაბორატორია

(რედაქციის მოუვიდა 30. 11. 1965)

БИОХИМИЯ

Н. Н. НУЦУБИДЗЕ, Н. А. ДАВИТАШВИЛИ

ВЛИЯНИЕ ПОДКОРМКИ НА ОБРАЗОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТ  
В ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЕ

Резюме

На целых растениях двух видов виноградной лозы — европейской и американской — изучено влияние различной подкормки на образование свободных аминокислот в корнях и листьях виноградной лозы. В качестве подкормки применяли нитриты, нитраты, разные соли аммония, удобрения и минеральные соли.

При различной подкормке в листьях годичных растений сорта Ркацители идет интенсивное накопление свободных аминокислот, количество которых увеличивается с продолжительностью подкормки.

Аминокислоты в большом количестве накапливаются при применении солей аммония, нитрита, P, K, N, PK, NK и NP. В листьях вместе с аланином в большом количестве накапливаются аспарагиновая кислота и глютамин при подкормке солями аммония, нитрита, NPK, NK и NP. В случае двух последних в большом количестве представлена глютаминовая кислота.

В корнях Ркацители накопление аминокислот наблюдается при подкормке нитратом аммония, NK и NP. В корнях из аминокислот в

самом большом количестве накапливается аланин. При применении нитрита натрия, NPK и НК на первый план выдвигаются глютамин и аспарагиновая кислота.

Растения Берландиери×Рипария 5 ВВ при одинаковых условиях опыта накаплиют аминокислоты в значительно меньшем количестве. При продолжительной подкормке, за малым исключением, количество аминокислот уменьшается.

В листьях при продолжительной подкормке К, Р и особенно нитритом резко повышается количество свободных аминокислот.

В листьях резким превращениям подвергается аспарагиновая кислота, которая представлена в самом большом количестве по сравнению с другими аминокислотами.

В корнях накопление аминокислот идет при применении солей аммония, Р и НК. Из отдельных аминокислот в корнях в большом количестве представлена аспарагиновая кислота, в сравнительно меньшем — глютаминовая кислота и аланин.

#### დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Л. Кретович. Биохимия автотрофной ассимиляции азота. XVI Баховское чтение. Изд. АН СССР, М., 1962.
2. В. Л. Кретович. Важнейшие проблемы биосинтеза аминокислот и амидов у растений. Изв. АН СССР, серия биол., № 5, 1965, 647.
3. В. Л. Кретович, А. А. Бундель и др. Об участии гидросиламина в синтезе аминокислот в растениях. ДАН СССР, № 112, 1958, 1965.
4. И. М. Дубинина. О путях первичного включения неорганических форм азота в метаболизме корней. Физиология растений, т. 12, вып. 4, 1965, 577.
5. Б. П. Плешков. Влияние условий питания на содержание свободных аминокислот и аминокислотный состав белков некоторых сельскохозяйственных растений. Изв. ТСХА, № 3, 1964, 441—151.
6. С. В. Дурмишидзе и О. Т. Хачидзе. Свободные аминокислоты в виноградной лозе. Доклад на IX международном ботаническом конгрессе. Монреаль, 19 — 29 августа 1959 г.
7. С. В. Дурмишидзе и О. Т. Хачидзе. Биосинтез аминокислот в корнях виноградной лозы. Сообщения АН ГССР, т. XXIII, № 4, 1959.
8. К. Д. Стоев, П. Т. Мамаров и И. Б. Бенчев. Хроматографический анализ сахаров и свободных аминокислот восходящего и нисходящего тока виноградной лозы. Высший сельскохозяйственный институт им. Георгия Димитрова, агрономический факультет, научные труды, т. VII (LXXV), София.
9. К. Д. Стоев, С. Н. Добрева, Г. Вощецинец. К вопросу о синтетических функциях корневой системы винограда. Академия сельскохозяйственных наук, Horticultural and viticultural Sciences, vol. II, № 4, Sofia, 1964.
10. А. Н. Белозерский, Н. И. Проскураков. Практическое руководство по биохимии растений. М., 1951.
11. O. Lowry, N. Rosebrough, A. Farr, R. Randall. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. chem., № 193, 1951, 1552.
12. Ж. В. Успенская и В. Л. Кретович. Количественное определение аминокислот... Методика количественной бумажной хроматографии сахароз, органических кислот и аминокислот у растений. Изд. АН СССР, М.-Л., 1962.

ПЕТРОГРАФИЯ

С. Ш. САРКИСЯН

О ПРОЯВЛЕНИИ ГРАВИТАЦИОННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В  
ЛАВАХ МАШАВЕРСКОГО ПОТОКА (ГРУЗИНСКОЙ ССР)

(Представлено академиком Г. С. Дзоенидзе 20.12.1965)

Сомхетско-Карабахская структурная зона Малого Кавказа представляет собой область исключительно широкого развития мощных вулканогенных отложений мезо-кайнозой, прорываемых многочисленными и разнообразными интрузивами гранитоидов. С конца палеогена рассматриваемая зона характеризуется чертами, свойственными областям завершенной складчатости и поэтому более молодые образования отличаются соответствующими геологическими особенностями. В частности, молодая — четвертичная вулканическая активность привела к формированию лавовых покровов основного состава.

Как известно ([1—5] и др.), в плейстоцене в пределах высокогорных частей современных Самсарского и Кечутского хребтов находились многочисленные вулканические аппараты, деятельность которых дала начало мощным андезито-базальтовым и долеритовым покровам и потокам, ныне фиксирующимся и хорошо изученным на территории Ахалкалакского, Лорийского и других нагорий, а также в ущельях рек Дебеды, Храми, Машаверы и т. д.

Характер и строение продуктов молодой вулканической активности в этой части Малого Кавказа хорошо изучены благодаря работам Ш. А. Адамия, К. Г. Мацхонашвили и О. Д. Хуцишвили [1], Н. Е. Астахова [2, 3], Л. А. Варданянца [4], П. Д. Гамкрелидзе [5], Г. М. Заридзе [6], Л. И. Маруашвили [7], Е. Е. Милановского [8], К. Н. Паффенгольца [9], Н. И. Схиртладзе [10], А. Л. Тахтаджяна и А. А. Габриеляна [11] и ряда других исследователей.

В задачи данного сообщения не входят рассмотрение подробностей геологической характеристики этих образований и анализ отдельных спорных положений или противоречивых выводов, порой содержащихся в имеющихся работах. В настоящем сообщении нами излагается фактический материал, собранный в процессе изучения петрологических особенностей верхнемеловой вулканогенной толщи Болнисского района Грузинской ССР и делаются некоторые новые выводы.

В пределах рассматриваемой территории отдельные участки меловых вулканогенно-осадочных образований перекрыты молодыми долеритовыми лавами и поэтому для изучения более древних отложений, часто рудоносных, встает необходимость проведения буровых скважин, которыми и пересекаются упомянутые лавовые покровы по всей своей мощности. Великолепные естественные обнажения по глубоко врезан-

ным, часто каньонообразным ущельям рек Храми и Машаверы, а также имеющиеся колонки буровых скважин в настоящее время дают богатый фактический материал для детальной характеристики основных лав. Значение же углубленного и разностороннего изучения последних, вполне естественно, трудно переоценить.

Геологическое описание Храмского и Машаверского долеритовых потоков содержится в большинстве из приведенных выше работ, поэтому мы ограничимся здесь лишь самой общей характеристикой интересующего нас Машаверского потока. Последний берет свое начало с гребневой части Кечутского хребта и, подчиняясь характеру вулканической деятельности и геоморфологическим условиям позднплейстоценового времени, на отдельных участках своего развития характеризуется различными строением и мощностью. Однако в целом установлено [10], что наибольшей мощностью поток этот обладает в верхней своей части, т. е. поблизости от «истоков».

Долериты Машаверского потока отличаются очень темным цветом и иногда обладают слабым фиолетовым оттенком. Они характеризуются исключительно высокой крепостью и неравномерной пористостью. Породы макроскопически полнокристаллические, мелкозернистые; изредка фиксируются мелкие порфиновые вкрапленники плагиоклаза и, несколько реже, — оливина. Последний почти повсеместно характеризуется интенсивной индигово-синей побежалостью [12].

Микроскопическое исследование многочисленных образцов долеритов показало, что они характеризуются порфировой структурой при офитовой или иногда микродиабазовой основной массе, слагающейся различно ориентированными палочковидными кристаллами свежего полисинтетически сдвойникового плагиоклаза ряда лабрадора (55—65) в сочетании с моноклинным пироксеном (авгит  $c Ng 40 - 48^\circ$ ), редкими мелкими идиоморфными изометрическими вкрапленниками оливина и темнобурым вулканическим стеклом. Порфиновые и микропорфиновые вкрапленники в среднем составляют 21% породы и представлены плагиоклазом, оливином, моноклинным пироксеном.

Породообразующие минералы распространены сравнительно равномерно и количественно-минералогический состав долеритов может быть охарактеризован следующими цифрами: плагиоклаз — 57,90%; авгит — 25,38%; оливин — 7,92%; магнетит — 5,20%; вулканическое стекло — 2,60%. Некоторые отклонения от этих значений будут рассмотрены ниже.

Порфиновые вкрапленники плагиоклаза обладают таблитчатой формой, размерами достигают  $3,99 \times 1,04$  мм; они полисинтетически сдвойникованы по альбитовому или, реже, карлсбадскому законам и совершенно прозрачны.

Размеры вкрапленников авгита достигают  $0,74 \times 0,41$  мм. Видения оливина детально охарактеризованы нами ранее [12].

Рудный минерал, представленный магнетитом, занимает интерстиции между породообразующими компонентами и создает различной интенсивности вкрапленность. Характер его распределения в долеритах рассматривается ниже.

В вертикальном разрезе фиксируется послойное строение Машаверского потока (рис. 1). В естественных обнажениях, как на это ука-

зывает еще Н. И. Схиртладзе [10], видно, и это подтверждается изучением керн буровых скважин, что отдельные слои (горизонты) потока, сложенные обычно плотными, с невысокой пористостью долери-

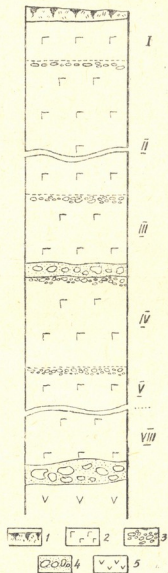


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

тами (рис. 2), отграничены друг от друга маломощными слоями (горизонтами) тех же долеритов, отличающихся от упомянутых высокой степенью пористости, благодаря которой породы приобретают шлакоподобный облик (рис. 3). В других случаях отдельные горизонты потока разграничиваются прослоями древнего аллювия или отложениями запрудных озер.

Детальное изучение каждого из этих горизонтов долеритового потока показало одну, общую для всех них, особенность в распределении породообразующих минералов и соответственную разницу в химическом составе породы.

В качестве примера рассмотрим четвертый слой в разрезе, изображенном на рис. 1. Следуя вниз от кровли слоя, мощность которого составляет 7,6 м, можно установить, что верхняя часть горизонта слагается шлаковидным, высокопористым долеритом (см. рис. 3), в котором поры обладают сложной конфигурацией, часто — трубчатостью и вытянутостью своей в общем ориентированы вдоль направления течения магматического расплава, т. е. параллельно поверхности потока. Количественно-минералогический состав высокопористого долерита, подсчитанный по данным трех шлифов, характеризуется следующими значениями: плагиоклаз — 58,8%; авгит — 24,9%; оливин — 6,7%; магнетит — 3,8% и вулканическое стекло — 5,2%.

Результаты химического анализа долеритов сведены в нижеследующей таблице, в которой горизонтальная графа 1 отражает состав средней пробы долерита, а графы 2 и 3 — соответственно пористой и плотной его разновидностей; места отбора проб указаны на рис. 1.

Таблица химического состава долеритов (1)

Окислы №	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	nnn
	1	50,44	1,39	18,39	4,41	4,66	0,12	6,70	9,50	1,0	3,5	—
2	50,68	1,48	18,24	5,19	4,38	0,13	6,71	9,46	1,1	3,6	0,04	—
3	50,38	1,38	18,82	4,21	5,26	0,13	6,77	9,63	1,0	3,5	—	—

По мере углубления в сторону подошвы горизонта можно видеть определенные изменения в текстурных особенностях долеритов и в количественных соотношениях породообразующих минералов. Здесь на смену пористому долериту приходит плотная разновидность темно-серого, почти черного цвета со слабым фиолетовым оттенком; несколько возрастает степень зернистости породы. Количественно-минералогический состав плотного долерита характеризуется уже несколько иными данными: плагиоклаз — 57,1%; авгит — 25,8%, оливин — 9,1%; магнетит — 6,6%, а вулканическое стекло практически отсутствует.

Как видно из приведенных данных, плотные долериты, слагающие нижние части отдельных слоев, резко обогащены тяжелыми минералами ранней кристаллизации — оливином и магнетитом. Интересно, что недавно У. Мэтьюс, С. Тораринссон и Н. Чэрч [13] установили факт гравитационного оседания оливина в подушечных лавах Исландии.

Учитывая весь изложенный материал, можно сделать следующие выводы:

(1) Анализы выполнены в Кавказском институте минерального сырья аналитиками Т. Абесадзе и К. Гобеджишвили.

1. Машаверский поток характеризуется слоистым строением, причем каждый из слоев представляет собой продукт одной порции лавового излияния. Наличие же отдельных слоев в строении потока указывает на то, что позднеплейстоценовые извержения вулканов Кечутского хребта, откуда потоки распространялись в ущелье Машаверы, обладали пульсационным характером.

2. В лавовом потоке имела место гравитационная дифференциация, выразившаяся в накоплении тяжелых минералов ранней кристаллизации в нижних частях каждого из слоев, составляющих поток.

Кавказский институт  
минерального сырья

(Поступило в редакцию 21.12.1965)

პეტროგრაფია

ს. სარქიანი

მაშავერის ლავურ ნაკადში გრავიტაციული დიფერენციაციის  
გამომვლინების შესახებ

რეზიუმე

მდ. მაშავერის ხეობის დოლერიტის განფენის დეტალური საველე (ბუნებრივ გაიშვლებებსა და საძიებო ბურღილებში) და ლაბორატორიული (პეტროგრაფიული და ქიმიურ-მინერალოგიური) შესწავლის საფუძველზე დადგენილ იქნა გარკვეული კანონზომიერება, რაც ვლინდება შემდეგში: დოლერიტის განფენი ხასიათდება ინტენსიური ფორიანობით, რაც განვითარებულია განფენის ზედაპირის მიმართ პარალელური ზოლების სახით. ოლივინის ფენოკრისტალების სივრცობრივ განაწილებასა და დოლერიტის ფორიანობას შორის შეიმჩნევა გარკვეული უკუპროპორციული დამოკიდებულება: ოლივინისა და სხვა ადრინდელი კრისტალიზაციის მინერალების მაქსიმალური რაოდენობა ფიქსირებულია დოლერიტის ნაკლებად ან პრაქტიკულად უფრო — მკვრივ სახესხვაობებში.

მტკიცდება, რომ დოლერიტის განფენი წარმოადგენს არა ერთჯერადი ამოფრქვევის პროდუქტს, არამედ იგი შეადგენს რამდენიმე ნაკადის ერთობლივობას, ამასთან, თითოეული მათგანის სახურავი გვერდი დგინდება მაქსიმალური ფორიანობის საფუძველზე, ხოლო საგები გვერდი ოლივინისა და სხვა მძიმე მინერალების მაქსიმალური რაოდენობის საფუძველზე. ამრიგად, აღნიშნული ლავების ამოფრქვევა სწარმოებდა პულსაციურად.

დასამუშავებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. А. Адамия, К. Г. Мацхонашвили, О. Д. Хуцишвили. Геология постпалеогеновых континентально-вулканогенных образований восточной части Южной Грузии. Труды Геол. ин-та АН ГССР, сер. минерал. и петрогр., т. VI, 1961.



2. Н. Е. Астахов. О древнем следенении и молодом вулканизме в Джавахетии. Сообщения АН ГССР, № 9, 1951.
3. Н. Е. Астахов. Геоморфологический очерк южной части Нижней Картли. Труды Ин-та географии им. Вахушти АН ГССР, т. VIII, 1957.
4. Л. А. Варданыц. Постмиоценовая история Кавказско-Черноморско-Каспийской области. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1948.
5. П. Д. Гамкрелидзе. Геологическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы. Изд. АН ГрузССР, Тбилиси, 1949.
6. Г. М. Заридзе. Магматический цикл верхнего миоцена — плиоцена в Грузии. Сообщения АН ГССР, т. V, № 9, 1944.
7. Л. И. Марушвили. Морфология и история развития новейших вулканических сооружений южной Грузии. Сообщения АН ГССР, т. XVII, № 4, 1956.
8. Е. Е. Милановский. О неогеновом и антропогеновом вулканизме Малого Кавказа. Известия АН СССР, сер. геол., № 10, 1956.
9. К. Н. Паффенгольд. Геологический очерк Кавказа. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1958.
10. Н. И. Схиртладзе. Постпалеогеновый эффузивный вулканизм Грузии. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1958.
11. А. Л. Тахтаджян, А. А. Габриелян. Опыт сравнительной корреляции вулканических толщ и пресноводных отложений плиоцена и плейстоцена Малого Кавказа, ДАН АрмССР, т. VIII, № 5, 1948.
12. С. Ш. Саркисян, Р. Л. Шубладзе. Оливин из долеритов южной Грузии. Зап. Всес. минералог. о-ва, 2-я серия, ч. 94, вып. 2, 1965.
13. W. H. Mathews, S. Thorarinnsson, N. B. Church. Gravitative settling of olivine in pillows of an icelandic basalt. Amer. J. Sci., 262, № 8, 1964.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Л. И. САГИРАШВИЛИ, Ан. А. ЛОСАБЕРИДZE

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ КРУГОВЫХ  
 АРОК, ЛЕЖАЩИХ НА СПЛОШНОМ УПРУГОМ  
 ОСНОВАНИИ

(Представлено академиком О. Д. Ониашвили 23.9.1965)

1. Рассмотрим круговую арку с осевым радиусом  $R$ , центральным углом  $2\alpha_0$  и постоянной толщиной  $h$ , лежащую на сплошном упругом основании. Допускаем, что вдоль оси арки упругое основание создает переменное сопротивление в радиальном направлении. Колебания арки, лежащей на указанном упругом основании, будем рассматривать с бесконечным числом степеней свободы, допуская развитие сил инерции только в радиальном направлении (рис. 1).

К такой схеме можно свести приближенный динамический расчет целого ряда сплошных пространственных систем. Так, например, указанная схема может быть использована в арочных плотинах, если рассматривать верхнюю часть плотины как арку, лежащую на упругом основании, созданном выделенными консолями.

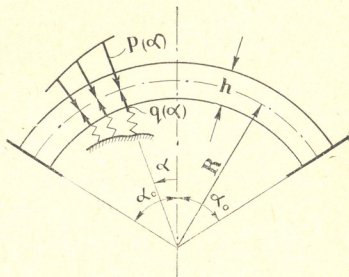


Рис. 1

2. Воспользуемся дифференциальными уравнениями равновесия упруго деформированного кругового бруса (уравнения Кирхгофа) [1, 2]

$$\frac{dN}{d\alpha} + Q = 0, \quad (1)$$

$$\frac{dQ}{d\alpha} - N = R [q(\alpha) - p(\alpha)], \quad (2)$$

$$\frac{dM}{d\alpha} + RQ = 0, \quad (3)$$

$$N = \frac{D}{R} \left( \frac{du}{d\alpha} - w \right), \quad (4)$$

$$\varphi = \frac{1}{R} \left( u + \frac{dw}{d\alpha} \right), \quad (5)$$

$$M = \frac{B}{R^2} \left( \frac{du}{d\alpha} + \frac{d^2w}{d\alpha^2} \right), \quad (6)$$

где

$q(\alpha)$ —интенсивность реакции сплошного упругого основания;

$p(\alpha)$ —интенсивность внешней радиальной нагрузки;

$w$ ,  $u$  и  $\varphi$ —радиальное, тангенциальное и угловое перемещение произвольного радиального сечения, определенного углом  $\alpha$ ;

$B = EJ$ —жесткость при изгибе  $\left( J = \frac{ah^3}{12} \right)$ , где  $a$ —высота арки);

$D = EF$ —жесткость при осевой деформации.

Подставляя в выражение (2) значение  $\frac{dQ}{d\alpha}$ , определенное из уравнения (1), получаем

$$\frac{d^2N}{d\alpha^2} + N + R[q(\alpha) - p(\alpha)] = 0.$$

Заменяя в этом уравнении  $N$  и ее вторую производную по формуле (4), будем иметь

$$\frac{d^3u}{d\alpha^3} + \frac{du}{d\alpha} - \frac{d^2w}{d\alpha^2} - w + \frac{R^2}{D} [q(\alpha) - p(\alpha)] = 0. \quad (7)$$

Из уравнений (1) и (3) можно получить

$$\frac{1}{R} \frac{dM}{d\alpha} = \frac{dN}{d\alpha}. \quad (8)$$

С учетом формул (4) и (6) уравнение (8) примет вид

$$\frac{d^3w}{d\alpha^3} + b \frac{dw}{d\alpha} + c \frac{d^2u}{d\alpha^2} = 0, \quad (9)$$

где

$$b = \frac{DR^2}{B}, \quad c = 1 - b. \quad (10)$$

По формулам (7) и (9) можно получить одно дифференциальное уравнение относительно  $w$ , которое будет иметь следующий вид:

$$\frac{d^5w}{d\alpha^5} + 2 \frac{d^3w}{d\alpha^3} + \frac{dw}{d\alpha} = \frac{cR^2}{D} \left( \frac{dq(\alpha)}{d\alpha} - \frac{dp(\alpha)}{d\alpha} \right). \quad (11)$$

Подставляя в уравнение (11)

$$q(\alpha) = -k(\alpha)w(\alpha), \tag{12}$$

где  $k(\alpha)$ —переменный коэффициент сплошного упругого основания, получаем

$$\frac{d^5 w}{d\alpha^5} + 2 \frac{d^3 w}{d\alpha^3} + A(\alpha) \frac{dw}{d\alpha} + k'(\alpha) Cw = -C \frac{dp}{d\alpha}. \tag{13}$$

Здесь

$$C = \frac{cR^2}{D}, \quad A(\alpha) = 1 + k(\alpha)c. \tag{14}$$

3. Уравнение (13) можно использовать для составления дифференциального уравнения свободных колебаний арки, лежащей на сплошном упругом основании. Подставляя в (13)

$$p(\alpha) = -m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \tag{15}$$

и учитывая, что  $w$  будет функцией двух переменных  $\alpha$  и  $t$ , получаем

$$\frac{\partial^5 w}{\partial \alpha^5} + 2 \frac{\partial^3 w}{\partial \alpha^3} + A(\alpha) \frac{\partial w}{\partial \alpha} + Ck'(\alpha)w = Cm \frac{\partial^3 w}{\partial \alpha \partial t^2}. \tag{16}$$

Перейдем к решению (16), для чего используем известный метод Фурье. Представим искомую функцию  $w(\alpha, t)$  в виде произведения двух функций

$$w(\alpha, t) = v(\alpha) T(t). \tag{17}$$

После разделения переменных [3] вместо исходного уравнения (16) получим два обыкновенных дифференциальных уравнения

$$\frac{d^5 v(\alpha)}{d\alpha^5} + 2 \frac{d^3 v(\alpha)}{d\alpha^3} + [A(\alpha) + Cm\varphi^2] \frac{dv(\alpha)}{d\alpha} + Ck'(\alpha)v(\alpha) = 0, \tag{18}$$

$$\frac{d^2 T(t)}{dt^2} + \varphi^2 T(t) = 0. \tag{19}$$

Уравнение (18) представляет собой обыкновенное однородное линейное дифференциальное уравнение с переменными коэффициентами, а (19)—известное уравнение гармонического колебания.

4. Для определения частот свободных колебаний используем уравнение (18), к которому применим в качестве одного из вариантов приближенного решения метод Галеркина.

Представим искомую функцию  $v(\alpha)$  в виде ряда

$$v(\alpha) = \sum a_i \psi_i(\alpha), \tag{20}$$

$$i = 1, 2, \dots, n,$$

удовлетворяющего всем граничным условиям.

После соответствующих постановок в известное уравнение Геркина [4] и видоизменений получим алгебраическое уравнение  $n$ -й степени относительно  $\varphi^2$  (квадрата круговой частоты свободных колебаний), которое получается раскрытием следующего определителя:

$$D = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots & \delta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} & \delta_{n2} & \dots & \delta_{nn} \end{vmatrix} = 0, \quad (21)$$

где вычисление единичных интегралов производится по общему выражению

$$\delta_{ik} = 2 \int_0^{\alpha_0} \{ \psi_i^{(5)} + 2\psi_i^{(3)} + [A(\alpha) + Cm\varphi^2] \psi_i^{(1)} + Ck^{(1)}(\alpha) \psi_i \} \psi_k d\alpha, \quad (22)$$

$$i, k = 1, 2, \dots, n.$$

В первом приближении ( $n = 1$ ) уравнение (21) примет вид

$$\delta_{11} = 2 \int_0^{\alpha_0} \{ \psi^{(5)} + 2\psi^{(3)} + [A(\alpha) + Cm\varphi^2] \psi^{(1)} + Ck^{(1)} \psi \} \psi d\alpha = 0, \quad (23)$$

откуда для определения частоты будем иметь формулу

$$\varphi^2 = \frac{- \int_0^{\alpha_0} [\psi^{(5)} + 2\psi^{(3)} + A(\alpha) \psi^{(1)} + Ck^{(1)} \psi] \psi d\alpha}{Cm \int_0^{\alpha_0} \psi^{(1)} \psi d\alpha}. \quad (24)$$

Академия наук Грузинской ССР  
Институт строительной механики и  
сейсмостойкости  
Тбилиси

ლ. საღირაშვილი, ან. ლოსაბერიძე

დრეკად ფუძეზე მდებარე წრიული თაღების თანისუფალი  
 რხევების სინჰრიმთა განსაზღვრა

რ ე ზ ი უ მ ე

მიღებულია შემდეგი დაშვებები: დრეკადი ფუძე თაღის ღერძის გასწვრივ ჰქმნის ცვლად წინაღობას რადიალური მიმართულებით (ნახ. 1); თაღის რხევა განიხილება უსასრულო თავისუფლების ხარისხით; ინერციის ძალები განვითარდება მხოლოდ რადიალური მიმართულებით.

(13) განტოლების მისაღებად გამოყენებულია ცნობილი კირხჰოფის დიფერენციალური განტოლებები (1)–(6).

რხევის დიფერენციალური განტოლება (16) მიღებულია (13)-ში (15)-ის შეტანით. (16) ამოხსნისათვის გამოყენებულია ფურიეს ცნობილი მეთოდი. შედეგად ვღებულობთ (18) და (19) განტოლებებს. (19) წარმოადგენს ჰარმონიული რხევის განტოლებას. (18) ამოხსნისათვის რეკომენდირებულია გალიორკინის მეთოდი. პირველი მიახლოებით მიღებულია რხევის სინჰირის ფორმულა (24).

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Д. В. Вайнберг. Арки на сплошном упругом основании. Прикладная математика и механика, новая серия, т. 1, вып. 2, 1937.
2. А. М. Какушадзе, Ж. Г. Бухандзе, Г. Г. Мсхиладзе. Разработка методологии расчета арочных плотин. В сб.: „Опыт исследований, проектирования и строительства высоких плотин в Грузинской ССР“, Тбилиси, 1961.
3. К. С. Завриев, Г. Н. Карцивадзе. Устойчивость и динамика сооружений. Тбилиси, 1959.
4. Я. А. Пратусевич. Вариационные методы в строительной механике. М., 1948



СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

А. В. ОДИШАРИЯ

ВОПРОС О НОРМАТИВНЫХ ВЕЛИЧИНАХ КОЭФФИЦИЕНТА  
СЕЙСМИЧНОСТИ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 13.4.1966)

По методике, принятой в действующих нормативах СНиП II—А 12—62 для определения сейсмических сил от собственного веса сооружения и полезной нагрузки, в соответствующую формулу входит в качестве основного множителя коэффициент сейсмичности.

Величина этого коэффициента принимается в зависимости от расчетной сейсмичности сооружения, выражаемой в баллах (0,025; 0,05 и 0,1 соответственно для 7, 8 и 9 баллов).

Следует с самого начала заметить, что указанные значения коэффициента сейсмичности фигурировали в нормативах по сейсмостойкому строительству еще в тот период времени, когда расчеты на сейсмостойкость зданий и сооружений производились на основе статической теории сейсмостойкости. Следовательно, нельзя утверждать, что обоснование величины интересующего нас коэффициента исходит из современной линейной теории сейсмостойкости, основанной на спектральном подходе к сейсмическому воздействию на сооружение.

Однако, как это было показано в работе [1], оказалось, что нормативное значение коэффициента сейсмичности приблизительно соответствует среднеквадратичному значению по времени ускорения грунта, вычисленному по огибающей акселерограммы землетрясения рассматриваемого балла.

Другой вопрос, что коэффициент сейсмичности, определенный таким путем, вообще говоря, может фигурировать в качестве коэффициента лишь в формуле для определения сейсмических сил, полученной вероятностным методом, а не в той формуле СНиП II—А 12—62, речь о которой шла выше, ибо она получена по детерминированной теории сейсмостойкости.

Соответствующее мнение по этому вопросу можно найти в работе [2], а мы здесь опять вернемся к вопросу об обоснованности принятых нормативных величин коэффициента сейсмичности.

Согласно современной линейной теории сейсмостойкости, сейсмическая сила  $S_k(t)$ , действующая в какой-либо точке  $k$  сооружения, несущего  $n$  сосредоточенных грузов, равна

$$S_k(t) = \sum_{i=1}^n S_{i,k}(t),$$

где  $t$ —время;  $S_{i,k}(t)$ —сейсмическая сила, действующая в той же точке  $k$  и вычисленная для  $i$ -й нормальной формы собственных колебаний сооружения.

Эта сила представляет также и упругую реакцию линейного осциллятора—простейшей модели сооружения на землетрясение и равна

$$S_{i,k}(t) = -Q_k \omega_i \int_0^t \exp \left\{ -\frac{\delta}{2\pi} \omega_i (t - \xi) \right\} \frac{W(\xi)}{g} \sin \omega_i (t - \xi) d\xi,$$

где  $g$ —ускорение силы тяжести;  $\omega_i$ —частота собственных колебаний сооружения в  $i$ -й форме;  $\delta$ —логарифмический декремент;  $W(t)$ —функция сейсмических колебаний грунта как основания (эта функция дается графически в виде акселерограммы реального сооружения).

Теперь примем, что

$$W(\xi) = W_{cp} f(\xi),$$

где функция  $|f(\xi)| \leq 1$ ,  $W_{cp}$ —среднее значение сейсмического ускорения (пока не уточняется, о каком среднем идет речь).

Следовательно,  $a = \frac{W_{mкс}}{W_{cp}}$ —коэффициент больше единицы, а  $W_{mкс}$ —максимальное значение сейсмического ускорения.

Так что

$$S_{i,k}(t) = k_c a \cdot \beta_i^*(t) Q_k, \quad (1)$$

где

$$k_c = \frac{W_{cp}}{g},$$

$$\beta_i^*(t) = -\omega_i \int_0^t \exp \left\{ -\frac{\delta}{2\pi} \omega_i (t - \xi) \right\} f(\xi) \sin \omega_i (t - \xi) d\xi. \quad (2)$$

Здесь  $\beta_i^*(t)$  представляет коэффициент динамичности, зависящий от  $\omega_i$ ,  $\delta$  и  $t$ .

Из рассмотрения выражения (1) следует, что в действующих нормативах СНиП II—A 12—62 в неявном виде предполагается

$$a\beta^*(t) = \beta, \quad (3)$$

где  $\beta(t)$ —коэффициент динамичности, принятый в указанных нормативах.



Вышеуказанные условия автоматически отпадают, если при решении основной задачи линейной теории сейсмостойкости, т. е. при определении сейсмической нагрузки, будем исходить из вероятностного представления о сейсмическом воздействии.

Так, в работах [2, 3] показано, что сейсмическая нагрузка, представляемая как упругая реакция сооружения на сейсмическое воздействие, с учетом влияния  $n$  высших форм собственных колебаний сооружения может быть выражена следующим образом:

$$S_k = k_c Q_k \sqrt{\sum_{i=1}^n \beta^2 \eta_{i,k}^2}, \quad (4)$$

где

$$k_c = \sqrt{\frac{W^2(t)}{g^2}} = \sqrt{k_c^2(t)}, \quad (5)$$

$$\beta_i = \sqrt{\beta_i^{*2}(t)}. \quad (6)$$

В этих формулах речь идет о средних квадратах по времени огибающих функций  $k_c(t)$  и  $\beta_i^*(t)$ , соответственно представляющих собой в известном масштабе огибающую акселерограммы землетрясения и графика колебаний линейного осциллятора, построенного согласно формуле (2).

В настоящей работе предпринята попытка вычисления коэффициента сейсмичности  $k_c$  по формуле (5) на основе обработки акселерограмм землетрясений

7 и 8 баллов, приведенных в работе [4]. Причем мы стремились вычислить величины  $k_c$  по отдельным пакетам сейсмических волн и представить их в зависимости от преобладающего (среднего) периода колебаний грунта в рассматриваемом пакете.

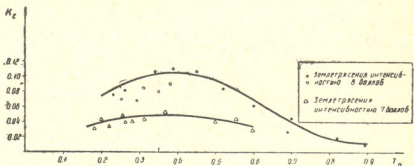


Рис. 1. Зависимость коэффициента сейсмичности от преобладающего периода колебаний грунта в пакете сейсмических волн ускорения

колебаний грунта в рассматриваемом пакете. Были построены графики  $k_c(T_0)$ , показанные на рис. 1, в известном смысле представляющие собой спектральные кривые. Надо отметить, что эти кривые проведены по методу наименьших квадратов, причем по точкам, соответствующим максимальным значениям для восьмibalльной сейсмичности.

Полученные кривые указывают на следующее. Максимальные значения  $k_c$ , приближенно оцениваемые как 0,1 и 0,05 и соответствующие

сейсмичности 8 и 7 баллов, отвечают периоду сейсмических колебаний грунтов примерно  $T_0=0,4$  сек. Эти значения  $k_c$  примерно в 2 раза превосходят нормативные.

Однако если возьмем средние квадратичные значения по периодам  $T_0$ , то получим  $k_c^*=0,07$  для 8 баллов и  $k_c^*=0,04$  для 7 баллов.

Таким образом, для каждой сейсмичности среднее значение довольно близко подходит к нормативному, которое принимается постоянным и в том смысле, что не учитывается спектральное свойство коэффициента сейсмичности  $k_c$ . С этой точки зрения этот нормативный коэффициент также является осредненной величиной.

Утверждение, что приведенные выше осредненные значения приближаются к нормативным величинам, еще больше усилится для 8 баллов, если учтем, что, как отмечалось ранее, кривая, показанная на рис. 1, проведена по точкам, соответствующим максимальным величинам среднеквадратичных значений, т. е. без учета влияния нижерасположенных точек.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт строительной механики и  
 сейсмостойкости  
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 13.4.1966)

საგეგმავლო მუშაობა

ა. ოდიშარია

## სეისმური კოეფიციენტის ნორმატიული სიდიდეების

საკითხი

რ ე ხ ე მ ე

სტატიაში მოცემულია სეისმურ მოქმედებაზე ნაგებობის ანგარიშისათვის საჭირო სეისმური კოეფიციენტის სიდიდის ანალიზი. ჩატარებული გამოთვლების საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ სეისმური კოეფიციენტი, რომელიც მიიღება ძლიერი მიწისძვრების ინსტრუმენტალური ჩანაწერების დამუშავებით, თავისი სიდიდით უახლოვდება ამავე კოეფიციენტის ნორმატიულ მნიშვნელობას; ეს მნიშვნელობა კი თავის დროზე მიღებული იყო სუსტი მიწისძვრების ჩანაწერების საფუძველზე.

გარდა ამისა, ჩვენ მიერ მიღებულია სეისმური კოეფიციენტის გრაფიკული დამოკიდებულება გრუნტების სეისმურ რხევათა პერიოდზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Быховский, И. И. Гольденблат, И. Л. Корчинский. О нормировании сейсмических нагрузок. М., 1960.
2. Ш. Г. Напетваридзе. Вопросы усовершенствования существующей методики определения сейсмической нагрузки. Сейсмостойкость сооружений. ИСМиС АН ГССР, 1965.
3. В. А. Багдаვაдзе. Интенсивность сейсмической инерционной нагрузки, определенная вероятностным методом с учетом протяженности сооружения. Сейсмостойкость сооружений, ИСМиС АН ГССР, 1965.
4. С. В. Медведев. Ускорения колебаний грунта при сильных землетрясениях. Вопросы инженерной сейсмологии, вып. III, 1960.

კ. პაპელიშვილი

## კოლხიდის დაბლამდებარე ალბიღების დაზრობის საკითხისათვის

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა პ. შენგელიამ 12.11.1965)

კოლხიდის დაბლამდებარე ზღვისპირა ფართობების დაზრობაში მთავარი მნიშვნელობა წყალმიღებს ენიჭება, რომელზედაც ძირითადად დამოკიდებულია თვითდენითი დამზრობი ქსელის ეფექტიანობა. როგორც ცნობილია, წყალმიღებად ჩვეულებრივად მდინარის შესართავი ნაწილი გამოიყენება.

როდესაც მდინარე მცირეა და მისი მკვებავი აუზი შესართავთან დაბლამდებარეა, მდინარის შეუღლება არამყარია, ის იტბორება და იკეტება ზღვისპირა ნალექებით, რაც იწვევს მდინარეში წყლის დონის აწევას და ფართობების დაჭაობებას [1, 2]. ასეთ პირობებში მდინარის ჩამონადენი ზღვაში ან ინფილტრაციით გადის (ზღვისპირა ნალექებში ვავლით), ან ამ ნალექების სერის დაბალი ადგილების გადალახვით. როგორც დაკვირვებები გვაჩვენებს, კოლხიდის პირობებში ასეთი სერის სიმაღლე ხშირად 2,5 მეტრს აღემატება.

ზოგჯერ მცირე მდინარეები ზღვისპირას შეტბორვის შედეგად ერთმანეთს უერთდებიან და შეერთებული ხარჯით გადაჰყვებიან ზღვისპირა ნალექების სერს. ასეთია, მაგალითად, ზღვასთან შეერთება შემდეგი მდინარეებისა: ოქუმიერისწყალის, ვაგიდა-ოკეინორეს, ნატანები-ჩოლოყი-შავილელისა და სხვა.

როდესაც მდინარე მრავალწყლიანია, მისი შეუღლება ზღვასთან უმნიშვნელო შეტბორვით ხდება, რადგანაც ამ შემთხვევაში მდინარის დინების ენერგია დიდი და ის ადვილად სძლევს ზღვისპირა ნალექების მოწოლას, ამიტომ მდინარის შეუღლება ზღვასთან მყარია და პატარა დონეთახვაობით ხასიათდება. ცხადია, რომ მძლავრი მდინარის წყალმიღებად გამოყენების შემთხვევაში მივიღებთ დაზრობის უფრო მეტ ეფექტს, ვიდრე მაშინ, როდესაც წყალმიღებად გამოყენებულია მცირეწყლიანი მდინარე.

კოლხიდის ათვისების პირველ ხანებში მიღებული იყო, რომ თვითდენითი დამზრობი ქსელის მუშაობა შეიძლება ეფექტიანი იყოს, თუ დასაზრობი ფართობის ზედაპირის ნიშნული ზღვის დონიდან აღემატება 1,3—1,5 მეტრს, მიუხედავად იმისა, თუ რა ხასიათისაა წყალმიღები. ამ პირობას საფუძვლად ედო ის გარემოება, რომ მდ. ენგურის შესართავის მარცხენა ნაპირზე ადგილი ჰქონდა დაბალნიშნულიანი ფართობების თვითდენითი ქსელით დაზრობას და ციტრუსოვანი ნარგავებით ათვისებას. ეს იყო ადრე, ვიდრე კოლხიდის ფარ-

თობებზე დამშრობი ღონისძიებები ჩატარდებოდა. წყალმიმღებად ამ შემთხვევაში მძლავრი მდინარე ენგური იყო გამოყენებული, რომელიც ზღვას უმნიშვნელო დონეთასხვაობით უერთდება.

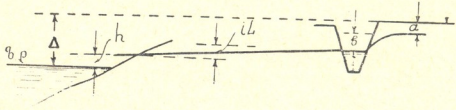
შემდეგმა გამოცდილებამ ცხადყო, რომ თვითღენითი დამშრობი ქსელი, როდესაც წყალმიმღებად გამოყენებულია მცირე სიმძლავრის მდინარის შესართავი, ზოგჯერ 2,0—2,5-მეტრიან ნიშნულებზედაც არ იძლევა საჭირო ეფექტს.

ამ გარემოების ჯეროვნად გაუთვალისწინებლობამ გამოიწვია ის, რომ წამოიჭრა საკითხი ტუმბოების დადგმისა იქ, სადაც წინათ პროექტით ეს გათვალისწინებული არ იყო. გარდა ამისა, დაისვა საკითხი კოლხიდის დაბლამდებარე ფართობებზე თვითღენითი დამშრობი ქსელის გამოყენების საზღვრების დადგენისა წყალმიმღების ხასიათის შესაბამისად, და დასაშრობი ადგილის მდებარეობის მიხედვით, რასაც აქამდე ანგარიში არ ეწეოდა.

ამ მიზნით, საქართველოს ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი აწარმოებს კოლხიდის მდინარეების წყალმიმღებად გამოყენების საკითხის შესწავლას. დღემდე ჩატარებულმა რეკონსტრუქციებმა სამუშაოებმა გვიჩვენა, რომ მდ. ენგური, რომლის საშუალო წლიური ხარჯი 200 კუბომეტრია, ზღვას 2,5 სანტიმეტრის დონეთასხვაობით უერთდება, მაშინ როდესაც მდ. ოქუმი-ერისწყალის შეერთება ზღვასთან საშუალო წლიური ხარჯის დროს 41 სანტიმეტრის სხვაობით ხდება.

ამ საკითხის თეორიული განხილვა საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ როგორც მდინარეების შესართავის წყალმიმღებად გამოყენების შესაძლებლობა, მათი ჰიდროლოგიური მონაცემების მიხედვით, აგრეთვე საზღვრები თვითღენითი დამშრობი ქსელის ეფექტიანი მუშაობისა.

დასაშრობი ადგილიდან ზედმეტი წყლის ზღვაში თვითღენითი დამშრობი ქსელის საშუალებით გადაყვანა ნახ. 1-ზე მოცემული სქემის მიხედვით ხდება.



ნახ. 1

ეს სქემა საშუალებას გვაძლევს ადგილმდებარეობის და წყალმიმღების ხასიათის მიხედვით დავადგინოთ დაჭაობიანებულ ადგილის ის მინიმალური სიმაღლე (ნიშნული)  $\Delta$ , რომელიც საჭიროა თვითღენითი ქსელის ეფექტიანი მოქმედებისათვის. ამ სიმაღლის დასადგენად შემდეგი განტოლებით ვსარგებლობთ:

$$\Delta = a + b + iL + h, \quad (1)$$

სადაც:

- a*—დაშრობის ნორმაა,
- b*—დებრესიაა,
- i*—კოლექტორის ჰიდრავლიური ქანობია,
- L*—ადგილის დაშორებაა ზღვისპირიდან,
- h*—ზღვასთან წყალმიმღები—მდინარის შეუღლების სიმაღლეა.

როდესაც დასაშრობი ფართობის ნიშნული ნაკლებია (1) განტოლებით გამოთვლილ  $\Delta$ -ზე, მაშინ დაშრობის სრული ეფექტიანობის მისაღებად აუცილებელი იქნება სატუმბო სადგურის აგება.

კოლხიდის პირობებისათვის შეიძლება მივიღოთ, რომ დამშრობი არხის წყლის დონის და დასაშრობი ადგილის ნიშნულთა სხვაობა უდრის 1,2 მეტრს ( $a \approx 0,7$  მ.,  $b \approx 0,5$  მ.), ხოლო კოლექტორის ჰიდრავლიური ქანობი შეიძლება მივიღოთ 0.0001.

თუ ამ მონაცემებს (1) განტოლებაში ჩავსვამთ, მივიღებთ

$$\Delta = 1,2 + 0.0001 \cdot L + h. \tag{2}$$

მდინარისა და ზღვის დონეთასხვაობა შესართავთან (*h*) მდინარის ჰიდროლოგიური მონაცემების და ზღვის სანაპირო ტალღების ხასიათის მიხედვით შეიძლება ქვემოთმოყვანილი წესით დადგინდეს.

მდინარისა და ზღვის შეუღლების ადგილას მოქმედებენ ერთიმეორის საწინააღმდეგო ძალები: ერთი მხრივ ტალღების მოძრაობით წარმოქმნილი ძალა, რომელიც, როგორც ცნობილია, თავისი ბუნებით ხელს უწყობს სანაპირო ნალექების სერის შექმნას და მიმართულია ზღვიდან ხმელეთისკენ, ხოლო მეორე მხრივ—მდინარის დინების ძალა, რაც მიმართულია ზღვისკენ და ასუსტებს ზღვის მხრიდან ნალექების მოწოლას.

თუ გარკვეული დროის განმავლობაში ეს ორი ძალა წონასწორობაშია, მაშინ მდინარის ზღვასთან შეუღლების ხასიათი წინასწარ შეიძლება დავადგინოთ ზღვის ტალღების პარამეტრების და მდინარის ჰიდროლოგიური მონაცემების საშუალებით.

ტროხოიდალური ტალღის თეორიის მიხედვით დიდი სიღრმეების პირობებში ლეღვის ენერჯის მარაგი (*E*) ზღვის ზედაპირის ერთ კვადრატულ მეტრზე გამოითვლება განტოლებით [3]:

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot r_0^2}{2}, \tag{3}$$

სადაც:

- $\rho g$ —წყლის ხვედრითი წონაა,
- $r_0$ —ზღვის ზედაპირა ნაწილაკების მოძრაობის ორბიტის რადიუსი.

ჩვენი მიზნებისათვის ეს ენერჯია უნდა გამოვთვალოთ იმ პირობებისათვის, როდესაც ზღვის სიღრმე ტალღის სიგრძის დაახლოებით ხუთ პროცენტს არ აღემატება, რასაც უფრო ხშირად ადგილი აქვს ზღვაში მდინარეების შეუღლების უბანში.

აღნიშნული პირობების გათვალისწინებით ერთ კვადრატულ მეტრზე ენერჯიის მარავის გამოსათვლელად (3) განტოლება სათანადო გარდაქმნების შემდეგ ასეთ სახეს მიიღებს:

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot r_0^2}{6,5} \cdot$$

ამ ენერჯიის მიხედვით ტალღის მოქმედების ძალა შეიძლება შემდეგნაირად გამოისახოს:

$$R_b = \frac{\rho \cdot g \cdot r_0^2 \cdot L}{6,5 \cdot T},$$

სადაც:

$L$ —ტალღის სიგრძეა,

$T$ —ტალღის მოქცევის დრო.

თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ტროხოიდალური ტალღის თეორიის თანახმად [1]

$$r_0 = \frac{h'}{2},$$

სადაც  $h'$  არის ტალღის სიმაღლე, მაშინ

$$R_b = \frac{\rho \cdot g \cdot h'^2 \cdot L}{26 \cdot T}. \quad (4)$$

ამ ძალას, როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, ეწინააღმდეგება შესართავში მდინარის მიერ წარმოქმნილი დინების ძალა, რომელიც შემდეგნაირად შეიძლება გამოვსახოთ:

$$R_p = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h, \quad (5)$$

სადაც:

$Q$ —მდინარის ხვედრითი ხარჯია შესართავთან,

$h$ —ზღვისთან შეუღლებების სიმაღლე.

ამ ორი ძალის (4) და (5) წონასწორობის პირობა, იძლევა:

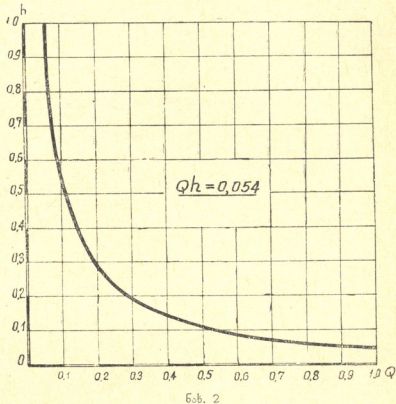
$$Qh = 0,0385 \frac{h'^2 \cdot L}{T}.$$

შავი ზღვის სანაპიროებისათვის კოლხიდის ფარგლებში შეგვიძლია მივიღოთ, რომ 85-პროცენტიანი უზრუნველყოფით მოქმედებენ ტალღები შემდეგი პარამეტრებით [4]: ტალღის სიმაღლე 0,5 მ., სიგრძე—26 მეტრი და ტალღის მოქცევის დრო—4,6 წამი. ამ პირობებისათვის მივიღებთ

$$Qh = 0,054. \quad (6)$$

მოცემული მრუდის საშუალებით (იხილეთ ნახ. 2), რომელიც აგებულია (6) განტოლების მიხედვით, შეგვიძლია მდინარის გარკვეული უზრუნველყოფის ხვედრითი ხარჯის შესაბამისად დავადგინოთ ზღვასთან შეუღლების სიმაღლე ( $h$ ), რაც საშუალებას მოგვცემს, (2) განტოლების თანახმად, შემოფარგლოთ კოლხიდის დაბლამდებარე დაჭაობიანებული ადგილების ის არე, რომლის ფარგლებში შესაძლოა თვითდენითი დამშრობი ქსელის ეფექტიანი გამოყენება.

აქვე აღვნიშნავთ, რომ ზემომოყვანილი მეთოდიკა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საბჭოთა კავშირის სხვა დაბლამდებარე ზღვისპირა ფართობებისათვისაც, კერძოდ, ბალტიისპირის დაჭაობიანებული ფართობებისათვის.



ნახ. 2

საქართველოს ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვლიდა 12.11.1965)

ГИДРОМЕХАНИКА

К. А. ПАПЕЛИШВИЛИ

К ВОПРОСУ ОСУШЕНИЯ НИЗКОРАСПОЛОЖЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ  
КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Р е з ю м е

При осушении низкорасположенных земель Колхидской низменности характер водотока-водоприемника не принимался во внимание. Между тем, эффект осушения зависит от величины водотока и тем он больше, чем многоводнее водоток-водоприемник.

Путем сопоставления двух противодействующих сил у сопряжения водотока с морем—силы волнения и силы течения воды—может быть получена зависимость, которая дает возможность с учетом характера водотока-водоприемника определить границу самотечного осушения низкорасположенных земель.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Самойлов. Устья рек. Географгиз, М., 1952.
2. В. П. Зенкович. Динамика и морфология морских берегов, ч. I, Волновые процессы. М., 1946.
3. В. А. Березкин. Динамика моря. Гидрометеиздат, Л., 1947.
4. Б. А. Попов. Об определении энергетической равнодействующей волнового режима. Труды Океанографической комиссии АН СССР, т. I, М., 1956.



ГОРНОЕ ДЕЛО

Ш. И. ОНИАНИ

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ ОТ  
ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫРАБОТКАХ  
ГЛУБОКИХ ШАХТ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. А. Дзидзигури 11.10.1965)

Окислительные процессы играют важную роль при формировании теплового режима глубоких шахт. Поэтому без предварительного определения тепловыделений от окислительных процессов невозможно решить задачу прогноза и регулирования теплового режима вентиляции глубоких горизонтов.

Вопросы, связанные с определением тепловыделений от окислительных процессов, изучены недостаточно глубоко. Попытки некоторых исследователей дать количественное решение поставленной задачи путем изучения химизма окисления угля и угольной пыли пока что не дали положительных результатов [1]. Поэтому в настоящее время единственно приемлемым методом определения тепловыделений от окислительных процессов является метод термометрии в действующих горных выработках.

Существует два метода определения тепловыделений от окислительных процессов:

1. В качестве опытного участка подбирается выработка без местных источников тепла с температурой стенок, равной температуре протекающего по выработке рудничного воздуха [2]. Так как тепловыделения от горных пород ( $Q_n$ ) и тепловыделения от местных источников тепла ( $Q_{м.п.}$ ) равны нулю, то уравнение теплового баланса принимает вид

$$G(i_2 - i_1) = Q_{0.п.}, \quad (1)$$

где

$G$ —весовое количество воздуха, протекающего по опытному участку;

$i_2$ —теплосодержание воздуха в конце опытного участка;

$i_1$ —то же в начале участка.

Тем самым поставленная задача решается сравнительно легко.

2. Тепловыделения от окислительных процессов определяются как разность общего теплоприращения вентиляционной струи на опытном участке без местных источников и тепловыделений от горных пород:

$$Q_{0-n} = G (i_2 - i_1) - Q_n. \quad (2)$$

Тепловыделение от горных пород определяется следующим образом. Измеряются температура поверхности выработки ( $t_{ct}$ ) и температура пород на глубине  $x$  ( $t_x$ ). Изменение температуры в пределах от  $t_{ct}$  до  $t_x$  принимается прямолинейным, если

$$t_x = 0,6 t_n + 0,4 t_b,$$

где

$t_n$ —температура неохлажденных пород;

$t_b$ —температура воздуха.

Затем определяются градиент температуры по формуле

$$\text{grad } t = \frac{t_x - t_{ct}}{x}, \quad (3)$$

плотность теплового потока от горных пород к воздуху

$$q_n = -\lambda \cdot \text{grad } t, \quad (4)$$

где  $\lambda$ —теплопроводность пород, и тепловыделения от горных пород на опытном участке [3, 4, 5]

$$Q_n = q_n \cdot U \cdot L, \quad (5)$$

где

$U$ —периметр;

$L$ —длина опытной выработки, м [3, 4, 5].

Исследования, проведенные А. М. Криворучко [6, 7, 8], показали, что общим недостатком изложенных выше методов является небрежение процессом массообмена между горным массивом и вентиляционной струей. Процесс испарения влаги в горных выработках принимается адиабатическим, при котором количество тепла, необходимое для поддержания процесса, снимается только лишь от воздуха. А. М. Криворучко удалось доказать, что тепло, необходимое для испарения влаги в глубоких шахтах, как правило, полностью отдается горными породами, а не воздухом. Иногда процесс испарения может частично идти и за счет теплоотдачи от рудничных вод.

Таким образом, эти методы дают заведомо завышенное значение тепловыделений от окислительных процессов.

Кроме того, практически очень трудно, а порой и невозможно выбрать опытный участок с равновесным тепловым состоянием между вентиляционной струей и окружающими выработку породами. Это затрудняет практическое применение первого метода.

Периодичность годового и суточного колебаний теплового режима вентиляционной струи предопределяет временное и пространственное



распределение температуры в породном массиве вокруг выработок в виде температурных волн. Поэтому теплообмен между породами и воздухом главным образом определяется градиентом температуры на поверхности стенки, а не приращением температуры в интервале от поверхности выработки до глубины  $x$ , что положено в основу второго метода.

Таким образом, существующие в настоящее время методы определения  $Q_{o-n}$  не учитывают все явления, участвующие в сложном процессе приращения теплосодержания рудничного воздуха в глубоких шахтах, и не могут обеспечить требуемой точности.

Нами предлагается следующая методика определения тепловыделений от окислительных процессов.

В качестве опытного участка выбирается прямая выработка с постоянным сечением и видом крепи, окруженная сравнительно однородными породами с известными теплофизическими свойствами, по возможности большой протяженности (длина не менее 100 м), без разветвлений и утечек рудничного воздуха и без местных источников тепла (найти выработку без местных источников тепла довольно трудно, однако можно рассчитать выделенное ими количество тепла и поэтому в дальнейшем принять, что эти источники отсутствуют).

Уравнение теплового баланса напишется следующим образом:

$$\Delta Q_v = G(i_2 - i_1) = Q_n + Q_{вл} + Q_{o-n}, \quad (6)$$

где

$\Delta Q_v$ —общее теплоприращение воздушной струи на опытном участке;  
 $Q_{вл}$ —количество тепла, переданного воздуху в виде скрытой теплоты испарения влаги.

Трудность решения уравнения (6) состоит в определении (с достаточной точностью) двух членов его правой части—тепловыделения от пород  $Q_n$  и теплоты испарения  $Q_{вл}$  (так как определение  $\Delta Q_v$  не представляет трудности).

Существующая измерительная техника не обеспечивает требуемой точности построения температурных полей вокруг выработок (погрешность измерения температуры составляет  $\pm 0,2 \div 0,3^\circ\text{C}$ ). Исходя из этого нами предлагается совместное применение нескольких способов определения тепловыделений от пород.

Тепловыделения от пород можно определить четырьмя путями.

а) В разных (не менее трех) сечениях опытного участка с помощью малоинерционного поверхностного электрического термометра производится измерение температуры поверхности стенок выработки по периметру и определяется осредненная температура всей теплоотдающей поверхности. Одновременно определяется средняя температура вентил-

ляционной струи в пределах опытного участка (путем измерения температуры воздуха в выбранных сечениях психрометрическим термометром с ценой деления  $0,1^{\circ}\text{C}$ ). Тогда искомое тепловыделение

$$Q_n = \alpha (t_{\text{ст.ср}} - t_{\text{в.ср}}) U \cdot L, \quad (7)$$

где

$\alpha$ —коэффициент теплоотдачи [2];

$t_{\text{ст.ср}}$  и  $t_{\text{в.ср}}$ —средненные температуры стенок выработки и воздуха.

б) С помощью малоинерционного тепломера [9] определяется средняя плотность теплового потока на поверхности стенок опытной выработки  $q_n$ . Тогда тепловыделение от горных пород можно найти по выражению

$$Q_n = q_n \cdot L \cdot U. \quad (8)$$

в) При изучении теплообменного процесса между породным массивом и вентиляционной струей искомой величиной является плотность теплового потока от пород к воздуху на разделяющей их границе. Эта плотность при известной теплопроводности пород полностью определяется градиентом температуры около поверхности стенки. Если рассматривать поверхность стенки как неограниченную пластинку бесконечно малой толщины, то можно утверждать, что отток тепла от поверхности этой пластинки к вентиляционной струе равен притоку тепла к этой пластинке из глубины горного массива (так называемые граничные условия третьего рода), т. е.

$$\alpha (t_{\text{ст}} - t_{\text{в}}) = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}, \quad (9)$$

откуда

$$-\frac{\partial t}{\partial n} = \frac{t_{\text{ст.}} - t_{\text{в.}}}{\frac{\lambda}{\alpha}} = \text{tg } \psi, \quad (10)$$

где

$n$ —нормаль к поверхности стенки;

$\psi$ —угол между касательной к кривой  $t_n$  в точке, лежащей на поверхности стенки, и осью абсцисс (рис. 1).

Таким образом, зная  $t_{\text{ст.}}$ ,  $t_{\text{в.}}$ ,  $\lambda$  и  $\alpha$ , можно определить градиент температуры около поверхности стенки и величину плотности теплового потока в том же месте.

г) Градиент температуры у поверхности стенок выработки, а следовательно, и плотность теплового потока определяются с помощью температурного поля вокруг выработки. Для построения этого темпе-



ратурного поля в начале и конце опытного участка бурятся шпуры по направлению нормали к стенкам, длиной 2—2,5 м. В них помещаются многоточечные штанговые электротермометры и производится измерение температуры пород на разных глубинах. Для каждой стенки строятся кривые изменения температуры пород с глубиной ( $t_n(x)$ ), проводятся касательные к ним в точках пересечения с поверхностью (рис. 2) и определяются градиенты и соответствующие им плотности тепловых потоков

$$q_n = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = -\lambda \operatorname{tg} \psi. \quad (11)$$

Совместным применением указанных выше способов определения тепловыделений от горных пород можно обеспечить нужную для расчетов точность.

Влагоприращение вентиляционной струи возможно вследствие влагообмена:

- а) с окружающими горными породами;
- б) с шахтной водой, протекающей по канаве;
- в) со смоченной или покрытой по всей ширине грязью почвой выработки.

Количественное определение массообмена вентиляционной струи с горными породами представ-

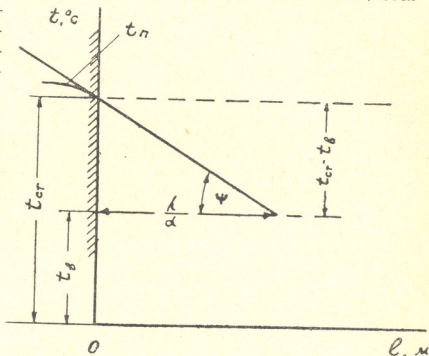


Рис. 1. Определение градиента температуры около поверхности стенки при помощи граничных условий третьего рода

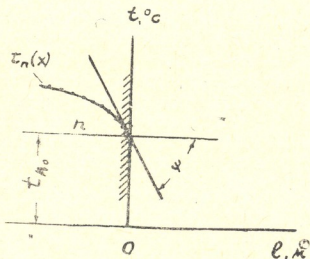


Рис. 2. Определение градиента температуры при помощи кривой  $t_n(x)$

ляет довольно трудную задачу, которую можно решить косвенным путем, если влаговыведение горного массива принять как разность между общим влагоприращением вентиляционной струи и влагоприращением вследствие массообмена с шахтной водой и грязной или мокрой почвой выработки.

При вынужденной конвекции можно считать справедливым предположение о подобии полей температур полям концентрации в пограничном слое, т. е. о подобии процессов теплоотдачи и испарения. Тогда скорость испарения со свободной поверхности воды можно определить с помощью выражения [10]

$$\frac{dM}{d\tau} = A \frac{\mu D \cdot H \cdot P_r^{1/3}}{RT_n} (P_{ж} - P_{в}), \quad (12)$$

где

$M$ —масса испарившейся влаги;

$\tau$ —время;

$A = k Re^n$ —безразмерная скорость испарения;

$Re$ —критерий Рейнольдса;

$k$  и  $n$ —табулированные при разных  $Re$  коэффициенты [10];

$\mu$ —молекулярный вес воды;

$D$ —коэффициент диффузии;

$H$ —ширина поверхности испарения;

$P_r = \frac{\nu}{D}$ —диффузионный критерий Прандтля;

$R$ —универсальная газовая постоянная;

$T_n$ —температура паровоздушной смеси в пограничном слое, °K;

$P_{ж}$ —давление насыщенных паров при температуре жидкости;

$P_{в}$ —то же при температуре воздуха.

При определении критерия Рейнольдса скорость  $v$  для шахтной воды равна сумме скоростей воздушного и водяного потоков  $v = v_{воз} + v_{воды}$ , а для мокрой почвы выработки— $v = v_{воз}$ .

Зная параметры воздуха и воды, можно определить источник теплоты (воздушный поток или вода) для испарения  $dM$  массы влаги.

Допустим, что  $\Delta d$ —общее приращение влагосодержания рудничного воздуха;  $\Delta d_n$ —приращение влагосодержания вследствие теплоотдачи горного массива;  $\Delta d_w$ —приращение влагосодержания из-за массообмена с шахтными водами.

Тогда

$$\Delta d_n = \Delta d - \Delta d_w = (d_2 - d_1) - \Delta d_w, \quad (13)$$

где

$$\Delta d_w = 100 \frac{dM}{d\tau} \cdot \frac{1}{G}, \quad (14)$$



$d_1$  и  $d_2$ —соответственно влагосодержание в начале и конце опытного участка.

Если испарение шахтной воды происходит за счет тепла воды (что имеет место в глубоких шахтах), то общая скрытая теплота испарения влаги, воспринятой воздухом в виде пара, на опытном участке определится выражением

$$Q_{\text{вл}} = \Delta d \cdot G \cdot r \cdot 10^{-3}, \quad (15)$$

где

$r$ —скрытая теплота испарения.

Если же тепло на испарение шахтной воды отдается воздухом, то

$$Q_{\text{вл}} = \Delta d_n \cdot G \cdot r \cdot 10^{-3}. \quad (16)$$

В данном случае  $Q_{\text{вл}}$  представляет собой количество тепла, отданного горными породами вентиляционной струе в виде скрытой теплоты испарения.

Тогда тепловыделение от окислительных процессов определится из выражения (6), а удельное тепловыделение от окислительных процессов

$$q_{\text{о.п}} = \frac{Q_{\text{о.п}}}{U \cdot L}.$$

Если в результате окислительных процессов образуется прогретая зона у поверхности стенок выработки (так называемый температурный барьер), температура которой выше первоначальной температуры пород, то все явное тепло, воспринятое рудничным воздухом в такой выработке, является теплом окислительных процессов (при отсутствии местных источников тепла) и решение задачи облегчается, так как в данном случае

$$Q_{\text{о.п.}} = \Delta Q_{\text{в}} - Q_{\text{вл}} = G (i_2 - i_1) - \Delta d \cdot G \cdot r \cdot 10^{-3}.$$

Академия наук Грузинской ССР

Институт горной механики,

разработки месторождений и

физики взрыва

Тбилиси

(Поступило в редакцию 11.10.1965)

შ. ონიანი

ღრმა შახტების სამთო გამონაჟშეფვრებში ჟანგვითი  
პროცესების შედეგად სითბოს გამოყოფის  
განსაზღვრის საკითხისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

მოცემულია ჟანგვითი პროცესების შედეგად სითბოს გამოყოფის განსაზღვრის არსებული მეთოდების კრიტიკული ანალიზი. განხილულია ღრმა შახტებში ჟანგვითი პროცესების შედეგად სითბოს გამოყოფის რაოდენობრივი განსაზღვრის ახალი მეთოდი, რომელიც, არსებულ მეთოდებთან განსხვავებით, მხედველობაში ღებულობს ქანებსა და მადაროს ჰაერს შორის მიმდინარე როგორც სითბოს, ისე მასის მიმოცვლის მოვლენებს და ამდენად უზრუნველყოფს საჭირო სიზუსტის შედეგების მიღებას.

ღაროფიბაული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Д. Карпухин, И. Л. Жилина. К вопросу о низкотемпературном окислении углей и пород. Труды Харьковского горного ин-та, XI, 1962.
2. А. Н. Щербань, И. О. Кремнев. Научные основы расчета и регулирования теплового режима глубоких шахт, т. I. Изд. АН УССР, Киев, 1959.
3. А. Ф. Воропаев, Ю. П. Лукьянов, А. М. Криворучко. Исследования тепловыделения от окислительных процессов в шахтах Донбасса. Труды семинара по горной теплотехнике, вып. 4, изд. АН УССР, Киев, 1962.
4. А. Ф. Воропаев, Ю. П. Лукьянов, В. А. Маркелов. Тепловой эффект окислительных процессов в подготовительных выработках. Изв. вузов, Горный журнал, 12, 1962.
5. Ю. П. Лукьянов. Исследование тепловыделений от окислительных процессов в шахтах Донбасса. Труды Харьковского горного ин-та, XI, 1962.
6. А. М. Криворучко. Роль горного массива в изменении влажности воздуха в выработках глубоких шахт. Работы ДонУГИ, сб. 29, Госгортехиздат, М., 1963.
7. А. М. Криворучко, А. В. Коновалова. Характер изменения влажности породного массива по глубине в Донецко-Макеевском районе Донбасса. Вопросы технологии добычи угля и совершенствования горного хозяйства шахт Донбасса, сб. № 33, ДонУГИ, изд. „Недра“, 1964.
8. А. М. Криворучко. Тепловой баланс выработки в глубоких шахтах Донбасса. Вопросы технологии добычи угля и совершенствования горного хозяйства шахт Донбасса, сб. № 33, ДонУГИ, изд. „Недра“, 1964.
9. И. Я. Залкинд, И. М. Кормер, А. В. Ананьин. Малоинерционный тепломер ОРГРЭС. Теплоэнергетика, 7, 1960.
10. А. Н. Лыков. Теория сушки. Госэнергоиздат, М.—Л., 1950.



МАШИНОВЕДЕНИЕ

Р. Р. ДВАЛИ (академик АН ГССР), Б. С. ФАЛЬКЕВИЧ,  
 И. В. МАТИКАШВИЛИ, Н. В. ГУЛИА

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ТОРМОЖЕНИЯ  
 ДЛЯ РАЗГОНА АВТОМОБИЛЯ

В процессе торможения автомобиля его кинетическая (или потенциальная) энергия расходуется на трение в тормозах и шин о дорогу, а также на преодоление сопротивления движению в соотношении, зависящем от режима торможения.

При обычной в эксплуатации средней интенсивности торможения, характеризующей замедлением в 1—2 м/сек<sup>2</sup>, основная часть кинетической энергии превращается в работу трения в тормозах и рассеивается в виде тепла.

В отличие от энергии, затрачиваемой на преодоление сопротивления движению и на скольжение шин, энергию, теряемую в тормозах, можно в значительной мере сохранить (рекуперировать) и использовать для следующего разгона автомобиля.

Рекуперация энергии при торможении автомобиля может существенно снизить расход топлива [1] и износ тормозов, а также уменьшить загрязнение воздуха выхлопными газами.

Для сохранения кинетической энергии автомобиля при торможении и ее использования во время разгона были предложены различные конструкции инерционных рекуператоров с маховиком в качестве аккумулятора энергии [2, 3].

Однако рекуперация энергии может быть достаточно эффективной только тогда, когда привод, соединяющий трансмиссию автомобиля и маховик, позволяет ему увеличивать свою угловую скорость при снижении скорости автомобиля в процессе торможения и, наоборот, разгонять автомобиль с затратой кинетической энергии маховика, т. е. при возможности изменения передаточного числа привода в широких пределах.

Оптимальные результаты, очевидно, получаются в случае бесступенчатости регулирования передаточного числа между трансмиссией автомобиля и маховиком.

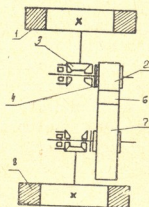


Рис. 1

Кроме того, привод должен обладать достаточно высоким к. п. д., так как в противном случае экономический эффект рекуперации может оказаться малым или вообще отсутствовать.

Кинетическая энергия автомобиля должна быть поглощена в течение короткого времени, вследствие чего передаваемая приводом мощность оказывается весьма значительной (обычно гораздо больше мощности двигателя) и может потребовать увеличения его размеров и веса.

Все эти требования создают большие трудности, а существующие конструкции привода пока не обеспечивают хороших результатов.

В связи с этим возникла необходимость создания специального типа бесступенчатого привода, пригодного для эффективной работы в указанных условиях.

Исходя из того, что процессы торможения и разгона автомобиля являются дискретными и достаточно непродолжительными, в качестве привода к замедлителю-рекуператору был предложен дискретный вариатор ленточного типа [4].

Принципиальная кинематическая схема вариатора представлена на рис. 1. Маховик 1 соединен с барабаном 2 посредством реверса, составленного из конических шестерен 3, фрикционной муфты 4 и автолога или храповика 5. На барабан 2 навита стальная лента 6, переходящая на следующий барабан 7. Тормозимый автомобиль представлен в виде маховика 8, соединенного с барабаном 7 посредством аналогичного реверса, причем здесь автолог или храповик срабатывает при вращении в противоположном направлении.

Для срабатывания механизма включается фрикционная муфта того реверса, который соединяет вращающийся маховик с барабаном вариатора. При этом диаметр намотки ленты на этот барабан минимален.

В процессе перемотки ленты происходят торможение вращающегося маховика и разгон покоившегося. После перемотки всей ленты, когда угловая скорость маховика достигает максимального значения, фрикционная муфта автоматически выключается и весь механизм стопорится. Разогнанный маховик свободно вращается благодаря клапанному свойству автолога.

Последующий процесс обмена энергией маховиков производится аналогично.

Передаточное отношение вариатора зависит от соотношения диаметров намотки ленты на барабанах 2 и 7.

Для проверки принципа действия дискретного вариатора в качестве привода к рекуперативному замедлителю была изготовлена и испытана модель, соответствующая схеме на рис. 1, имеющая следующие параметры: диаметр маховиков—0,4 м; вес каждого маховика—10 кг; максимальная скорость вращения—1500 об/мин; соотношение диаметров

максимального и минимального мотков ленты—7,5; сечение ленты— $35 \times 0,16$  мм.

Согласно экспериментальным данным, полученным на модели, составлен график изменения передаточного числа от пути торможения (числа оборотов маховика), который приведен на рис. 2.

К. п. д. ленточного механизма вариатора был равен 0,97. Ввиду того что вариатор работает в режиме как повышающей, так и понижающей передачи, диапазон его варьирования равен

$$D = i_{\text{пов}} i_{\text{пони}} = i_{\text{макс}}^2, \quad (1)$$

где

$i_{\text{пони}}$  и  $i_{\text{пов}}$ —соответственно максимальные понижающее и повышающее передаточные числа вариатора, обычно равные друг другу и обозначенные  $i_{\text{макс}}$ .

Исходя из кинематической схемы, суммарная кинетическая энергия системы равна

$$E_{\Sigma} = \frac{I \omega_1^2}{2} + \frac{I i^2 \omega_1^2}{2}, \quad (2)$$

где

$I$ —момент инерции маховика (для простоты принимается одинаковым для обоих маховиков);

$\omega_1$ —угловая скорость тормозимого маховика;

$i$ —текущее передаточное число вариатора.

Обозначая кинетическую энергию тормозимого маховика  $\frac{I \omega_1^2}{2} = E_1$

и принимая, что в конце торможения передаточное число вариатора равно  $i_{\text{макс}}$ , с учетом выражения (1) имеем

$$E_{\Sigma} = E_1 + D E_1. \quad (3)$$

Здесь член  $D E_1$  представляет собой значение кинетической энергии, накопленной разгоняемым маховиком в конце процесса разгона.

Из выражения (3) имеем

$$E_1 = \frac{E_{\Sigma}}{D + 1}. \quad (4)$$

На основе формулы (4) кинетическая энергия, накопленная маховиком, равна

$$E = E_{\Sigma} \frac{D}{D + 1}. \quad (5)$$

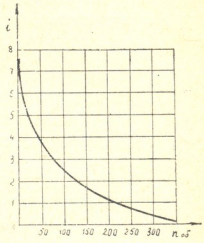


Рис. 2

Коэффициент, зависящий от кинематических потерь рекуператора в процессе торможения, равен

$$\eta_k' = \frac{E}{E_s} = \frac{D}{D+1}. \quad (6)$$

Исходя из того, что процесс разгона автомобиля рекуператором принципиально не отличается от процесса торможения, к. п. д. рекуператора при разгоне также определяется выражением (6). Стало быть, указанный коэффициент в процессе торможения-разгона равен

$$\eta_k = \left(\frac{E}{E_s}\right)^2 = \left(\frac{D}{D+1}\right)^2. \quad (7)$$

Согласно имеющимся данным [3], существующие конструкции инерционных аккумуляторов, применяемые для этой цели, расходуют полный запас кинетической энергии на свободное вращение за 10—12 часов.

Принимая характер изменения скорости маховика при свободном вращении приближенно пропорциональным характеру изменения скорости при рекуперативном торможении, определяем к. п. д. инерционного аккумулятора:

$$\eta_a = \frac{E_a - E_n}{E_a} = 1 - \frac{E_n}{E_a} = 1 - \frac{kt}{kT} = 1 - \frac{t}{T}, \quad (8)$$

где

$E_a$ —полная энергия аккумулятора;

$E_n$ —энергия, потерянная на свободное вращение маховика;

$t$ —продолжительность вращения маховика в цикле рекуперативного торможения-разгона;

$T$ —продолжительность свободного вращения маховика до остановки.

Общий к. п. д. рекуперативного торможения автомобиля можно приближенно представить следующим образом:

$$\eta_{p-\tau} = \eta_k \eta_v \eta_a \eta_{тр} \eta_f \eta_{возд}, \quad (9)$$

где

$\eta_v$ —к. п. д. вариатора;

$\eta_{тр}$ —к. п. д. трансмиссии автомобиля от вариатора до ведущих колес;

$\eta_f$ —коэффициент, зависящий от потерь на качение колес;

$\eta_{возд}$ —коэффициент, зависящий от аэродинамических потерь автомобиля.

Подставляя в выражение (9) значения компонентов и используя известные зависимости [5], получаем развернутую формулу для определения к. п. д. рекуперативного торможения. Потерями на скольжение шин при нерезком торможении, ввиду их незначительности (около 2%), пренебрегаем:

$$\eta_{p-t} = \frac{D^2}{(D+1)^2} \left(1 - \frac{t}{T}\right) \frac{G_{max}^2 - 2gS(Gf + kFv_{cp}^2)}{Gv_{max}^2} \eta_b \eta_{тр} \quad (10)$$

где

- $G$ —вес автомобиля;
- $S$ —путь торможения и разгона;
- $f$ —коэффициент сопротивления качению колеса;
- $k$ —коэффициент сопротивления воздуха;

$v_{max}$  и  $v_{cp}$ —соответственно максимальная и средняя скорости автомобиля в процессе торможения-разгона;

$F$ —площадь миделевого сечения автомобиля.

Оптимальный характер рекуперативного торможения автомобиля может быть predetermined в зависимости от конкретных требований: минимального пути торможения, плавности торможения, максимального к. п. д. рекуперативного торможения и т. д. Сообразно этому определяются параметры вариатора и маховика.

С целью анализа параметров рекуперативного торможения был проведен расчет его к. п. д. применительно к городскому автобусу со следующими исходными данными:  $D = 56$ ;  $G = 10$ ;  $v_{max} = 40$  км/час;  $v_{cp} = 20$  км/час;  $S = 80$  м;  $f = 0,015$ ;  $k = 0,025$ ;  $F = 4$  м<sup>2</sup>;  $\eta_a = 0,97$ ;  $\eta_{тр} = 0,97$ ;  $T = 600$  мин;  $t = 1$  мин.

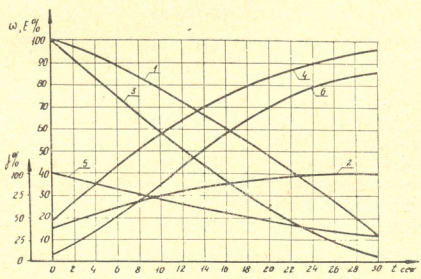


Рис. 3

К. п. д. рекуперативного торможения для этих данных по формуле (10) равен 0,73.

Исходя из этого, вышеупомянутой модели были заданы соответствующие величины статических и динамических сопротивлений, в результате чего общий к. п. д. ее также был равен 0,73.

Экспериментальные зависимости изменения (в %) угловой скорости колес  $\omega$ , ускорения  $j$  и кинетической энергии автомобиля  $E$ , тормозимого и разгоняемого рекуператором, полученные на модели, представлены на рис. 3, соответственно кривыми 1, 2, 3 и 4, 5, 6.

Из приведенного следует, что разогнанный рекуператором автобус достигает скорости, соответствующей 85% скорости перед торможением.

Эффективная работа рекуператора на автомобиле требует специальной системы управления. Здесь целесообразно применение системы управления, основанной на логическом принципе [6].

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт механики машин и полимерных материалов

(Поступило в редакцию 15.6.1966)

#### მანქანათმშენობლა

რ. დვალი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), ბ. ფალკევიჩი,  
 ი. მათიკაშვილი, ნ. ჯულია

### დამუხრუჭების დროს გამოყოფილი ენერჯიის გამოყენება ავტომობილის ბაჰანებისას

რეზიუმე

დამუხრუჭების დროს ავტომობილის კინეტიკური ენერჯიის მნიშვნელოვანი ნაწილი იხარჯება ხუნდების არასასურველ გახურებაზე. ამ ენერჯიის რეკუპერირების თეორიული და ექსპერიმენტული ანალიზი ნათელყოფს მისი გამოყენების მიზანშეწონილობას ავტომობილის შემდგომი გაქანებისათვის. შრომაში მოცემულია რეკუპერატორის პრინციპული სქემა. ეს რეკუპერატორი შესაძლებლობას იძლევა მკვეთრად გაიზარდოს ავტომობილების დინამიურობისა და ეკონომიურობის მაჩვენებლები. ამაზე მეტყველებს თეორიულად განსაზღვრული და ექსპერიმენტული მაკეტის გამოცდით შემოწმებული მისი მარტივი ქმედების კოეფიციენტი; აგრეთვე ავტომობილის დამუხრუჭებისა და გაქანების დამახასიათებელი მრუდები, აგებული იმავე გამოცდის შედეგების მიხედვით.

#### დამოწმებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. К. Куликов. Использование энергии торможения для повышения экономических и динамических свойств автомобиля. Автомобильная и тракторная промышленность, № 1, 1951.
2. Absorbed Braking Force Aids Acceleration. The Commercial Motor, Oct., 6, 1961, 323.
3. Le Génie Civil, Le Gyrobus et le Gyrotracteur, 1952, Janvier, 1, № 1, 1—5.
4. Н. В. Гулия. Рекуперативный тормоз, а. с. № 171607.
5. Б. С. Фалькевич. Теория автомобиля. Машиностроение, 1965.
6. Р. Р. Двали. Исследования по теории автомобиля. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1961.



МЕТАЛЛУРГИЯ

Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик АН ГССР), Н. А. ЕНУКИДЗЕ

АНТИФРИКЦИОННЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
 НОВОГО АНТИФРИКЦИОННОГО ЧУГУНА «ТАВЕН»

На изготовление червячных венцов и подшипников скольжения для узлов трения ответственного назначения наша промышленность расходует большое количество дорогостоящих и дефицитных цветных металлов — оловянистых, свинцовых и других марок бронз и баббитов.

Поэтому изыскание дешевых и недефицитных заменителей антифрикционных цветных металлов имеет большое народнохозяйственное значение.

На пути создания заменителей остродефицитных цветных металлов, в основном для изготовления владышей подшипников, был разработан целый ряд антифрикционных сплавов на железографитовой основе.

Проведено значительное количество научно-исследовательских работ в области изыскания надежно работающих антифрикционных чугунов, однако все они дали пока лишь частичное решение вопроса. Все предложенные антифрикционные чугуны имеют один общий недостаток: они способны работать лишь при весьма ограниченных удельных давлениях и окружных скоростях, при обильной смазке и спокойной нагрузке.

Подшипники, изготовленные из существующих антифрикционных чугунов, как правило, не выдерживают высокой динамической нагрузки: одни из них при динамической нагрузке выводят из строя шейки валов, другие разрушаются сами.

На основе длительных исследований и испытаний в Грузинском институте металлургии нами разработан новый высокофосфористый антифрикционный чугун с шаровидным графитом под названием «Тавен».

Новый антифрикционный чугун «Тавен» благодаря способу микроструктуре, малому коэффициенту трения и вязкости обладает легкой и хорошей прирабатываемостью, позволяет допускать большие удельные давления и повышение окружной скорости, обеспечивая при этом высокую износостойкость.

Основная характеристика нового антифрикционного чугуна по сравнению с существующими материалами дается в таблице.

Антифрикционный чугун «Тавен» уже опробован в моторно-осевых и компрессорных подшипниках трамвайного вагона типа «Х» Управления пассажирского транспорта г. Тбилиси. В результате испытания выявлены его отличные эксплуатационные свойства.

На основе полученных данных антифрикционный чугун «Тавен» можно успешно применять в подшипниках скольжения различных машин и механизмов при средних и повышенных нагрузках и в средне-нагруженных червячных передачах, вместо дефицитных цветных металлов в машиностроительной, станкостроительной, судостроительной,

Основные свойства антифрикционного чугуна „Тавен“ по сравнению с существующими материалами

Основные свойства	Новый антифрикционный чугун „Тавен“	Существующий ферритный антифрикционный чугун	Бронза ОЦС 5—5—5		Бронза ОФ 10—1	
			по литературным данным	по нашим исследованиям	по литературным данным	по нашим исследованиям
Предел прочности на растяжение, кг/мм <sup>2</sup>	38,0	15,8	15—22	—	20—35	—
Относительное удлинение, %	2,8	0,0	4—12	—	3—10	—
Ударная вязкость при 20°C (без надреза), кгм/см <sup>2</sup>	1,0	0,0	2—3	—	0,6—0,9	—
Ударная вязкость при 20°C (с надрезом), кгм/см <sup>2</sup>	0,30	0,0	—	—	—	—
Твердость по Бринелю, кг/мм <sup>2</sup>	180	150	60—70	66	80—120	87
Коэффициент линейного расширения, 10 <sup>-6</sup> (20 — 260°)	17,55	—	17—18	—	17—19	—
Коэффициент трения со смазкой при нагрузке 75 кг/см <sup>2</sup>	0,009	—	0,009	0,01	0,008	0,009
Коэффициент трения без смазки при нагрузке 8 кг/см <sup>2</sup>	0,24	—	—	0,28	—	0,26
Износ со смазкой при нагрузке 75 кг/см <sup>2</sup> , мг/см <sup>2</sup> ·км	0,2	—	—	16,1	—	8,4
Износ без смазки при нагрузке 8 кг/см <sup>2</sup> , мг/см <sup>3</sup> ·км	1,8	—	—	9,4	—	4,1
Износ стали со смазкой при нагрузке 75 кг/см <sup>2</sup> , мг <sup>2</sup> ·см <sup>2</sup> ·км	0,01	—	—	0,012	—	0,014
Износ стали без смазки при нагрузке 8 кг/см <sup>2</sup> , мг/см <sup>2</sup> ·км	0,03	—	—	0,046	—	0,032
Максимальная температура приработки при 51,7 кг/см <sup>2</sup> , °C	57	—	—	—	—	98
Допустимая удельная нагрузка, кг/см <sup>2</sup>	150	25	50	—	150	—
Допустимая окружная скорость, м/сек	6—8	2	3	—	3	—
Произведение p·v, кгм/см <sup>2</sup> ·сек	250	25—30	100	—	200	—

транспортной, металлургической, сельскохозяйственной и других отраслях промышленности.

Грузинский институт металлургии

(Поступило в редакцию 27.12.1965)

მეტალურგია

ფ. თავაძემ (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), ნ. ენუკიძემ ახალი ანტიფრიქციული თუჯის „თავენის“ მექანიკური თვისებები

რეზიუმე

შესწავლილია ახალი ანტიფრიქციული თუჯის „თავენის“ ძირითადი მექანიკური და ანტიფრიქციული თვისებები. მისი თვისებები შედარებულია არსებული ანტიფრიქციული მასალების თვისებებთან. გამოვლინებულია ახალი ანტიფრიქციული თუჯის უპირატესი გამოყენების პერსპექტივა, ფერადი დეფიციტური შენადნების გამოყენებასთან შედარებით, მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში.





МЕТАЛЛУРГИЯ

Т. А. ЧУБИНИДЗЕ, М. А. КЕКЕЛИДЗЕ

ВЯЗКОСТЬ И УДЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ РАСПЛАВОВ СИСТЕМЫ ЗАКИСЬ МАРГАНЦА-ОКИСЬ КАЛЬЦИЯ-КРЕМНЕЗЕМ ПРИ 10% ГЛИНОЗЕМА

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 28.4.1966)

Известно, что важными факторами, влияющими на интенсификацию электроплавки силикомарганца, являются вязкость и электропроводность конечных шлаков. Однако в литературе отсутствуют данные по экспериментальному определению этих свойств. Для восполнения этого пробела нами были изучены вязкость и электропроводность расплавов системы закись марганца-окись кальция-кремнезем при 10% глинозема, по составу близких шлакам, получаемым в производстве силикомарганца.

Поскольку при электроплавке силикомарганца вязкость и электропроводность шлаков являются одновременно действующими факторами, их совместное определение должно обеспечить более полное представление о существе явлений.

В связи с этим нами разработана установка для одновременного измерения вязкости и электропроводности шлаковых расплавов, схема которой приведена на рис. 1.

Принцип работы вискозиметра основывается на затухании вынужденных колебаний тела в исследуемой вязкой среде.

Как видно из принципиальной схемы (рис. 1), ток от сети через стабилизатор напряжения (2) и звуковой генератор ГЗ-18 подается на катушку вибратора (15) с частотой, равной частоте вибрирующих частей системы.

Прохождение тока резонансной частоты в обмотке вибратора создает переменное магнитное поле и вызывает вибрацию дисков (16), укрепленных на плоских пружинах (12). Прохождение постоянного тока в обмотке датчика создает постоянное магнитное поле, взаимодействие которого с системой вибрирующих частей вызывает появление переменного тока в обмотке датчика. Этот ток трансформируется (23), выпрямляется (24) и измеряется микроамперметром ЛМ (25). Величина возникающего переменного тока зависит от амплитуды колебания шпинделя и обратно пропорциональна вязкости исследуемой среды. Калибровку вискозиметра проводили по касторовому маслу и водным раствором глицерина при двух глубинах погружения шпинделя—20 и 10 мм.

Суммарная ошибка в измерении вязкости составляла 5%.

Схема измерения электропроводности состоит из мостика Кольрауша, в котором четвертым плечом является исследуемая жидкость. Для

устранения поляризационного эффекта питание моста осуществляется от генератора звуковой частоты — с частотой 1500 периодов в секунду.  $R_1$  и  $R_2$ —постоянные сопротивления (см. рис. 1). Для регулирования при-

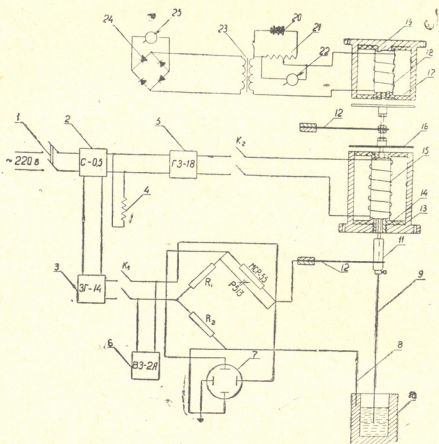


Рис. 1 Схема установки для одновременного измерения вязкости и электропроводности шлаковых расплавов.

1—рубильник, 2—стабилизатор напряжения, 3—звуковой генератор ЗГ-14, 4—догрузка стабилизатора до номинальной мощности, 5—звуковой генератор ГЗ-18, 6—ламповый вольтметр ВЗ-2А, 7—импульсный синхроскоп типа СИ-1, 8—электрод, 9—шпindel (центральный электрод), 10—молибденовый тигель, 11—тефлон для изоляции, 12—плоские пружины, 13—корпус вибратора, 14, 17—катушки из эбонита, 15—обмотка катушки переменного тока, 16—диски, 18—аккумулятор, 21—регулирующий реостат, 22—вольтметр постоянного тока, 23—трансформатор, 24—выпрямитель Д7Ж, 25—микроамперметр ЛМ,  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ —тумблеры,  $R_1$  и  $R_2$ —сопротивления, МСР-55—магазин сопротивления, Р513—магазин емкостей

меняется магазин сопротивления МСР-55 с пределом измерения от 0,01 до 11000 ом, к которому параллельно присоединен магазин емкостей Р513. Нуль-индикатором служит импульсный синхроскоп типа СИ-1. Вся измерительная система тщательно экранирована и заземлена.

Постоянную измерительной ячейки определяли как по 0,1 N раствору KCl при 20°C удельной электропроводностью 0,01167 ом<sup>-1</sup>.см<sup>-1</sup> [1], так и по формуле, предложенной в работе [2].

Сопrotивление расплавов измеряли при двух глубинах погружения центрального электрода—20 и 10 мм. Точность измерений электропроводности оценивается в 6%.

Химические анализы проб шлаков, взятых до и после измерения вязкости и электропроводности, показали небольшие отклонения от расчетных составов, поэтому при обработке результатов измерений за основу был принят расчетный химический состав изучаемых шлаков, приведенный в табл. 1. Шлаки сгруппированы по одинаковому содержанию закиси марганца: в первой группе — 20%, во второй — 15%, в третьей 10%, четвертой — 5%.

Таблица 1

Расчетный химический состав исследованных шлаков

Группа	№ шлаков	Состав, вес. %				CaO SiO <sub>2</sub>	Группа	№ шлаков	Состав, вес. %				CaO SiO <sub>2</sub>
		MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
I	1	20	20	50	10	0,40	III	9	10	30	50	10	0,60
	2	20	25	45	10	0,55		10	10	35	45	10	0,77
	3	20	30	40	10	0,75		11	10	40	40	10	1,00
	4	20	35	35	10	1,00		12	10	45	35	10	1,28
II	5	15	25	50	10	0,50	IV	13	5	35	50	10	0,70
	6	15	30	45	10	0,65		14	5	40	45	10	0,88
	7	15	35	40	10	0,87		15	5	45	40	10	1,12
	8	15	40	35	10	1,14		16	5	50	35	10	1,43

Плавки проводились в молибденовом тигле с наружным диаметром 40 мм, внутренним 25 мм, высотой 70 мм, глубиной 60 мм. Температура измерялась вольфрам-рениевой термопарой.

Измерение вязкости и удельной электропроводности производили следующим образом: предварительно подготовленный шлак (сплавление чистых окислов марки ЧДА и затем измельчение) засыпали в тигель с таким расчетом, чтобы после расплавления высота шлакового столба в нем была равна 40 мм. Тигель вставляли в магнетитовый стакан и помещали в печь. Для измерения электропроводности одним электродом служил шпindel вискозиметра диаметром 2 мм. Второй электрод с диаметром 3 мм вставляли в гнездо, высверленное в стенке молибденового тигля.

После нагрева печи до нужной температуры (1700°C) шлак перемешивали молибденовым прутом и выдерживали его при этой температуре 20 мин. До начала опытов измерительную головку прибора приближали к шлаковому расплаву (на расстояние 5 мм). Регулированием частоты тока, подаваемого к вибратору с помощью звукового генератора, добивались резонансного колебания вибрирующей системы (показание прибора в это время максимальное). Затем шпindel погружали в шлак на 20 мм.

Точное погружение шпинделя осуществляли нониусом штангеля с точностью 0,1 мм, прикрепленным на движущейся части прибора. При касании шпинделя к поверхности шлака регистрировали или импульсным синхронископом, или ламповым вольтметром. Измерение вязкости и удельной электропроводности производили при охлаждении расплава со скоростью 3—4 град/мин.

После окончания опыта расплав высасывался из тигля через кварцевую трубку, подсоединенную к насосу. Показатели вязкости и электропроводности изученных шлаков при различных температурах представлены соответственно в табл. 2 и 3.

Таблица 2

№ шлаков	Показатели вязкости исследованных шлаков										
	Вязкость, н. сек. м <sup>-2</sup> , при температуре, °С										
	1709	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250	1200
1	0,14	0,16	0,20	0,26	0,32	0,45	0,59	0,82	1,30	1,60	2,55
2	0,12	0,13	0,15	0,19	0,24	0,39	0,48	0,86	1,25	1,85	2,85
3	0,10	0,11	0,12	0,16	0,20	0,32	0,50	0,89	1,40	2,40	3,25
4	0,09	0,10	0,11	0,14	0,18	0,48	0,69	1,08	2,00	5,20	—
5	0,12	0,14	0,21	0,23	0,31	0,42	0,63	1,04	1,78	2,55	3,50
6	0,11	0,12	0,14	0,19	0,28	0,42	0,62	1,00	1,72	2,80	3,77
7	0,09	0,10	0,12	0,17	0,28	0,49	0,68	1,07	1,85	3,18	4,30
8	0,09	0,09	0,11	0,14	0,28	0,53	0,78	1,17	1,93	5,45	—
9	0,11	0,13	0,19	0,25	0,35	0,49	0,69	1,27	1,98	3,32	4,90
10	0,10	0,11	0,14	0,20	0,32	0,45	0,67	1,40	2,18	3,67	5,20
11	0,09	0,09	0,11	0,17	0,32	0,52	0,81	1,47	2,45	3,92	—
12	0,08	0,09	0,10	0,13	0,31	0,58	0,94	2,00	5,80	—	—
13	0,11	0,11	0,16	0,29	0,40	0,51	0,74	0,93	1,28	2,60	4,90
14	0,09	0,10	0,13	0,26	0,35	0,49	0,78	1,42	2,16	3,58	—
15	0,08	0,08	0,10	0,22	0,33	0,56	0,97	1,75	2,82	5,95	—
16	0,06	0,07	0,09	0,20	0,33	0,63	1,58	6,50	—	—	—

Таблица 3

№ шлаков	Показатели удельной электропроводности исследованных шлаков									
	Удельная электропроводность, ом <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup> , при температуре, °Р									
	1700	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250
1	142,9	121,9	89,0	72,1	48,5	33,8	22,2	12,5	7,9	4,7
2	153,8	130,7	92,7	77,6	50,0	35,3	22,2	13,0	9,1	5,3
3	160,0	135,3	94,1	81,1	52,6	41,4	24,3	18,2	13,0	6,5
4	166,2	139,8	100,0	83,3	66,6	40,0	26,7	16,6	8,0	—
5	112,9	84,5	57,5	39,8	28,2	17,8	13,5	8,2	6,0	3,3
6	118,2	86,6	63,5	47,6	31,4	18,1	14,3	8,3	5,8	3,2
7	121,0	94,0	65,3	55,0	33,3	21,2	14,9	9,5	6,6	3,3
8	123,5	94,0	70,0	60,0	35,7	27,1	15,3	10,0	5,9	—
9	84,5	65,5	50,7	35,7	23,2	16,7	10,2	7,4	4,2	2,5
10	89,0	71,6	52,7	37,7	26,3	17,1	11,0	6,9	3,7	2,0
11	95,7	81,9	60,0	47,7	31,6	21,5	12,3	7,14	3,4	—
12	100,0	84,3	63,0	51,7	33,0	22,7	13,7	7,8	—	—
13	71,8	52,9	36,6	24,5	18,5	11,1	8,5	5,2	3,6	2,1
14	74,8	55,0	40,3	25,5	19,4	12,5	9,5	5,1	2,8	1,7
15	76,6	56,8	43,0	31,8	22,0	16,6	9,0	4,6	2,8	—
16	83,4	61,8	44,0	32,6	23,0	10,6	6,6	—	—	—



Полученные результаты исследования позволили построить псевдотройные диаграммы, выражающие изменение вязкости и электропроводности шлаков с постоянным содержанием глинозема (10%) в зависимости от содержания в них  $MnO$ ,  $CaO$  и  $SiO_2$ . Диаграммы построены для температур 1600 и 1500°C (рис. 2). Точки равной вязкости соединены сплошными линиями (изокомы), пунктиром показаны линии равной электропроводности (изоэлектропроводности). Цифры на изокомах — вязкость, н. сек.  $m^{-2}$ , а на линии изоэлектропроводности — электропроводность,  $om^{-1} m^{-1}$ .

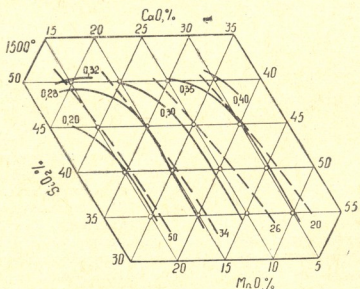
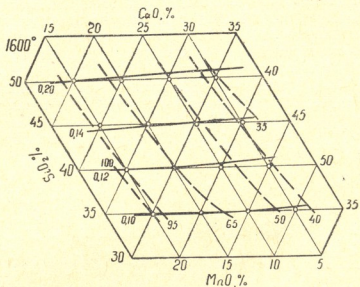


Рис. 2. Вязкость и удельная электропроводность шлаков системы  $MnO-CaO-SiO_2$  при 10%  $Al_2O_3$  для 1600° и 1500°C. (Цифры на сплошных линиях—вязкость, н. сек.  $m^{-2}$ , на пунктирных линиях—электропроводность,  $om^{-1} m^{-1}$ )

Из рассмотрения диаграммы видно, что в исследуемых пределах по мере повышения содержания окиси кальция за счет кремнезема при постоянном содержании закиси марганца вязкость шлаков уменьшается, а электропроводность увеличивается. Так, например, шлак с содержанием закиси марганца 20% и основностью 0,4 при 1500°C имеет вязкость 0,32 н. сек. м<sup>-2</sup> и электропроводность 48,5 ом<sup>-1</sup>м<sup>-1</sup>. Увеличение основности до 1,0 понижает его вязкость до 0,18 н. сек. м<sup>-2</sup> т. е. на 44% и повышает электропроводность до 66,6 ом<sup>-1</sup> м<sup>-1</sup>, т. е. на 14%.

Замена закиси марганца на окись кальция при 1600°C приводит к незначительному понижению вязкости, а при 1500°C, наоборот, вызывает его повышение. Такая замена сильно влияет на электропроводность в сторону его уменьшения. Например, шлак с содержанием закиси марганца 20% и кремнезема 35% при температурах 1600 и 1500°C имеет вязкость 0,11 и 0,18 н. сек. м<sup>-2</sup> и электропроводность 100,0 и 66,6 ом<sup>-1</sup>м<sup>-1</sup> соответственно. Замещение закиси марганца окисью кальция до 5% MnO при неизменном содержании кремнезема (35%) приводит к уменьшению вязкости при 1600°C на 18% и увеличению вязкости на 46% при 1500°C. Электропроводность для этих температур соответственно уменьшается на 56% и 65,5%.

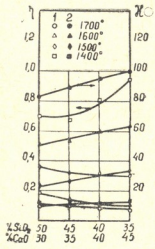


Рис. 3. Влияние замены кремнезема окисью кальция на вязкость,  $\eta$ , н. сек. м<sup>-2</sup>, (1) и на удельную электропроводность,  $\chi$ , ом<sup>-1</sup> м<sup>-1</sup>, (2) шлаков при различных температурах (содержание закиси марганца—10%, глинозема—10%)

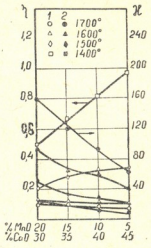


Рис. 4. Влияние замены закиси марганца окисью кальция на вязкость,  $\eta$ , н. сек. м<sup>-2</sup>, (1) и на удельную электропроводность,  $\chi$ , ом<sup>-1</sup> м<sup>-1</sup>, (2) шлаков при различных температурах (содержание кремнезема—40%, глинозема—10%)

Для выявления влияния изменения соотношения компонентов на вязкость и электропроводность в системе MnO-CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> были построены изотермы вязкости и электропроводности для температур 1700, 1600, 1500 и 1400°C.

Анализируя данные рис. 3, видим, что замена кремнезема окисью кальция при постоянном содержании закиси марганца 10% и глинозема 10% при температурах 1700, 1600, 1500°С вызывает уменьшение вязкости и увеличение удельной электропроводности. Понижение вязкости, вероятно, обусловлено повышением количества атомов кислорода в расплаве, т. е. разукрупнением кремнекислородных комплексов. Повышение электропроводности, очевидно, объясняется возрастанием в шлаке доли подвижных ионов  $\text{Ca}^{2+}$ .

При температуре 1400°С некоторое понижение вязкости замечается до основности 0,77. Дальнейшее увеличение концентрации окиси кальция вызывает резкое повышение вязкости, что, очевидно, является следствием повышения температуры ликвидуса шлаков.

Кривые, приведенные на рис. 4, иллюстрируют влияние замены закиси марганца окисью кальция на вязкости и электропроводности шлаков при 10% глинозема и 40% кремнезема.

Как видно из рис. 4 при температурах 1700 и 1600°С увеличение содержания окиси кальция и соответственно понижение закиси марганца от 20 до 5% приводит к уменьшению вязкости. Это, наверно, является следствием разности ионных радиусов марганца ( $r_{\text{Mn}^{2+}} = 0,80 \text{ \AA}$ ) и кальция ( $r_{\text{Ca}^{2+}} = 0,99 \text{ \AA}$ ) [3].

Известно, что при одинаковом заряде чем меньше ионный радиус металла, тем прочнее связь его иона с ионом кислорода, т. е. при этом ионы кислорода менее охотно покидают ионы металла и с меньшей интенсивностью присоединяются к кремнекислородным анионам, а вследствие этого и условия для разрушения кремнекислородных комплексов становятся менее благоприятными [4]. Поэтому замена ионов марганца более крупными ионами кальция при постоянной концентрации кремнезема должна вызывать уменьшение вязкости шлаковых расплавов, за счет уменьшения степени полимеризации кремнекислородных анионов. Помимо этого, уменьшение вязкости, вероятно, вызвано тем, что  $\text{CaO}$  вносит в шлак в 1,27 раза больше ионов кислорода —  $\text{O}^{2-}$ , чем  $\text{MnO}$ .

При температурах 1500 и 1400°С увеличение в шлаке содержания окиси кальция за счет закиси марганца вызывает возрастание вязкости, имеющее особо резкий характер при 1400°С. Это увеличение вязкости, вероятно, обусловлено выпадением твердой фазы в расплаве.

Изотермы удельной электропроводности показывают (рис. 4), что при рассматриваемых температурах замена закиси марганца окисью кальция приводит к падению электропроводности.

### Выводы

1. Создана новая установка для одновременного измерения вязкости и электропроводности шлаковых расплавов при высоких температурах.
2. Изучены вязкость и удельная электропроводность шлаков системы  $\text{MnO-CaO-SiO}_2$  при 10%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , содержащей (в %)  $\text{MnO}$  5—20%,  $\text{CaO}$  20—50%,  $\text{SiO}_2$  35—50%.
3. Исследования показали, что замена кремнезема окисью кальция вызывает понижение вязкости до 1400°С, ниже 1400°С влияние в основном обратное.

4. В шлаках с содержанием 50, 45, 40, 35%  $\text{SiO}_2$  при температурах 1700 и 1500°C понижение содержания закиси марганца от 20 до 5% и соответственно повышение содержания окиси кальция приводит к уменьшению вязкости. При температуре 1500 и 1400°C замещение закиси марганца окисью кальция в шлаке вызывает увеличение вязкости.

5. Установлено, что электропроводность шлака зависит от содержания в нем закиси марганца. С повышением концентрации последней, при постоянной основности удельная электропроводность растет. Аналогично, но в меньшей степени влияет и увеличение основности шлака при постоянном содержании  $\text{MnO}$ .

6. Данные настоящего исследования облегчают выбор состава конечных шлаков силикомарганца.

Грузинский институт  
металлургии

(Поступило в редакцию 28.4.1966)

მეტალურგია

თ. ჩუბინიძე, მ. კეკელიძე

სისტემის — მანგანუმის ჰემატაიტ-კალციუმის ჰემატაიტ-ჰემატაიტ —  
ნალღობების სიბლანტე და ელექტროგამტარობა  
მათში 10% თიხამიწის შემცველობისა

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია მაღალტემპერატურებში წიღური ნალღობების სიბლანტისა და ელექტროგამტარობის ერთდროული გაზომვის ახალი ხელსაწყო. მოცემულია სისტემის  $\text{MnO}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$  სიბლანტისა და ხვედრითი ელექტროგამტარობის კვლევის შედეგები. ნაჩვენებია, რომ:

1. კაემიწის შეცვლა კალციუმის ჟანგით ამცირებს ჰომოგენური-თხევადი ნაღწების სიბლანტეს და ზრდის ელექტროგამტარობას, რაც ძირითადად აიხსნება კაემად-ჟანგბადოვანი ანიონების  $\text{Si}_2\text{O}_7^{2-}$  გამარტივებით.

2. მანგანუმის ქვეჟანგის შეცვლა კალციუმის ჟანგით ამცირებს წიღების ელექტროგამტარობას, ხოლო მისი მოქმედება სიბლანტეზე უმნიშვნელოა.

დათარგმნებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник химика, III. Госхимиздат, 1952.
2. Ю. М. Шашков, Метод измерения электропроводности расплавленных шлаков. Экспериментальная техника и методы исследований при высоких температурах. Изд. АН СССР, 1959.
3. Л. Паудинг. Природа химической связи. Госхимиздат, 1947.
4. А. С. Панов, И. А. Даниушенков, И. С. Куликов, Л. М. Цылев, Влияние окисей магния и бария на вязкость силикатных расплавов. Изв. АН СССР, ОТН, металлургия и топливо, № 5, 1962.



АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

Н. Н. ЛОМИНАДЗЕ, Н. Р. МОМЦЕЛИДЗЕ, И. Г. ЗЕДГИНИДЗЕ,  
 Б. К. МЕБУКЕ

О РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ С  
 ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 10.7.1965)

Сетевые графики находят применение в таких разнообразных направлениях народного хозяйства, как строительство, запуск новой технологии, разработка научно-исследовательских проектов и т. д. Применение сетевых графиков позволяет систематизировать информацию, связанную с данным комплексом работ, и классифицировать работы по степени влияния на конечную цель. Конечной целью может быть как сокращение сроков завершения работ, так и оптимизация некоторой целевой функции, заданной на графике.

Основные элементы сетевого графика

На рис. 1 представлен простой сетевой график. Дуги (01), (13), (24) и т. д. обозначают работы. Обычно работы характеризуются продолжительностью выполнения (может быть задано распределение времен выполнения или его детерминированное значение). Кружки обозначают события. События реализуются, когда заканчиваются все входящие к кружку работы. Очевидно, событие  $i$  реализуется в некоторый момент  $t_i$  относительно начала отсчета  $t_0 = 0$ .

В общем случае граф содержит  $n + 1$  событий. Задание последовательности выполнения работ частично упорядочивает данное множество событий. Удобно провести нумерацию так, что если событие  $i$  предшествует событию  $j$ , то  $i < j$ . В этом случае из  $i < j$  следует  $t_i \leq t_j$ .

Пусть дуга  $(ij)$  принадлежит графу и множество таких дуг есть  $P$ . Обозначим через  $y_{ij}$  продолжительность выполнения работы  $(ij)$ . Очевидно, для любой дуги  $(ij)$  выполняется соотношение

$$y_{ij} \leq t_j - t_i. \quad (1)$$

Для определения  $t_i$  имеем следующие рекуррентные соотношения:

$$t_0 = 0, \\ t_j = \max_i (t_i + y_{ij}), \quad (ij) \in P. \quad (2)$$

$t_n$  является временем завершения полного комплекса работ. Непрерывная последовательность работ, для которых справедливо  $y_{ij} = t_j - t_i$ , называется критическим путем. Сетевой график может иметь один или несколько критических путей.

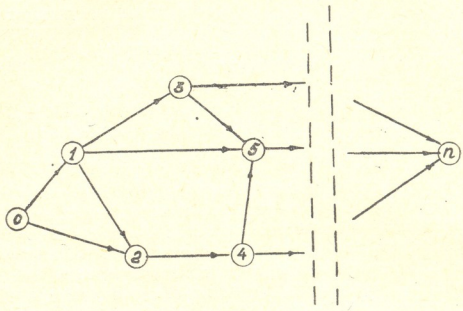


Рис. 1

Составление сетевого графика

Составление графика начинается с перечисления полного комплекса работ и определения порядка их выполнения. Для правильного составления математических соотношений следует выполнить следующие условия:

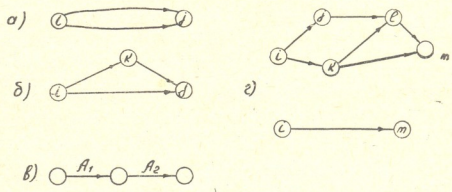


Рис. 2

1. Не должно быть параллельных работ (рис. 2, а). При нарушении этого условия невозможно формально различить две работы по выражению ( $ij$ ). Введя фиктивную работу с продолжительностью нуль, устраним эту неоднозначность (рис. 2, б).

2. Иногда после выполнения части работы  $A$  может быть начато выполнение другой работы. В этом случае работа  $A$  разбивается на части  $A_1$  и  $A_2$  (рис. 2, в).

3. Если в графе можно выделить подграф, элементы которого не имеют связи с другими элементами полного графа, то такой подграф можно заменить одной условной работой. Продолжительность условной работы обычно равна длине критического пути подграфа (рис. 2, г).

### Статистическое моделирование

Если продолжительности выполнения работ заданы в виде чисел, то по формулам (2) легко получить моменты реализации событий и вычислить запасы времени для конкретных работ, используя неравенства (1). Однако часто трудно задать с приемлемой точностью времена выполнения работ, которые будут выполнены в будущем и для которых не имеется достаточно богатого статистического материала. В таких случаях, исходя из содержания работ, принимают какую-нибудь гипотезу о распределении времени выполнения. При таком подходе замена случайных величин математическими ожиданиями может привести к существенным ошибкам, так как в этом случае для каждой реализации, вообще говоря, получается новый критический путь. Следовательно, продолжительностью реализации сетевого графика следует считать математическое ожидание величины  $u = \max_i P_i$  (где  $P_i$  — длины разных критических путей), которая распределена по закону

$$F(t) = \text{вер}(u \leq t). \quad (3)$$

Очевидно, реальная продолжительность не меньше, чем полученная при замене случайных величин математическими ожиданиями.

При задании распределения обычно определяют следующие три числа: 1) минимально возможную продолжительность  $a$ ; 2) максимально возможную продолжительность  $b$ ; 3) наиболее вероятную продолжительность  $m$ . Наиболее удобными законами распределения, основывающимися на вышеуказанных числах, являются бета-распределение, треугольное и равномерное распределения.

Принимая гипотезу бета-распределения, имеем для плотности вероятностей

$$f(t) = K(t - a)^\alpha (b - t)^\beta.$$

Определение параметров  $\alpha$  и  $\beta$  требует дополнительной информации. Обычно предлагается, что среднее квадратичное отклонение  $\sigma = \frac{1}{6}(b-a)$ .

Используя  $\sigma$  и  $m$ , можно определить параметры  $\alpha$  и  $\beta$ . Для практических вычислений достаточно воспользоваться аппроксимацией

$$\sigma = \frac{1}{6} (b - a), \quad t_{cp} = \frac{1}{6} (a + 4m + b).$$

Треугольное распределение полностью определяется числами  $a$ ,  $b$ ,  $m$ :

$$\sigma = \sqrt{(b-a)^2 + (m-a)(m-b)} / \sqrt{18}, \quad t_{cp} = \frac{1}{3} (a + m + b).$$

Оценки для равномерного распределения получаются также довольно просто.

При задании законов распределения возникают следующие источники ошибок: 1) величина распределена по равномерному или треугольному закону вместо принятого бета-распределения и т. д.; 2) реальные значения среднего значения и стандартного отклонения заменены приближенными; 3) имеются ошибки в определении чисел.

Ошибки в оценке параметров, вызванные указанными выше причинами, могут достигать от 5 до 33% [3].

Определение распределения (3) для полной сети аналитическим путем при использовании распределения отдельных работ представляет большие теоретические сложности и приводит к смещенным оценкам. Поэтому целесообразно проводить статистическое моделирование следующим образом: а) генерируются случайные числа, соответствующие длительностям отдельных работ по принятому закону распределения; б) подсчитывается критический путь и запоминается  $P_i$ ; в) повторяется а) и б) необходимое число раз с тем, чтобы получить статистически значимые оценки.

Выборочное среднее и среднеквадратичное отклонения для  $\mu = E(P)$  подсчитываются по выражениям

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_i P_i}{n}, \quad \hat{\sigma}(\mu) = \frac{\sigma_p}{\sqrt{n}},$$

где  $n$  — число реализаций.

Для получения достоверных оценок необходимо определить  $n$  из условия, чтобы  $(\hat{\mu} - \mu)$  была заключена в пределах

$$-\frac{\sigma_p}{A} \leq (\hat{\mu} - \mu) \leq \frac{\sigma_p}{A}, \quad \text{или,} \quad -\frac{\sqrt{n}}{A} \leq \frac{(\hat{\mu} - \mu)}{\sigma_p / \sqrt{n}} \leq \frac{\sqrt{n}}{A}$$

при заданном уровне значимости (обычно берется уровень 0,05). Величина  $\frac{\hat{\mu} - \mu}{\sigma_p / \sqrt{n}}$  при предположении, что путь содержит достаточное количество элементов, распределена нормально со средним нуль и дис-

персией единица. Для уровня 0,05 из таблиц нормального распределения находим

$$\Phi\left(\frac{\sqrt{n}}{A}\right) = 0,975 \quad (\text{односторонняя граница}),$$

т. е.

$$\sqrt{n} = 1,96 \cdot A, \quad n = (1,96 \cdot A)^2.$$

Другой важной информацией является количество случаев, когда определенная работа лежит на критическом пути. Такой подсчет открывает лучшие возможности для классификации работы.

Полезные правила для оценки параметров и генерирования случайных чисел излагаются в работах [1, 2]. При статистическом моделировании легко учитываются ограничения и получаются несмещенные оценки.

### Определение функции пользы на сетевом графике

В рассмотренной выше постановке задачи нас интересовали только временные оценки и в сущности график давал описание реальной ситуации. Однако имеется возможность планирования самих длительностей работ с учетом ограничений. При этом оптимизируется некоторая целевая функция.

Пусть  $a_{ij}$  и  $A_{ij}$  — минимально и максимально возможные продолжительности работы  $(ij)$ . Продолжительность  $y_{ij}$  является допустимой, если

$$a_{ij} \leq y_{ij} \leq A_{ij}. \quad (4)$$

Из-за различия характера работ  $(ij)$  может оказаться, что польза от изменения длительностей неодинакова. Полезность от  $y_{ij}$  определим линейным выражением  $c_{ij} y_{ij} + c'_{ij}$ ,  $c_{ij} \geq 0$ . Числа  $c_{ij}$  могут быть определены независимо или выбраны из условия относительной полезности работ. Задача максимизации полезности полного комплекса работ формулируется следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} \text{максимизировать} \\ \text{при} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \sum_{(ij) \in P} c_{ij} y_{ij} + \sum_{(ij) \in P} c'_{ij} \\ y_{ij} + t_i - t_j \leq 0, \\ a_{ij} \leq y_{ij} \leq A_{ij}. \end{array} \right\} \quad (5)$$

Очевидно, максимальное значение (5) достигается при распределении работ по условию  $y_{ij} = A_{ij}$ . Величина  $\lambda = t_n$  является продолжительностью реализации сетевого графика. При увеличении  $\lambda$  целевая функция не возрастает. Однако такое распределение может оказаться неэкономичным из-за расхода времени. В этом случае возникает задача

нахождения оптимальных распределений работ с последовательно уменьшающимся  $\lambda$ .

Построение нового оптимального плана с меньшим значением  $\lambda$  достигается применением двойственного алгоритма линейного параметрического программирования [4]. Пусть работы распределены по закону  $y_{ij} = A_{ij}$  и  $\lambda = t_n$ . Если  $\sigma_{ij}$ ,  $(ij) \in P$  и  $\sigma_i$ ,  $0 \leq i \leq n$  минимизируют линейную форму

$$\sum_{(ij) \in P} c_{ij} \sigma_{ij}$$

при

$$p_{ij} = \sigma_{ij} + \delta_i - \delta_j \geq 0, \quad (ij) \in Q_1,$$

$$\sigma_{ij} \begin{cases} \geq 0, & (ij) \in Q_1 \cap Q_2, \\ = 0, & (ij) \in P - (Q_1 - Q_3), \\ \leq 0, & (ij) \in Q_1 \cap Q_4, \end{cases}$$

$$\delta_0 = 0, \quad \delta_n = 1,$$

тогда распределение

$$y'_{ij} = y_{ij} - \Theta \sigma_{ij}, \quad (ij) \in P,$$

$$t'_i = t_i - \Theta \delta_i, \quad 0 \leq i \leq n,$$

является новым оптимальным планом с параметром  $\lambda' = h - \Theta$ , где

$$0 \leq \Theta \leq \Theta_0, \quad \Theta_0 = \min(\alpha, \beta, \gamma).$$

$$\alpha = \begin{cases} \min_{p_{ij} < 0} \frac{y_{ij} + t_i - t_j}{p_{ij}}, \\ +\infty, \text{ если } p_{ij} \geq 0 \text{ для всех } (ij) \in P. \end{cases}$$

$$\beta = \begin{cases} \min_{\sigma_{ij} < 0} \frac{y_{ij} - A_{ij}}{\sigma_{ij}}, \\ +\infty, \text{ если } \sigma_{ij} \geq 0 \text{ для всех } (ij) \in P. \end{cases}$$

$$\gamma = \begin{cases} \min_{\sigma_{ij} > 0} \frac{y_{ij} - a_{ij}}{\sigma_{ij}}, \\ +\infty, \text{ если } \sigma_{ij} \leq 0 \text{ для всех } (ij) \in P. \end{cases}$$

$$Q_1 = \{(ij) | y_{ij} + t_i - t_j = 0\}.$$

$$Q_2 = \{(ij) | y_{ij} = A_{ij} > a_{ij}\}.$$

$$Q_3 = \{(ij) | y_{ij} = A_{ij} = a_{ij}\}.$$

$$Q_4 = \{(ij) | y_{ij} = a_{ij} < A_{ij}\}.$$

Если система (6) несовместима, то распределения с параметром меньше  $\lambda$  не существует.

Для решения задачи (6) легче сперва перейти к двойственной задаче нахождения максимального потока в сети.

С целью сокращения вычислений следует выделить подграфы, если это возможно, из полного графа и провести указанные выше вычисления для простого графа. Тогда этот подграф можно учитывать как элементарную работу, которая для любого допустимого значения параметра имеет заранее вычисленную полезность. Нетрудно показать, что функция полезности является кусочно-линейной, выпуклой, непрерывной. Если каждый линейный участок задать в виде  $b_k \cdot t + b'_k$ , то в силу выпуклости

$$u(h) = \min_k (b_k \cdot h + b'_k), \quad k = 1, 2, \dots, m,$$

где  $m$  — количество участков.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило в редакцию 10.7.1965)

აბტომობილა და ტელეკომუნიკაცია

ბ. ლომინაძე, ნ. გომციანიძე, ი. ზაფხინიძე, ბ. მებუბე

ქსელური გრაფიკების გამოყენებით კლანიკების ზომიერობის  
ამოცანის გადაწყვეტის შესახებ

რეზიუმე

სტატია ეხება ურთიერთდაკავშირებული სამუშაოების დაგეგმვის საკითხებს ქსელური გრაფიკების გამოყენებით. განხილულია ელემენტარული სამუშაოებისა და სამუშაოთა კომპლექსის ძირითადი პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდები.

მოცემულია ალგორითმი სამუშაოების ოპტიმალური დანაწილებისათვის, როცა ხდება გრაფიკზე განსაზღვრული მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმიზაცია.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Л. ван дер Варден. Математическая статистика. ИЛ, М., 1960.
2. Н. П. Бусленко. Математическое моделирование производственных процессов. Изд. „Наука“, 1964.
3. R. Kenneth, Mc Grimmon and Charles A. Ryavec. An analytical study of the PERT Assumptions. Operations Research, vol. 12, № 1, 1964.
4. E. James Kelley. Critical-Path Planning and Scheduling Mathematical Basis. Operations Research, vol. 9, № 3, 1961.

АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

М. М. ГОТОШИЯ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ К ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ  
РЕЖИМОВ ГЭС С ВЕРОЯТНОСТНЫМ ЗАДАНИЕМ СТОКА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 14.7.1965)

Рассматриваемая задача оптимального управления долгосрочными режимами работы гидроэлектростанций с большими водохранилищами относится к классу управляемых стохастических процессов, в частности к задаче оптимального управления запасами [1, 2].

Сложность решения данной задачи зависит: 1) от типа модели системы ГЭС с водохранилищами, 2) вида представления стока реки, 3) выбора критерия оптимальности, 4) вида задания функции спроса, под которой мы понимаем зависимость нагрузки системы от времени  $E_c = E(t)$ , 5) выбора периода регулирования в виде конечной или бесконечной величины.

Будем рассматривать модель, представляющую работу ГЭС с одним водохранилищем конечной емкости, работа которой рассматривается в течение конечного периода времени  $T$ , состоящего из единичных интервалов с общим номером  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Количество воды, поступающее в водохранилище в последовательные интервалы времени, является случайной переменной, для которой известна функция перехода  $F_i(Q_i/Q_{i-1})$ .

Как показано в работе [3], в большинстве случаев достаточно учитывать значение стока только в ближайшем предшествующем интервале времени. Предполагаем, что функция спроса (нагрузка системы) задана в виде известной функции времени  $E_c = E(t)$  рис. 1.

Назовем состоянием системы  $S_i$ —количество воды в водохранилище в интервале времени  $t_{i+1} - t_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ . Оно подчинено следующему ограничению:

$$S_i \min \leq S_i \leq S_i \max, \quad (1)$$

где  $S_i \max$  и  $S_i \min$ —максимальный и минимальный допустимые объемы воды в водохранилище.



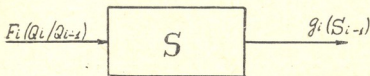
Задача заключается в определении такого количества воды, расходуемого в каждом временном интервале  $g_i(S_{i-1})$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , которое максимизирует математическое ожидание некоторой аддитивной функции цели за период регулирования:

$$W_{1, 2, \dots, m} = W_{1, 2, \dots, m}(g_i(S_{i-1})) = \sum_{i=1}^m w_i, \quad (2)$$

где

$w_i$ —значение целевой функции в  $i$ -м интервале.

Следуя терминологии, принятой в теории управления запасами, функцию  $g_i(S_{i-1})$ , подчиненную ограничениям



$$g_i \min \cong g_i(S_{i-1}) \cong g_i \max, \quad (3)$$

Рис. 1. Блок-схема водохранилища,  $F_i(Q_i/Q_{i-1})$ —функция перехода бытового расхода,  $g_i(S_{i-1})$ —турбинные расходы

будем называть управлением, а  $w_i$ —доходом в  $i$ -м временном интервале.

Будем решать задачу методом динамического программирования [4, 6]. Для этого разобьем период регулирования  $T$ , равный одному году, на 36 декадных интервалов времени, которые будем именовать шагами  $i; i = 1, 2, \dots, m, m = 36$ .

Пусть к началу последней декады количество воды в водохранилище равно  $S_{m-1}$ . Найдем условное оптимальное управление на последнем шаге  $g_m^*(S_{m-1})$ . Для этого нужно для каждого значения  $S_{m-1}$  найти минимальное значение целевой функции, имеющей вид

$$W'_m = w'_m = E_{cm} - \varphi[g_m(S_{m-1})], \quad (4)$$

где

$E_{cm}$ —нагрузка системы в  $m$ -м интервале времени (в последней декаде) и представляет собой постоянную величину для данного интервала. Так как из выражения (3) следует, что

$$\begin{aligned} 0 < g_m(S_{m-1}) < \infty, \quad i = 1, 2, \dots, m, \\ 0 < g_i(S_{i-1}) < \infty, \end{aligned}$$

а функция  $\varphi[g_i(S_{i-1})]$  является положительно определенной в интервале  $0 < g_i < \infty$ , то минимум выражения (4) совпадает с максимумом выражения

$$W_m = w_m = \varphi[g_m(S_{m-1})], \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (5)$$

Ищем такое  $g_m(S_{m-1})$ , чтобы выражение (5) принимало максимальное значение

$$W_m^* = w_m^* = \max_{g \min \cong g_m \cong g \max} \varphi[g_m(S_{m-1})], \quad (6)$$

где

$$\varphi [g_i (S_{i-1})] = KH g_i \eta = K \cdot H_i (S_i) g_i \eta. \quad (7)$$

здесь  $K$  — постоянная;  $H_i (S_i)$  — напор.

Для каждой станции имеется семейство характеристик, отображающих зависимость  $N_r = N_r (g_i)$  (рис. 2) мощности ГЭС от расхода воды при заданном напоре  $H_i (S_i)$ . Эти характеристики в общем случае нелинейны из-за изменения к. п. д.  $\eta$  и имеют точки перегиба, соответствующие различному числу включенных агрегатов.

Для нахождения условных оптимальных управлений на  $m$ -м шаге  $g_m^* (S_{m-1})$  нужно найти оптимальные значения функции  $W_m$  для каждого из возможных значений  $S_{m-1}$ , которые выбираем в виде фиксированных значений.

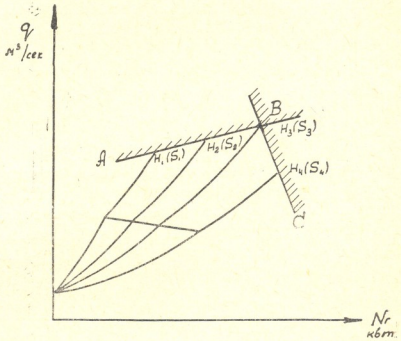


Рис. 2. Характеристика ГЭС,  $N_r = N_r (g_r, H)$

характеристика ГЭС, где линия  $AB$  представляет собой линию ограничения по турбине, а линия  $BC$  — линию ограничения по генератору.

Из выражений (6) и (7) видно, что оптимизируемая функция (доход) на  $m$ -м шаге  $W_m$  представляет собой среднедекадную мощность ГЭС  $N_r$ . Следовательно, зависимость  $N_r = N(g)$  эквивалентна зависимости  $W_m = \varphi [g_m (S_{m-1})]$ . Очевидно, что максимум выражения (6) может достигаться либо внутри характеристики  $N_r = N(g)$ , либо на ее концах. Проанализируем все три случая для допустимых значений  $g_i$ . При  $g_i = g_{min}$   $N_r = N_r \min = \varphi [g_{min} (S_{m-1})]$ , что не является максимальным значением. Кроме того, так как производная

$$\frac{\partial N_r}{\partial g_i} = \frac{\partial \varphi [g_i (S_{i-1})]}{\partial g_i} = \frac{\partial [KH g_i \eta]}{\partial g_i} = K \cdot H \eta \neq 0 \quad (8)$$

при постоянных значениях  $H$  и  $\eta$  не равна нулю, то оптимум (максимум)  $W_m$  не может находиться внутри характеристики  $N_r = N(g)$ . Это видно и из того, что данная кривая является строго возрастающей.

Следовательно, максимум выражения  $W_m$  будет достигаться на правом конце характеристики, т. е. будет лежать на линиях ограничений  $AB$  и  $BC$ . Каждому оптимальному значению  $W_m^*$  при фиксированном значении  $H_i(S_i)$  будет соответствовать оптимальное управление  $g_i^*(S_{i-1})$ .

Для завершения оптимизации на  $m$ -м шаге необходимо найти зависимость оптимальных значений целевой функции  $W_m^*$  и управления  $g_m^*$  от состояния системы, т. е. функции  $W_m^* = W(S_{m-1})$  и  $g_m^* = g(S_{m-1})$ . Эти функции легко можно получить, зная зависимости  $N = N(H)$  и  $g^* = g(H)$ . Последние легко получить, решая следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} N^* = K' H \cdot g^*, \\ N^* = a_1 g^* - b_1, \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} N^* = K' \cdot H \cdot g^*, \\ N^* = -a_2 \cdot g^* + b_2, \end{cases} \quad (10)$$

где  $a_1 g^* - b_1$  — уравнение линии ограничения по турбине;  $-a_2 g^* + b_2$  — уравнение линии ограничения по генератору;  $K'$  — постоянный коэффициент, равный  $9,81 \cdot \eta$ , который мы принимаем постоянным.

Решение системы уравнений (9) и (10) дает

$$g^* = \begin{cases} \frac{b_1}{a_1 + K' H}, & \text{если } H \cong \frac{a_1 b_2 - b_1 a_2}{K'(b_1 + b_2)}, \\ \frac{b_2}{K' H + a_2}, & \text{если } H \cong \frac{a_1 b_2 - b_1 a_2}{K'(b_1 + b_2)}, \end{cases} \quad (11)$$

$$N^* = \begin{cases} \frac{b_1 K' H}{a_1 - K' H}, & \text{если } H \cong \frac{a_1 b_2 - b_1 a_2}{K'(b_1 + b_2)}, \\ \frac{b_2 K' H}{K' H + a_2}, & \text{если } H \cong \frac{a_1 b_2 - b_1 a_2}{K'(b_1 + b_2)}. \end{cases} \quad (12)$$

При помощи формул (11) и (12), зная зависимость  $S = S(H)$ , можно определять оптимальные значения среднедекадных расходов  $g_i^*$  и оптимальное значение целевой функции  $W_i^*(S_i)$  в каждом временном интервале.

Так как в случайных управляемых процессах, к которым относится данная задача, управляемый процесс не полностью определяется начальным состоянием, то случайным оказывается и значение целевой функции. Поэтому нас будет интересовать не сама случайная величина значения целевой функции, а ее математическое ожидание и соответственно то управление, которое оптимизирует математическое ожидание функции цели.

Для оптимизации шага ( $m - 1$ ) необходимо найти математическое ожидание значения целевой функции  $M[W_{m-1, m}(S_{m-2}), g_{m-2}]$  за два

последних шага  $(m-1)$  и  $m$ , зависящее от состояния системы  $S_{m-2}$  на шаге  $(m-2)$  и управления  $g_{m-1}$  на шаге  $(m-1)$  и представляющее собой сумму условного значения целевой функции на шаге  $(m-1)$  при любом управлении  $g_{m-1}$  и максимального среднего значения функции цели на  $m$ -м шаге  $M[W_m^*(S_{m-1})]$ . Последняя находится следующим образом: так как состояние  $S_{m-1}$  является случайным и при заданных  $S_{m-2}$  и  $g_{m-1}$  зависит от условной функции распределения величины стока  $F(Q'_m/Q'_{m-1}) = P(S_{m-1}/S_{m-2}, Q'_{m-1})$ , то осреднение производится по функции распределения  $F(Q'_m/Q'_{m-1})$ , где  $Q'_m = Q_m \Delta t$ ,  $Q'_{m-1} = Q_{m-1} \cdot \Delta t$ , а  $\Delta t$  — декадный интервал времени. Следовательно, будем иметь

$$\begin{aligned}
 M[W_m^*(S_{m-1})] &= \int_{Q'_{(m-1)} \min}^{Q'_{(m-1)} \max} W_m^*(S_{m-1}) dF(Q'_{m-1}/Q'_{m-2}) = \\
 &= \int_{Q'_{(m-1)} \min}^{Q'_{(m-1)} \max} W_m^*(S_{m-2} + Q'_{m-1} - g_{m-1}(S_{m-2})) dF(Q'_{m-1}/Q'_{m-2}) = \\
 &= M[W_m^*(S_{m-2}, g_{m-1})]. \tag{13}
 \end{aligned}$$

В результате вычислений по формуле (13) получаем серию зависимостей

$$M[W_m^*(S_{m-2}, g_{m-1})] = f_{S_{m-2}}(g_{m-1}). \tag{14}$$

На основании известного принципа оптимальности выражение для значения целевой функции за два последних шага примет вид

$$W_{m-1, m}(S_{m-2}, g_{m-1}) = \varphi[g_{m-1}(S_{m-2})] + M[W_m^*(S_{m-2}, g_{m-1})]. \tag{15}$$

В выражении (15) первое слагаемое находится по формуле (7), а второе — из зависимостей (14). Для завершения оптимизации на шаге  $(m-1)$  нужно найти зависимость максимальных значений целевой функции за два последних шага и условных оптимальных управлений на шаге  $(m-1)$  как функцию  $S_{m-2}$ . Последние зависимости получаются из выражения

$$W_{m-1, m}^*(S_{m-2}, g_{m-1}) = \max_{g_{\min} \leq g_{m-1} \leq g_{\max}} \{\varphi[g_{m-1}(S_{m-2})] + M[W_m^*(S_{m-2}, g_{m-1})]\}. \tag{16}$$

Таким образом, нахождением зависимостей  $W_{m-1, m}^* = f(S_{m-2})$  и  $g_{m-1}^* = f(S_{m-2})$  заканчивается оптимизация шага  $(m-1)$ .

Аналогично находятся оптимальные значения целевой функции и оптимальные управления на любом  $i$ -м шаге. Для любого состояния  $S_i$  на  $i$ -м шаге известно условное максимальное значение целевой функции  $W_{i+1, i \dots m}^*(S_i)$ , которая вычисляется при оптимизации предыдущего шага  $i+1$ . Так как состояние  $S_i$  случайно, то нас будет интересовать математическое ожидание

$$\begin{aligned}
 M[W_{i+1, i+2, \dots, m}^*(S_i)] &= \int_{Q_i' \min}^{Q_i' \max} W_{i+1, i+2, \dots, m}^*(S_i) dF(Q_i'/Q_{i-1}') = \\
 &= \int_{Q_i' \min}^{Q_i' \max} W_{i+1, i+2, \dots, m}^*(S_{i-1} + Q_i' - g_i(S_{i-1})) dF(Q_i'/Q_{i-1}') = \\
 &= M[W_{i+1, i+2, \dots, m}^*(S_{i-1}, g_i)]. \quad (17)
 \end{aligned}$$

Далее, складывая значение (17) со значением целевой функции на этом шаге при любом управлении  $g_i$ , получаем

$$W_{i, i+1, \dots, m}(S_{i-1}, g_i) = \varphi[S_{i-1}, g_i] + M[W_{i+1, \dots, m}^*(S_{i-1}, g_i)]. \quad (18)$$

Максимизируя формулу (18) по  $g_i$  находим условные оптимальные управления на  $i$ -м шаге  $g_i^*$ :

$$W_{i, i+1, \dots, m}^*(S_{i-1}, g_i) = \max_{g_i \min \leq g_i \leq g_i \max} \{\varphi[g_i(S_{i-1})] + M[W_{i+1, \dots, m}^*(S_{i-1}, g_i)]\}. \quad (19)$$

Применяя последовательно [формулы (17), (18) и (19), будем находить условные максимальные значения математического ожидания целевой функции и условное оптимальное управление на каждом шаге  $M[W_{i, \dots, m}^*(S_{i-1})]$  и  $g_i^*(S_{i-1})$ .

Оптимизация первого шага отличается той особенностью, что здесь не производится усреднение значения целевой функции, так как начальное состояние системы  $S_0$  задано детерминированным. Определяя максимум зависимости  $M[W_{1, 2, \dots, m}^*(S_0, g_1)]$ , находим оптимальное управление на первом шаге  $g_1^*$  и соответствующее максимальное значение математического ожидания целевой функции  $M[W_{1, 2, \dots, m}^*]$ . Зная оптимальное управление на первом шаге и значения расхода в первом временном интервале  $Q_1'$ , находим состояние системы к началу второго временного интервала

$$S_1 = S_0 + Q_1' - g_1^*.$$

Входя в уже найденные зависимости  $M[W_{2, 3, \dots, m}^*(S_1)]$  и  $g_2^*(S_1)$  со значением  $S_1$ , находим оптимальное управление  $g_2^*$  во втором временном интервале и соответствующее максимальное значение математического ожидания целевой функции.

Продолжая этот процесс последовательно до  $m$ -го шага включительно, находим оптимальные управления для каждого временного интервала:

$$g_1^*, g_2^*, \dots, g_m^*.$$

Таким образом, на первом шаге применяется управление  $g_1^*$ . Далее, в результате применения этого управления получаем новое состояние



системы  $S_1$ , для которого выбираем оптимальное управление на втором шаге  $g_2^*(S_1)$ , и т. д.

Так как получение решения в аналитическом виде затруднительно из-за сложного вида функции перехода  $F(Q'_i/Q'_{i-1})$  и функции  $M[W_1, z, \dots, m]$ , вычисление зависимостей (17), (18) и (19) производится численными методами.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило в редакцию 14.7.1965)

აბტომატიკა და ტელემეჰანიკა

ზ. ზღთოშია

დინამიური პროგრამირების გამოყენება ჰეს-ების ოპტიმალური მართვის ერთი ამოცანისათვის, როდესაც მდინარის ჩამონადენი წარმოადგენილია როგორც სტოქასტიკური პროცესი

რეზიუმე

განხილულია ჰიდროელექტროსადგურების ოპტიმალური ხანგრძლივი რეჟიმების განსაზღვრის მეთოდი. მდინარის ჩამონადენი წარმოდგენილია როგორც მარტივი მარკოვის პროცესი, რომლისთვისაც ცნობილია გადასვლის ფუნქცია.

მოცემულია ოპტიმიზაციის ალგორითმი დინამიური პროგრამირების მეთოდის გამოყენებით შემთხვევისათვის, როდესაც ვვაქვს ერთი ჰიდროელექტროსადგური წლიური რეგულირების წყალსაცავით, რომლის მუშაობა ხსნდება სასრულო დროის განმავლობაში. რეგულირების პერიოდი აღებულია ერთი წლის ტოლად, რომელიც დაყოფილია 36 დეკადურ ინტერვალად.

მიზნობრივი ფუნქციისათვის გამოყენებულია ელექტროენერჯის გამომუშავების მაქსიმუმი.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. P. A. P. Moran. The Theory of Storage. London—New-York, 1959.
2. S. Karlin, J. Gessford. Optimal Policy for Hydroelectric operations. Stanford, 1958.
3. R. Watermeyer, H. Thomas. Queuing Theory and Reservoir Design. Proc. Harvard Sympos. Harvard Univ. Press, 1962.
4. Р. Белман. Динамическое программирование. ИЛ, М., 1960.
5. Е. С. Вентцель. Элементы динамического программирования. Изд. „Наука“ 1964.
6. Е. В. Цветков. Эксплуатационные и проектные задачи регулирования речного стока. Проблемы гидроэнергетики и водного хозяйства, АН Каз. ССР, 1963.



АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

Х. И. ГАПРИНДАШВИЛИ, Л. Т. ХЕЛАЯ

ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩЕЕ ОПТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО ДЛЯ  
 ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВЫХ ТРУБОК

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 14. 10. 1965)

Вопрос получения и использования экранов из люминесцирующего стеклянного волокна является новой областью волоконной оптики.

При изготовлении экранов электроннолучевых трубок как из оптического стекла, так и из оптического стеклянного волокна необходимо на экран наносить люминофор определенной зернистости. Нанесение люминофора на экран—процесс очень тонкий и кропотливый [1—2].

Получение экранов из люминесцирующего волокна дает новое решение вопроса изготовления волоконных экранов, при котором процесс нанесения люминофора на экран электроннолучевой трубки отпадает.

Люминесцентный волоконный экран получается из волокна, у которого сердцевинной служит люминесцентное стекло с коэффициентом преломления  $n_1$ , а оболочкой—оптическое стекло с коэффициентом преломления  $n_2$ , где  $n_1 > n_2$ .

Полученное и использованное нами люминесцирующее стекло—силикатное стекло, которое по сравнению с боратными и фосфатными стеклами химически устойчивее. Активатором нами использовался трехвалентный церий. Процентное соотношение его менялось от 0,8 до 6%. Изменение типа стекла сильно влияет на уровень окисления церия, а также ведет к качественной перестройке спектра поглощения и люминесценции.

Интенсивность полос поглощения трехвалентного церия мало зависит от состава стекла, в том числе и от концентрации основных окислов. Положение же полос поглощения существенно меняется при переходе от одного типа стекла к другому [3].

В лаборатории мы синтезировали люминесцирующее стекло, а затем его использовали для сердцевины люминесцирующего оптического волокна. из полученного люминесцирующего оптического волокна путем спекания получены вакуумплотные пластинки—шайбы различной величины и толщины, выдерживающие вакуум  $10^{-7}$  мм рт. ст.

У полученных пластинок проверялись время послесвечения, спектр поглощения, интенсивность свечения и квантовый выход (см. таблицу). Время послесвечения измерялось на фазовом флуорометре, наблюдение велось через дифракционный монохроматор в максимуме спектра люминесценции. Возбуждение образцов производилось светом ртутной лампы ДРШ-250 с фильтром УФС-2.

Спектры поглощения волоконных пластинок снимались на спектрофотометре „Уникум“ на образцах толщиной 0,11 мм. Эти пластинки имеют поглощение в области 270—340 мкм, максимум поглощения 313 мкм.

Максимумы спектров люминесценции исследуемых пластинок—шайб расположены в области  $\lambda = 420—425$  мкм.

Полученные волоконные люминесцирующие пластинки имеют яркую интенсивность и голубое свечение. Данные люминесцирующих волоконных дисков приводятся в таблице.

№ образца	Время послесвечения, 10 <sup>-8</sup> сек	Относительный квантовый выход, %	Разрешение, л/мм	Контрастность, %	Светопроектирование, %	Вакуумплотность, мм рт. ст.
1	2,06	51	20	23,5	93,6	10 <sup>-7</sup>
2	2,88	48	20	22,4	90	10 <sup>-7</sup>

Академия наук Грузинской ССР  
Институт кибернетики  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 14.10.1965)

ავტორიზაცია და ტელემეზონაჟი

ხ. გაპრინდაშვილი, ლ. ხელაია

ლუმინესცენციური ოპტიკური ბოჭკო სხივურელექტრონული მილაკის ექსპერიმენტის

რ ე ზ ი უ მ ე

მიღებულ იქნა ლუმინესცენციური ოპტიკური ბოჭკო, რომლის გამოყენებაც შეიძლება სხივურელექტრონულ მილაკში და რადიოტექნიკაში.

ფიზიკური გაზომვების შედეგად მიღებულ იქნა, რომ ლუმინესცენციური ოპტიკური ბოჭკოსაგან შემდგარ შიბებზე აქვს ნათების პატარა დრო: 2,06—2,88·10<sup>-8</sup> სექ., შედარებითი კვანტური გამოსავალი 48—51%, შუქგამტა-



რეზონანსობა 90—93,6%, კონტრასტულობა 22,4—23,5%, გარჩევის უნარიანობა 20 ხაზი/მილიმეტრზე.

ლუმინესცენტური ოპტიკური ბოჭკოსაგან დამზადებულ ეკრანებს აქვთ მთელი რიგი უპირატესობა: გამარტივებულია ეკრანების წარმოების ტექნოლოგია, მთლიანად გამორიცხულია ლუმინაფორის დამზადებისა და მათი ეკრანით დაფარვის ტექნოლოგია.

დიდდება სხივურეგულაციონული მილაკების მუშაობის ხანგრძლივობა და იმედიანობა, აგრეთვე მილაკის ოპტიკური პარამეტრების გამოსავალი, რაც გამორიცხულია ეკრანის ლუმინაფორით დაფარვის დროს.

შეფუთვითი ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Прингсхейм и М. Фогель. Люминесценция жидких и твердых тел. М. 1948, 117, 198.
2. В. Л. Левшин. Светящие составы. М., 1938.
3. Г. О. Карапетян. Влияние структуры стекол на спектральные и химические свойства ионов церия. В кн.: „Стеклообразное состояние“. Труды Третьего всесоюзного совещания, Л., 1959.

АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

Н. Г. ХАРАТИШВИЛИ

К ВОПРОСУ О ПЕРЕХОДНОМ ПРОЦЕССЕ В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ  
КОНТУРЕ С ПОДМАГНИЧИВАЕМЫМ СЕРДЕЧНИКОМ  
КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Г. Абелишвили 21.12.1965)

В связи с широким использованием ферритовых сердечников для быстрой перестройки мощных высокочастотных генераторов в диапазоне частот возникла необходимость измерения различных параметров, в частности добротности колебательных контуров с ферритовыми сердечниками, работающих в сильных высокочастотных полях. В работе [1] предложен сравнительно простой метод измерения добротности путем сравнения огибающих свободных затухающих колебаний линейного и нелинейного (с ферритовым сердечником) контуров. Для реализации этого метода измерения необходимо было исследовать вопрос о свободных колебаниях в диссипативных колебательных контурах с подмагничиваемым ферритовым сердечником катушки индуктивности.

При анализе свободных колебаний в цепях с нелинейной индуктивностью обычно исходят из заданной аналитически статической кривой намагничивания сердечника катушки индуктивности. Однако известно [2], что при работе в сильных высокочастотных полях динамическая кривая намагничивания ферритов значительно отличается от статической, поэтому последняя не может быть положена в основу анализа свободных колебаний в цепях с нелинейной индуктивностью и для решения поставленной задачи в работе используются динамические кривые намагничивания ферритов. Следует также добавить, что при анализе свободных колебаний кривая намагничивания ферритов представляется однозначной функцией, т. е. практически рассматриваются катушки индуктивности без потерь в сердечнике. Такого рода допущение не может быть оправдано при работе ферритового сердечника в сильном высокочастотном поле. В этих условиях потери в сердечнике существенно зависят от амплитуды колебаний. Поэтому при исследовании свободных колебаний в контуре  $LCR$  сопротивлением  $R$  нами учитываются не только потери в сердечнике, зависящие от амплитуды колебаний, но и потери в обмотке.

Аналитически эта зависимость может быть с достаточной степенью точности выражена квадратичной параболой

$$R = R_n (1 + \gamma i^2), \quad (1)$$

где

$R_n$ —сопротивление начальных потерь,

$\gamma$ —коэффициент, характеризующий скорость возрастания потерь с ростом амплитуды колебаний.

Для аналитической же записи зависимости между током и потоко-сцеплением используется выражение

$$\psi = L_0 i + A i^2 - B i^3, \quad (2)$$

где

$L_0$ —индуктивность катушки при отсутствии ферритового сердечника;  $A$ ,  $B$ —постоянные коэффициенты.

С учетом выражений (1) и (2) уравнение, описывающее процесс свободных колебаний в последовательном контуре  $LCR$ , записанное в безразмерной форме, имеет вид

$$\frac{dy}{d\tau} + \int y d\tau + \delta y + A_0 y \frac{dy}{d\tau} - B_0 y^3 \frac{dy}{d\tau} + D_0 y^3 = 0. \quad (3)$$

Здесь

$\omega_0 t = \tau$ —безразмерное время;

$\frac{R}{\omega_0 L_0} = \delta$ —затухание линейного контура;

$y = \frac{i}{I_0}$ —безразмерная амплитуда,

где

$I_0 = U_0 \sqrt{\frac{C}{L_0}}$ —амплитуда тока линейного контура;

$U_0$ —начальное напряжение конденсатора;

$A_0$ ,  $B_0$ ,  $D_0$ —постоянные коэффициенты.

Для решения уравнения (3) воспользуемся методом Л. С. Гольдфарба, т. е. будем искать его в виде функции

$$y = a \sin \varphi, \quad (4)$$

где

$$\frac{da}{d\tau} = a \xi(a), \quad (5)$$

$$\omega(a) = \frac{d\varphi}{d\tau}, \quad (5')$$

причем при

$$\tau = 0 \quad a = a_0 = 1.$$

В результате решения уравнения (3) методом Л. С. Гольдфарба получим выражения для коэффициента затухания и частоты собственных колебаний

$$\xi(a) = -\frac{\delta}{2} - \frac{\alpha a}{2} + \frac{2\delta}{8} \alpha a + \frac{\beta a^2}{2} - \frac{2\delta}{8} \chi a^2 + \frac{2\alpha^2}{8} a^2 - \frac{2\alpha}{8} \chi a^3 - \frac{2\alpha}{8} \beta a^3 + \frac{2\beta}{8} \chi a^4, \quad (6)$$

$$\omega(a) = 1 + \frac{\chi a^2}{2} - \frac{\alpha a}{2} - \frac{\delta^2}{8} - \frac{2\delta}{8} \alpha a + \frac{2\delta}{8} \beta a^2 - \frac{\alpha^2 a^2}{8} + \frac{2\alpha}{8} \beta a^3 - \frac{\beta^2 a^4}{8} + \frac{\alpha^2 a^2}{8} - \frac{2\alpha}{8} \chi a^3 + \frac{\chi^2 a^4}{8}, \quad (7)$$

где

$$\alpha = \frac{4A_0}{3\pi}, \quad \beta = \frac{B_0}{\pi} - \frac{3D_0}{4}, \quad \chi = \frac{B_0}{4} - \frac{D_0}{\pi}.$$

Закон изменения амплитуды колебаний в переходном процессе найдем из условия (5). Пренебрегая в выражении (6) членами, содержащими амплитуду  $a \cong 1$  в степени выше второй, а также членами, содержащими произведение малой величины  $\delta = \frac{1}{Q}$  на амплитуду  $a$  в степени выше первой, ввиду их малости, и подставляя полученное выражение в (5), после решения полученного уравнения для огибающей свободных затухающих колебаний контура с подмагничиваемым ферритовым сердечником катушки индуктивности будем иметь

$$\tau = \frac{1}{2b} \ln \frac{a^2(b + a_0 c - a_0^2 d)}{a_0^2(b + ac + a^2 d)} - \frac{c}{2b\sqrt{c^2 - 4bd}} \ln \frac{(c + 2a_0 d - \sqrt{c^2 - 4bd})(c + 2ad + \sqrt{c^2 - 4bd})}{(c + 2a_0 d + \sqrt{c^2 - 4bd})(c + 2ad - \sqrt{c^2 - 4bd})}, \quad (8)$$

где

$a_0$  — начальная амплитуда колебаний;

$b, c, d$  — постоянные коэффициенты.

Поскольку последнее уравнение решить аналитически относительно  $a$  не удастся, оно может быть решено численно, т. е., задавшись несколькими значениями  $a$ , можно вычислить соответствующие значения  $\tau$  и потом на основе этого построить искомый график зависимости  $a = f(\tau)$ .

При отсутствии ферритового сердечника вышеприведенные уравнения (6), (7), (8) весьма просто преобразуются в обычные выражения для коэффициента затухания, частоты собственных колебаний и огибающей амплитуды свободных затухающих колебаний линейного контура.

Грузинский политехнический  
институт  
им. В. И. Ленина  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 21.12.1965)

ავტომატიკა და ტელემექანიკა

ბ. ხარატიშვილი

დამაგნიტებელი გულანის რხევადი კონტურის გარდამავალი  
პროცესის საკითხისათვის

რ ე ზ ი მ ე

სტატიაში ლ. გოლდფარბის მეთოდით დამაგნიტებელი გულანის მქონე რხევადი კონტურისათვის მიღებულია გამოსახულებები მილევის კოეფიციენტის, საკუთარ რხევათა სიხშირისა და თავისუფალი მილევადი რხევების მომეღებოსათვის. ნაჩვენებია მათი დამოკიდებულება რხევის ამპლიტუდაზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Г. Харатишвили. К вопросу определения добротности нелинейного контура. Известия вузов СССР, Приборостроение, № 2, 1965.
2. Л. И. Рабкин. Высокочастотные ферромагнетики. Физматгиз, 1960.



БОТАНИКА

Г. Е. ГВАЛАДЗЕ

**К ВОПРОСУ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИИ КЛЕТОК И ЯДЕР  
 ЗАРОДЫШЕВОГО МЕШКА**

(Представлено академиком Н. Н. Кецохели 13.12.1965)

Зародышевый мешок покрытосемянных растений издавна привлекает внимание исследователей, так как именно здесь формируется будущий организм. Однако, несмотря на достаточно длительное изучение, зародышевый мешок и поныне остается неисчерпаемым объектом исследования.

При изучении зародышевого мешка и начальных фаз эмбриогенеза у жизнеспособных и нежизнеспособных пшеничных гибридов наше внимание привлекли некоторые особенности халазального конца зародышевого мешка, в частности поведение антипод.

Известно, что обычно восьмиядерный двухполюсный зародышевый мешок содержит три антиподы. Однако у пшениц, как и у всего семейства *Gramineae*, антиподы делятся и превращаются в многоклеточные образования (рис. 1). В литературе мы нашли объяснение данному явлению. Зародышевый мешок основную часть питательных веществ получает через халазу, так как именно к ней подходят проводящие пучки. В. Г. Александров [1], исследовав антиподы пшеницы, объяснил их рост и размножение лучшими условиями питания халазальной части зародышевого мешка: «Питательные вещества поступают прежде всего в основной своей массе к антиподам, а затем уже проводятся к яйцевому аппарату. Клетки антипод — как находящиеся в лучших условиях питания — по своей дифференциации и в созревании явно обгоняют яйцеклетку и синергиды». Е. Н. Герасимов-Навашинна поддерживает такую точку зрения [2]. Подобное мнение высказывает и Я. С. Модилевский [3]: «Под влиянием обычно благоприятных условий питания антиподы способны в одних случаях расти или размножаться...»

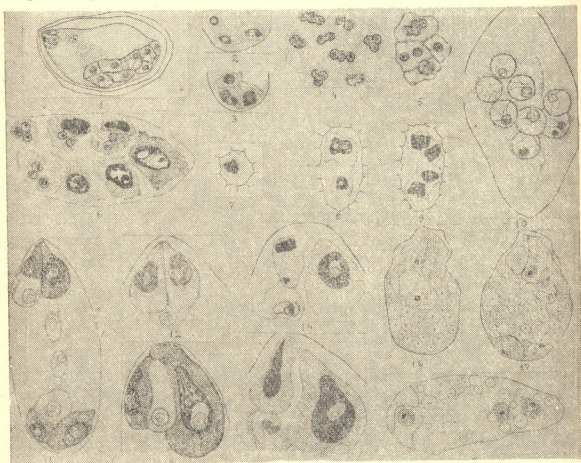
Таким образом, согласно литературным данным, у пшениц антиподы растут и размножаются в связи с лучшими условиями питания.

Позже нами исследовались представители рода *Allium*. В этом случае наше внимание было привлечено опять-таки халазальным концом зародышевого мешка. В отличие от пшениц, здесь антиподы дегенерируют почти сразу же после возникновения — до формирования клеток (рис. 2) или же после их формирования (рис. 3).

После ознакомления с обширной литературой нам стало ясно, что из элементов зародышевого мешка наиболее изменчивыми, эфемерны-

ми и неустойчивыми являются антиподы. В некоторых группах растений (зародышевый мешок которых формируется по типу *Oenothera*, *Weddellina* и *Eriostemon*) в халазальной части зародышевого мешка ядра вообще отсутствуют, иногда же имеются одно или два ядра, неспособные к дальнейшему делению (некоторые представители *Podostemonaceae* и *Orchidaceae*) [4]. У большинства покрытосемянных ядра халазальной части обычно рано дегенерируют.

Исследователи имеют в виду именно такой распространенный среди покрытосемянных ранний распад антипод, когда говорят о депрессии халазальной части зародышевого мешка. Они предполагают, что эволюция женского гаметофита протекает путем редукции тех элементов (антипод) зародышевого мешка, которые непосредственно не участвуют в процессе оплодотворения [5, 6].



Таблица

Таким образом, некоторые исследователи приписывают рост и размножение антипод хорошим условиям питания; другие исследователи, если антиподы, несмотря на те же благоприятные условия питания (как уже отмечалось, зародышевый мешок основную часть питательных веществ получает из халазы) дегенерируют преждевременно, усматривают в этом депрессию халазальной части зародышевого мешка.

Именно эти противоречия литературных данных и послужили основанием для данной работы.

Следует отметить, что в эмбриологических работах отмечается тенденция связывать процессы, происходящие в халазальной части зародышевого мешка, с лучшими условиями питания. Возьмем хотя бы эндосперм. При развитии эндосперма нуклеарного типа особое внимание привлекают большие ядра, которые, как правило, описываются в халазальной части зародышевого мешка. Еще полвека назад Немец [7] указывал, что крупные ядра эндосперма возникают путем гипертрофии. Гейтлер [7] полагает, что большие ядра халазальной части полиплоидны и произошли путем нетипичного эндомитотического деления.

Отдельные исследователи возникновение различных по величине и форме ядер эндосперма связывают с amitotическим делением. Тут же следует отметить, что ядра эндосперма различной величины, несомненно, могут образовываться amitotическим делением. Однако, по нашему мнению, amitotическим делением нельзя объяснить происхождение больших ядер. Эти полиплоидные ядра слишком велики, чтобы они могли произойти amitotическим делением обычных триплоидных ядер эндосперма. Часть исследователей считает, что крупные халазальные ядра являются продуктом слияния обычных ядер эндосперма [8].

В нашем материале (некоторые виды рода *Allium*) большие ядра эндосперма явно возникают вследствие слияния обычных триплоидных ядер. Вначале в таких больших ядрах еще различаются собственные очертания слившихся ядер (рис. 4, 5). Слияние происходит как в ядерной (рис. 4), так и в клеточной (рис. 5) фазе.

Как видим, взгляды на возникновение больших ядер халазальной части эндосперма различны. Нам особо хочется остановиться на предположении, высказанном М. И. Худяк [7] относительно происхождения больших ядер халазальной части. Автор увеличение ядер эндосперма объясняет лучшими условиями питания. Е. И. Устинова [9] хотя и считает образование полиплоидных ядер нуклеарного эндосперма результатом слияния свободных ядер, но вместе с тем наличие у халазы больших ядер она связывает с лучшими условиями питания.

Таким образом, некоторые исследователи лучшими условиями питания объясняют не только размножение антипод, но и увеличение ядер эндосперма.

Эндосперм злаков, в частности пшеницы, изучен наиболее полно. В этой группе растений исследован эндосперм не только отдельных видов, но и их гибридов, а дезорганизация клеток эндосперма у халазы была описана лишь в 1957 г. Янг Мяо-сином [7]. Это явление отмечено было и М. И. Худяк [7].

У изученных нами видов рода *Allium* также отмечалось отмирание больших ядер у халазы. Эти ядра обнаруживают явные признаки дегенерации, тогда как другие триплоидные ядра вполне нормальны (рис. 6).

М. И. Худяк объясняет это явление следующим образом: «Природа описанного явления остается невыясненной. Можно полагать, что она связана с теми физиолого-биохимическими процессами, которые протекают в зародышевом мешке пшеницы в период образования эндосперма. Тот факт, что деформации подвергаются в основном клетки, граничащие с плаценто-халазой, свидетельствует о том, что это явление обусловлено притоком веществ из материнского организма» [7].



Получается, что условия питания в халазальной части дают возможность объяснить не только причину происхождения более жизнеспособных антипод или же крупных ядер эндосперма, но и их дезорганизацию.

Предположение, что в халазальной части зародышевого мешка размножение антипод и рост ядер эндосперма, а затем и дегенерация этих ядер вызваны лишь лучшими условиями питания, нам кажется вызывающим сомнение. Если допустить, что увеличение объема и жизнедеятельности ядер в халазальной части зародышевого мешка обусловлено только лишь поступлением питательных веществ из халазы и лучшими условиями питания в этой части, то это обстоятельство аналогичным образом должно влиять и на любые другие ядра или клетки, попавшие в эту часть зародышевого мешка. Всегда ли это так? Нет, не всегда.

Антиподы у большинства покрытосемянных, как мы уже отмечали, дегенерируют очень рано. Отсюда следует, что антиподы в халазальной части не только не растут, но не достигают даже нормального развития. Чаще, как правило, они дегенерируют очень рано, хотя, по сравнению с другими элементами зародышевого мешка, имеют лучшие условия для питания.

В халазальной части, как уже отмечалось, дегенерируют и большие ядра эндосперма.

Таким образом, условиями питания не могут быть объяснены изменения, осуществляющиеся в халазальной части зародышевого мешка.

Давно известно, что наличие любого образования и его морфологические особенности тесно связаны с его функциональной деятельностью.

По нашему мнению, увеличение эндоспермальных ядер в халазальной части и у некоторых видов сохранение и размножение антипод в этой же части вызываются не лучшими условиями питания, а в первую очередь, именно их участием в определенных жизненных процессах, в частности в питании зародышевого мешка.

Правда, многие авторы [1, 3, 4, 8] указывают на участие антипод, сохраняющихся относительно долго в зародышевом мешке, в функции питания или в метаболизме. Некоторые авторы [3, 7, 8] отмечают также активную роль больших ядер халазальной части эндосперма в развитии зародышевого мешка и его элементов, особенно в питании зародыша, однако сохранение и размножение антипод или же увеличение ядер эндосперма они приписывают хорошему питанию, т. е. их наличие и морфологическое состояние объясняют лучшими условиями питания, и лишь после этого указывают на их функциональное назначение.

Общезвестно, что условия существования, в особенности питание, определяют рост и развитие живого организма, в том числе и растения. Изменение условий питания, несомненно, оказывает огромное влияние на состояние всего организма, в частности отдельных органов.

Наглядным примером того, что питание обуславливает наличие и развитие отдельных органов, является изученный нами вивипарный *Allium sativum*. У этого вида ко времени формирования женского гаметофита в соцветии наблюдается интенсивное развитие воздушных буль-

бочек, которые поглощают почти все питательные вещества, идущие на формирование генеративных органов. Это влечет за собой острое голодание цветков. Поэтому в мегаспорогенезе дегенерация наступает с самого начала его развития (рис. 7, 8, 9), преимущественно с археспоральной клетки. Крайне редко возникают аномальные недифференцированные, аполярные, стерильные зародышевые мешки (рис. 10).

Таким образом, без питания вообще не может быть речи о нормальном формировании зародышевого мешка. Но если питание нормально упорядочено, если зародышевый мешок нормально получает нужные ему питательные вещества, то тогда зародышевый мешок любого растения формируется по характерному для данного вида типу. В этом случае в самом зародышевом мешке наличие и развитие отдельных элементов, в частности присутствие или отсутствие антипод, зависит уже от их функционального назначения. В том, что условия питания не являются в данном случае определяющими, еще раз убеждает нас явление атавистического порядка. Как мы уже указывали, в изученных нами видах рода *Allium* антиподы обычно рано дегенерируют. Однако у *Allium schoenoprasum* антиподы иногда не только не дегенерируют, а, наоборот, сохраняются в сформированном зародышевом мешке и после оплодотворения. В подобных случаях антиподы без исключения имитируют яйцевой аппарат (рис. 11).

Ясно, что сохранение антипод у *Allium schoenoprasum* нельзя приписать лучшим условиям питания. Нужно подчеркнуть, что в данном случае мы имеем дело с одним и тем же видом, более того — с зародышевыми мешками одной и той же завязи, где, несомненно, условия их питания одинаковы. При каких-то нарушениях в обмене веществ иногда восстанавливается старая функция антипод — яйцеклеточность, что и является причиной их относительно долгого сохранения.

Зародышевый мешок покрытосемянных весьма упорядоченное, высокоорганизованное образование. Между его элементами распределены определенные функции. Яйцеклетка и полярные ядра всегда служат одной цели — возникновению зародыша и эндосперма. Синергиды, по мнению исследователей, притягивают пыльцевую трубку, растворяют ее оболочку и освобождают сперми. Наиболее изменчивыми, эфемерными элементами зародышевого мешка являются антиподы, которые у большинства покрытосемянных разрушаются уже в самой начальной фазе возникновения.

Вышеуказанное распределение функций между элементами зародышевого мешка является достаточно наглядным и изучено сравнительно хорошо. Однако до образования эндосперма обеспечение питанием зародышевого мешка и его элементов исследовано весьма недостаточно. Мы затронем этот вопрос в той мере, в какой позволяет наш материал и отчасти литературные данные.

Известно, что у ряда растений, например, у пшеницы, функцию питания зародышевого мешка и его элементов до образования эндосперма выполняют антиподы. Существует мнение, что в случае раннего отмирания антипод, у некоторых видов эту функцию берет на себя синергида. Означенное явление наблюдается у изученных нами видов рода *Allium*.

Ранняя дегенерация антипод у изученных нами видов вызывается не плохими условиями питания (наоборот, в этом отношении они имеют самое выгодное расположение, по сравнению с другими элементами), а тем, что у них нет никакого назначения. Синергида же, которая у большинства покрытосемянных после оплодотворения, т. е. после выполнения своей функции, дегенерирует, здесь сохраняется. В начале синергиды равновеликие (рис. 12). Позже одна синергида значительно разрастается и превосходит вторую (рис. 13). Во время оплодотворения меньшая синергида всегда разрушается, а большая остается (рис. 14, 15). Именно эта большая синергида получает новое назначение — выполняет функцию питания сначала зиготы, а затем зародыша. Поэтому эта синергида и отличается морфологически и сохраняется довольно долго после оплодотворения.

Есть растения, у которых антиподы дегенерируют рано, а синергиды обычно разрушаются при оплодотворении. В питании не участвуют ни синергиды, ни антиподы. Например, у *Acacia baileyana* [4] питание зародышевого мешка обеспечено наличием в нем большого количества крахмальных зерен (рис. 16, 17). На рисунках видно значительное уменьшение крахмала после оплодотворения (рис. 18).

Итак, в различных случаях сохранение и рост антипод или синергид обусловлены не лучшими условиями питания, а наличием у них определенных функциональных назначений. Когда утрачивается способность функционировать, они обязательно вырождаются.

У тех покрытосемянных, у которых антиподы сохраняются дольше, участвуя в функции питания, они обычно разрушаются вскоре после образования эндосперма. Подобное разрушение антипод понятно. Тут уже хорошие условия питания не могут их спасти. Антиподы, выполнившие свою функцию, вытесняются эндоспермом. Они уступают место образующейся путем оплодотворения, более совершенной, специализированной ткани, упорядочивающей питание зародыша.

Почему же разрушаются большие халазальные ядра эндосперма? Большие ядра эндосперма образуют особый участок в халазальной части зародышевого мешка. Эти ядра определенно разнятся от остальных ядер эндосперма не только морфологически (величина), но и физиологической активностью. Как указывает Н. В. Цингер [10], слияние ядер эндосперма обуславливает интенсификацию физиологических процессов в халазальной части эндосперма. По мнению исследователей, эти ядра активно разрушают окружающие покровные ткани, перерабатывают питательные вещества, полученные из остатков этих разрушенных клеток и проводящих пучков и транспортируют их элементам зародышевого мешка. Эти ядра непосредственно и активно участвуют в функции питания. Таким образом, в эндосперме ядра халазальной части представляют собой как бы отдельное образование — морфо-физиологически и функционально обособленный участок. Как видно, для обеспечения нормального развития зародыша на определенных ступенях эмбриогенеза необходимо наличие таких активных ядер. Позднее, когда многоклеточный зародыш достигает довольно значительных размеров, когда зародышевый мешок почти полностью заполнен эндоспермом, а зародыш окружен толстым слоем ядер и плазмы эндосперма, когда в связи с этим зародыш имеет возможность получить

питательные вещества из непосредственно прилегающих участков эндосперма, значение больших халазальных ядер постепенно сходит на нет. Как отмечалось, слияние ядер эндосперма сильно повышает их физиологическую активность [10]. Возможно, с этим связан механизм дегенерации больших ядер и именно эта высокая активность обуславливает более быстрое изнашивание полиплоидных эндоспермальных ядер, по сравнению с обычными.

На определенном этапе эмбриогенеза большие ядра утрачивают свое функциональное назначение, становятся уже ненужными и деформируются аналогично деформации уже ненужных антипод после образования эндосперма или ненужных синергид после оплодотворения.

Итак, по нашему мнению, поведение элементов в халазальной части зародышевого мешка и вообще в зародышевом мешке более целесообразно объяснить не условиями питания, а их функциональным назначением.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт ботаники

(Поступило в редакцию 13.12.1965)

გოტანიკა

ბ. ღვაღაძე

ჩანასახის პარკის უჯრედებისა და ბირთვების სტრუქტურისა  
და ფუნქციის შესწავლისათვის

რეზიუმე

ჩანასახის პარკის ხალაზური ნაწილის უჯრედებისა და ბირთვების შესახებ ლიტერატურაში ურთიერთსაწინააღმდეგო მოსაზრებებს ვხვდებით. თუ ხალაზაში ანტიპოდები მრავლდება, მკვლევრები ამას კვების უკეთეს პირობებს მიაწერენ; თუ კი ანტიპოდები ნაადრევად დეგენერირდება, მკვლევართა მეორე ნაწილი მიუთითებს ხალაზური ნაწილის დეპრესიაზე.

ჩვენ საშუალება გვქონდა ემბრიოლოგიური კვლევა ჩავეტარებინა ხორბლებში, რომლებშიც ანტიპოდები დიდხანს შეინარჩუნება და Allium-ის გვარის ზოგიერთ სახეობაში, რომლებშიც ანტიპოდების მეტისმეტად ნაადრევი დეგენერაციით გამოირჩევა. უჯრედებისა და ბირთვების შენარჩუნებასა და სტრუქტურულ თავისებურებებს რომ ხალაზის საკვებით უკეთესი უზრუნველყოფა განაპირობებდეს, მაშინ გაუგებარია გვარ Allium-ის ჩვენ მიერ გამოკვლეულ სახეობებში ანტიპოდების ნაადრევი დაშლა (ამ სახეობებშიც, საერთოდ ფარულთესლოვანთა მსგავსად, საკვები ხალაზადან შედის და მასასადამე ანტიპოდები ჩანასახის პარკის სხვა ელემენტებთან შედარებით კვების უკეთეს პირობებშია).

ხალაზურ ნაწილში ანტიპოდებისა და ენდოსპერმის ბირთვების შესწავლამ დაგვარწმუნა, რომ ბირთვებისა და უჯრედების აქ მიმდინარე ცვლილებები არ შეიძლება აიხსნას კვების უკეთესი პირობებით.

დიდი ხანია ცნობილია, რომ ნებისმიერი წარმონაქმნის არსებობა და სტრუქტურა უშუალოდა დაკავშირებული მის ფუნქციურ თავისებურებებთან. ჩვენი აზრით, ჩანასახის პარკის ხალაზურ ნაწილში ენდოსპერმის ბირთვების გადიდება, აგრეთვე ზოგ მცენარეში ანტიბოდების შენარჩუნება-გამრავლება სწორედ მათი ფუნქციური დანიშნულებით — კვებაში მათი მონაწილეობითაა გაპირობებული.

დასოფმიბული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Александров. К физиологии зародышевого мешка. Труды Ин-та ботаники АН СССР, сер. VII, «Морфология и анатомия растений», М.—Л., 1962.
2. Е. Н. Герасимова-Навашина и С. Н. Коробова. О роли синергид в процессе оплодотворения. Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы, отд. биол. 64, вып. 5, 1959.
3. Я. С. Модилевский. Эмбриология покрытосемянных растений. Киев, 1953.
4. П. Магешвари. Эмбриология покрытосемянных, 1954.
5. И. Д. Романов. Происхождение особой структуры ядер эндосперма у *Gagea*. ДАН СССР, т. 141, № 4, 1961.
6. Г. И. Глущенко. Цитозембриологические исследования *Allium cepa* L. Автореферат, М., 1958.
7. М. И. Худяк. Эндосперм покрытосемянных растений. Киев, 1963.
8. В. А. Поддубная-Ариольди. Общая эмбриология покрытосемянных растений. М., 1964.
9. Е. И. Устинова. Эмбриология покрытосемянных растений с основами цитологии. М., 1965.
10. Н. В. Цингер. Семя, его развитие и физиологические свойства. М., 1958.



მემენარმოზა

ზ. ოზოლასი

**პამიდვრის მკვახე ნაყოფების აღებისუფამლომი მომწიფების  
 მარტივი მეთოდების შესახებ**

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა შ. ჭანიშვილმა 16.3.1966)

იმერეთის სამრეწველო მებოსტნეობის ზონაში (სამტრედიის, წყალტუბო-სა და წულუკიძის რაიონები) ფართოდაა გავრცელებული პამიდვრის ღია გრუნტში თესვა. მაგალითად, 1965 წელს პამიდვრის მთლიანი ფართობის 1107 ჰექტარიდან 567 ჰექტარი გრუნტში ნათესი იყო.

ღია გრუნტში დათესილი ან გვიან ვადებში (მაისი, ივნისი) დარგული პამიდვრის (განსაკუთრებით, საგვიანო ჯიშები) ვერ ასწრებს გამონასკვული ნაყოფების მთლიანად მომწიფებას, რის გამო შემოდგომის დაბალი (6—8°) ტემპერატურის დადგომის წინ დიდი რაოდენობით იკრიფება ზრდასრული, მოუმწიფებელი მწვანე ნაყოფები. ასეთი ნაყოფები იმაზე მეტია, რაც საჭიროა დასამწიფებლად და მარინადების დასამზადებლად.

მწვანე ნაყოფების ხელოვნურად მომწიფება უზრუნველყოფს საერთო მოსავალში მწიფე ნაყოფების ხვედრითი წონის გაზრდას და 1—3 თვემდე ახანგრძლივებს ღია გრუნტიდან მწიფე ნაყოფით მოსახლეობის მომარაგების პერიოდს. ხელოვნურად მომწიფებული ნაყოფი თავისი ხარისხით ბევრად არ ჩამორჩება ძირზე მომწიფებულ პამიდვრს.

პამიდვრის მწვანე ნაყოფების ხელოვნურად მომწიფების შესახებ მრავალი აზრი და სხვადასხვა წესი არსებობს, მაგრამ ჩვენს პირობებში ეს წესები საკმაოდ გამოცდილი როდია. დღეისათვის პამიდვრის მომწიფების საუკეთესო მეთოდად ვაზებით (ეთილენი, აცეტილენი, პროპილენი და სხვა) მომწიფება ითვლება. ეთილენი 2-3-ჯერ აჩქარებს მომწიფების პროცესს და მწვანე ნაყოფები 5—6 დღეში მწიფდება.

ასეთი წესით პამიდვრის მომწიფებისათვის საჭიროა სპეციალურად მოწყობილი პერმეტულად დახურული კამერები. კამერებში ნაყოფებს ათავსებენ თაროებზე 1—2 ფენად. მომწიფების პერიოდში იცავენ 18—21°C ტემპერატურასა და 85% ფარდობით ტენიანობას. კამერის ყოველ კუბურ მეტრზე საჭიროა 0,5 ლიტრი ეთილენის გაზი. უანგბადით უზრუნველყოფის მიზნით დღე-ღამეში ერთხელ 25—30 წუთით კამერას ანიავებენ, რის შემდეგ მასში კვლავ შეუშვებენ ეთილენს, ამავე დოზით.

ეთილენის მისაღებად იყენებენ პროფ. ი. რაკიტიჩისა და ინჟინერ გ. ალექსენკოს მიერ შემუშავებულ აპარატ PA—20-ს.

პროპილენი 2-ჯერ ნაკლებია საჭირო, ვიდრე ეთილენი. აცეტილენი, ორბევსთან შედარებით, უფრო ნაკლებეფექტურია.

იმის გამო, რომ გაზებით პამიდვრის მომწიფება საკმაოდ რთულ აპარატურასა და სპეციალურად მოწყობილ პერმეტულ კამერებს მოითხოვს. ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა პამიდვრის მომწიფების მარტივი წესები. ამისათვის შევისწავლეთ: 1. პამიდვრის მომწიფება სხვადასხვა ტემპერატურაზე; 2. დღის სინათლის გავლენა პამიდვრის მომწიფებაზე; 3. ულტრაიისფერი სხივების გავლენა პამიდვრის მომწიფებაზე; 4. ვარდისფერი, მურა, რძისებრი და მწვანე ნაყოფების მომწიფება 22—25° ტემპერატურაზე.

ცდისათვის პამიდვრის მწვანე ნაყოფს ფრთხილად (მექანიკური დაზიანების გარეშე) ვკრფდით შემოდგომაზე 6—8° ტემპერატურის დადგომაში. მშრალ ამინდშიდაკრფვილ ნაყოფებს ვაწყობდით ყუთებში 2—3 ფენად.

პამიდვრის ხელოვნურად მომწიფება ტარდებოდა მშრალ, კარგად განიავებულ შენობაში, სადაც დაცული იყო 80—85% ფარდობითი ტენიანობა და გარკვეული ტემპერატურა. შენობაში ტემპერატურის რეგულირებას ვახდენდით ელექტრორადიატორით, ხოლო სასურველ ტენიანობას ვიცავდით სითბოამრეკლ ელექტროლუმელითა და წყლის ორთქლით.

პ ა მ ი დ ვ რ ი ს მ ო მ წ ი ფ ე ბ ა ს ხ ვ ა დ ა ს ხ ვ ა ტ ე მ პ ე რ ა ტ უ რ ი ს ა ს დ ღ ი ს ს ი ნ ა თ ლ ე ზ ე

ჩვენ შევისწავლეთ ნაყოფების მომწიფება: 10—12°; 16—18°; 23—25° და 28—30° ტემპერატურაზე. პაერის ფარდობითი ტენიანობა შეადგენდა 80—85%-ს. თითოეულ ვარიანტისათვის ავიღეთ პამიდვრის ჯიში აღრეულა 10 კვ რაოდენობით. მომწიფების პერიოდში სათავსოს რეგულარულად ვანიავებდით. ცდის შედეგები მოცემულია 1 ცხრილში.

ცხრილი 1

ტემპერატურის გავლენა პამიდვრის ნაყოფის მომწიფებაზე

ტემპერატურა C-ით	მწვანე ნაყოფის წონა კგ-ით	მ ო მ წ ი ფ ე ბ ა												დანაკლისი და დაავადებული	
		5 დღეში		10 დღეში		10 დღეში		20 დღეში		25 დღეში		30 დღეში			
		კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით
10—12	10	—	—	—	—	0,20	2,0	0,9	9,0	1,5	15	3,5	35,0	0,4	4,0
16—18	10	0,1	1,0	2,4	24	5,20	52,0	9,1	91,0	9,6	96,5	—	—	0,35	3,5
23—25	10	0,5	5,0	4,0	40	9,7	97,5	—	—	—	—	—	—	0,25	2,5
28—30	10	0,7	7,0	7,5	75,0	9,60	96,0	—	—	—	—	—	—	0,4	4,0

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, 10—12°-ზე პამიდვრის მომწიფება ძალზე ჭიანჭურდება. მომწიფება იწყება მე-15 დღეს და 30-ე დღეს მწიფე ნაყოფების რაოდენობა მხოლოდ 35%-ს აღწევს; ამ დროისათვის ავადდება და ფუჭდება ნაყოფების 4%.

16—18° ტემპერატურაზე პამიდვრი უფრო ჩქარა მწიფდება და დანაკლისიც უფრო ნაკლებია, ვიდრე 10—12°-ზე მომწიფებისას. 23—25° ტემპერატურაზე

რაზე პამიდვრის მომწიფება შედარებით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს. 5 დღეში მწიფდება ნაყოფების 5%. ამასთან ნაყოფის წონის დანაკარგიც ნაკლებია (2,5%).

ყველაზე უფრო სწრაფია პამიდვრის მომწიფება 28—30° ტემპერატურაზე. 10 დღეში მწიფდება ნაყოფების 75%, ხოლო 15 დღეში—96%. დანაკარგი აქ 4%-ს აღწევს.

მაგამ მაღალ (28<sup>0</sup>-ზე ზევით) ტემპერატურაზე მომწიფებული ნაყოფი უფრო მკრთალი შეფერვისა და გემოთიც უფრო ცუდია, ვიდრე 28<sup>0</sup>-ზე ნაკლებ ტემპერატურაზე მომწიფებული.

ამგვარად, პამიდვრის ხელოვნურად მომწიფებისათვის საუკეთესო ტემპერატურაა 23—25°. თუ გვინდა მომწიფება გავახანგრძლივოთ, მაშინ ნაყოფები 10—12° ტემპერატურაზე უნდა მოვათავსოთ, ხოლო, თუ საჭიროა დაჩქარებული მომწიფება, მაშინ 28—30° ტემპერატურაზე.

სინათლის გავლენა პამიდვრის ხელოვნურ მომწიფებაზე

პამიდვრის ხელოვნურად მომწიფებაზე სინათლის გავლენას შესახებ სხვადასხვა შეხედულებაა. ზოგი (ვ. მარკოვი, მ. ხავეი, გ. ნადრობი) ფიქრობს, რომ სინათლე პამიდვრის მომწიფებისათვის არაა საჭირო, სხვების (ა. ალპატიევი, ა. ლისუნოვი) აზრით კი სინათლე აუცილებელია. საკითხის გასარკვევად გამოვცადეთ პამიდვრის მომწიფება როგორც სინათლეზე, ისე სიბნელეში. ორივე შემთხვევაში დავიცავით ჰაერის 23—25° ტემპერატურა და 80—85% ფარდობითი ტენიანობა. ცდის შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

დღის სინათლის გავლენა პამიდვრის ხელოვნურ მომწიფებაზე

განათება	მომწიფებული პამიდვრის წონა კგ-ით	მომწიფდა								დანაკლასი	
		5 დღეში		10 დღეში		15 დღეში		20 დღეში			
		კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით
სინათლეში	5	0,4	8,0	1,97	39,1	4,20	84,0	4,88	97,6	0,12	2,4
სიბნელეში	5	0,3	6,0	1,60	32,0	3,46	69,2	4,71	94,2	0,29	5,8

როგორც ჩანს, ნაყოფი უფრო ჩქარა მომწიფდება სინათლეზე, ვიდრე სიბნელეში.

ულტრაიისფერი სხივების გავლენა პამიდვრის ნაყოფის მომწიფებაზე

ცდა ტარდებოდა ოთხ ვარიანტად: 1. პამიდვრის მომწიფება დღის სინათლეზე; 2. პამიდვრის მომწიფება დღის სინათლეზე, დღე-ღამეში ორჯერ ნახევარ-ნახევარი საათით ნაყოფების დასხივება ულტრაიისფერი სხივებით; 3. პა-



მიდვრის მომწიფება სიბნელეში; 4. პამიდვრის მომწიფება სიბნელეში, დღე-ღამეში ორჯერ ნახევარ-ნახევარი საათით ნაყოფების დასხივება ულტრაიისფერი სხივებით.

თითოეული ვარიანტისათვის აღებულ იქნა 5 კგ პამიდვრის მწვანე ნაყოფი. ყველა ვარიანტზე ტემპერატურა და ფარდობითი ტენიანობა ერთნაირი იყო, შესაბამისად, 20—25° და 80—85%. დასხივებას ვაწარმოებდით დილით და საღამოთი სამედიცინო შუქამრეკლით 75-ვატიანი ლურჯი ნათურით. შუქამრეკლის დაცილება პამიდვრის ნაყოფებიდან—55—60 სმ.

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, ასეთი დასხივება აჩქარებს პამიდვრის ნაყოფების მომწიფებას და ამცირებს დანაკარგს.

ცხრილი 3

ულტრაიისფერი სხივების გავლენა პამიდვრის ნაყოფის მომწიფებაზე

ვარიანტები	ნაყოფების წონა კგ-ით	მ ო მ წ ი ფ ლ ა								დანაკლ- ისი	
		5 დღეში		10 დღეში		15 დღეში		20 დღეში		კგ-ით	% -ით
		კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით	კგ-ით	%-ით		
პამიდვრის მომწიფება დღის სინათლეზე	5	0,35	7,00	1,95	39,00	4,05	81,00	4,84	96,80	0,16	3,20
პამიდვრის მომწიფება დღის სინათლეზე + დღე-ღამეში ორჯერ ნახევარი საათით ნაყოფების დასხივება ულტრაიისფერი სხივებით	5	0,45	9,00	2,45	49,00	4,75	95,00	4,93	98,60	0,07	1,40
პამიდვრის მომწიფება სიბნელეში	5	0,25	5,00	1,55	31,00	3,80	76,00	4,70	94,00	0,30	6,00
პამიდვრის მომწიფება სიბნელეში + დღე-ღამეში ორჯერ ნახევარი საათით ნაყოფებზე დასხივება ულტრაიისფერი სხივებით	5	0,35	7,00	2,00	40,00	3,95	79,00	4,75	95,00	0,25	5,00

ს ხ ვ ა დ ა ს ხ ვ ა ს ი მ წ ი ფ ე ს პ ა მ ი დ ვ რ ი ს ხ ე ლ ო ვ ნ უ რ ი  
მ ო მ წ ი ფ ე ბ ა

შემოდგომის წაყინებამდე მთავრდება პამიდვრის საბოლოო კრეფა. მწვანე ნაყოფებთან ერთად იკრეფება რძისებრი, მურა და ვარდისფერი სიმწიფის ნაყოფები, რომლებიც შეიძლება ხელოვნურად მოვამწიფოთ.

იმის დასადგენად, თუ რამდენ ხანში მომწიფდება სხვადასხვა სიმწიფის პამიდორი, დავაყენეთ ასეთი ცდა. ავიღეთ პამიდვრის სამი ჯიშის (ადრეულა, პერემოვა-165, მაიაკი 12/20-4) მწვანე, რძისებრი, მურა და ვარდისფერი სიმწიფის ნაყოფების 10—10 კგ და მოვამწიფეთ დღის სინათლეზე 22—25° ტემპერატურისა და 80—85 ფარდობითი ტენიანობის პირობებში (იხ. ცხრილი 4).

სხვადასხვა სიმწიფის ფაზებში მყოფი პამიდვრის ნაყოფების მომწიფება 22—25<sup>o</sup> ცხრილი 4  
ტემპერატურაზე

პამიდვრის ჯიშნი	სიმწიფის ფაზა	მომწიფებელი პამიდვრის წონა კგ-ით	მომწიფება						ღანაკლისი და დაავადებული ნაყოფი	
			5 დღეში		10 დღეში		15 დღეში		კგ-ით	% -ით
			კგ-ით	% -ით	კგ-ით	% -ით	კგ-ით	% -ით		
აღრეულა	მწვანე რძისებრი	10	0,55	5,5	4,00	40,0	9,70	97,0	0,30	3,0
	მურა	10	4,79	47,9	8,68	86,8	9,75	97,5	0,25	2,5
	ვარდისფერი	10	9,10	91,0	9,81	98,1	—	—	0,19	1,9
	ვარდისფერი	10	9,89	98,9	—	—	—	—	0,11	1,1
პერემოგა-165	მწვანე რძისებრი	10	0,65	6,5	4,10	41,0	9,55	95,5	0,45	4,5
	მურა	10	4,90	49,0	8,55	85,5	9,60	96,0	0,40	4,0
	ვარდისფერი	10	9,25	92,5	9,80	98,0	—	—	0,20	2,0
	ვარდისფერი	10	9,90	9,9	—	—	—	—	0,10	1,0
მაიაკი 12/20—4	მწვანე რძისებრი	10	0,60	6,0	3,55	35,5	9,45	94,5	0,55	5,5
	მურა	10	4,95	9,5	8,45	84,5	9,55	95,5	0,45	4,5
	ვარდისფერი	10	9,30	93,0	9,75	97,5	—	—	0,25	2,5
	ვარდისფერი	10	9,85	98,5	—	—	—	—	0,15	1,5

როგორც მე-5 ცხრილიდან ჩანს, აღრეულას მწვანე ნაყოფები თითქმის მთლიანად მწიფდება 15 დღეში.

ამდენივე დრო ჭირდება რძისებრი სიმწიფის ნაყოფების მთლიანად მომწიფებას, მაგრამ იმ განსხვავებით, რომ აქ 5 დღეში მომწიფდა არა 5,5%, არამედ 47,9%, ხოლო 10 დღეში, ნაცვლად 40%-ისა, მომწიფდა 86,8%.

მურა სიმწიფის პამიდვრის მომწიფება უფრო ჩქარა მიმდინარეობს და 10 დღეში მწიფდება ნაყოფების 98,1%. კიდევ უფრო მოკლე დროში მთავრდება ვარდისფერი სიმწიფის პამიდვრის მომწიფება.

მომწიფების პერიოდში უკვლავ ნაკლებად ავადდება ვარდისფერი ნაყოფები, უფრო მეტად—მურა, რძისებრი და მწვანე. თითქმის ანალოგიური შედეგებია პერემოგასა და მაიაკის შემთხვევაში.

საქართველოს მიწათმოქმედების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის ქუთაისის მეზოსტნეობის სასელექციო-საცდელი სადგური (რედაქციას მოუვიდა 16.3.1966)

РАСТЕНИЕВОДСТВО

Ш. Т. ОБОЛАДЗЕ

ПРОСТЕЙШИЕ МЕТОДЫ ПОСЛЕУБОРОЧНОГО ДОЗРЕВАНИЯ НЕЗРЕЛЫХ ПЛОДОВ ПОМИДОРА

Резюме

В условиях низменной зоны Имерети (Западная Грузия) на больших площадях ведется промышленное овощеводство. Здесь широко при-

меняется выращивание помидоров путем непосредственного посева семян в открытый грунт и позднего срока посадки. Как в первом, так и во втором случае выращивание помидоров, особенно у поздних сортов, на растениях к концу осени остается большой процент зеленых плодов. Искусственное дозревание оставшихся незрелых плодов даст возможность увеличения урожая спелых плодов и продления периода их поступления.

Как известно, лучшим методом искусственного дозревания помидоров считается применение газов (этиленового, ацетиленового, пропиленового и др.), но при этом способе требуется довольно сложная аппаратура и специально устроенные камеры, которые ни в одном хозяйстве зоны почти не имеются.

Поэтому мы задались целью изучить простейшие методы дозревания помидоров. В опытах испытывался районированный сорт Адреула.

**I опыт.** Влияние разной температуры на дозревание помидоров. Опыт проведен в четырех вариантах: 10—12°; 16—18°; 23—25° и 28—30°. В каждом варианте дозревалось по 10 кг зеленых плодов.

**II опыт.** Влияние света на дозревание помидоров. Опыт проведен в двух вариантах: дневной свет и полная темнота при температуре 23—25°. В каждом варианте дозревалось по 5 кг зеленых плодов.

**III опыт.** Влияние ультрафиолетовых лучей на дозревание помидоров при температуре 23—25°. Опыт проведен в четырех вариантах: дневной свет (контроль), дневной свет+ в сутки двухкратное досвечивание ультрафиолетовыми лучами по 30 минут, полная темнота (контроль), полная темнота+ в сутки двухкратное досвечивание ультрафиолетовыми лучами по 30 минут. В каждом варианте опыта дозревалось по 5 кг зеленых плодов.

**IV опыт.** Дозревание помидоров разной спелости на дневном свете при температуре 23—25°. Опыт проведен в четырех вариантах по фазам спелости: зеленой, бланжевой, бурой и розовой спелости. В каждом варианте опыта дозревалось по 10 кг плодов.

Во всех опытах соблюдалась относительная влажность воздуха не ниже 80 и не выше 85%. На основе результатов, полученных опытами, можно сделать следующие выводы:

**I опыт:** 1) оптимальная температура для дозревания помидоров колеблется в пределах 23—25°; 2) с целью продления срока дозревания целесообразно производить его при температуре 10—12°; 3) с целью ускорения срока дозревания целесообразно производить его при температуре 28—30°.

**II опыт:** 1) дневной свет ускоряет созревание плодов; 2) дневной свет улучшает количество плодов и их окраску.

**III опыт:** 1) в сутки двухкратное досвечивание по 30 минут ультрафиолетовыми лучами ускоряет дозревание зеленых плодов; 2) уменьшается количество зараженных плодов и снижается высокий убыток.

**IV опыт:** 1) плоды зеленой и бланжевой спелости дозреваются в течение 15 дней; 2) плоды бурой спелости дозреваются в течение 10 дней; 3) плоды розовой спелости дозреваются в течение 5 дней.

მცენარეთა ფიზიოლოგია

ბ. ბერიძე

სიმბიოზური კვების ფიზიოლოგიის შესწავლისათვის

(წარმოადგინა აკადემიოსმა ლ. ჯაფარიძემ 23.7.1965)

ფოთლის, ფესვისა და ღეროს ზედაპირიდან გამოყოფილ ეპიფიტურ მიკროორგანიზმებს აქვთ უნარი ბუნებრივ პირობებში საკვები მიიღონ იმ ნივთიერებების ხარჯზე, რომელსაც გამოყოფენ მცენარეები ზედაპირიდან; ამასთან, ეპიფიტები თვითონ წარმოქმნიან სხვადასხვა მასტიმულირებელ ნივთიერებებს.

იმისათვის, რომ დავედგინა, არსებობს თუ არა მცენარის გამოხსოფებასა და ეპიფიტურ მიკროორგანიზმებს შორის რაიმე დამოკიდებულება, ჩავატარეთ ცდა, სადაც გამოვიყენეთ იზოტოპური მეთოდი. ვაზის ფესვის ფიზიოლოგიის შესწავლის მიზნით ტარდებოდა ცდა გარემო ფაქტორთა გავლენის დასადგენად ვაზის ფესვის მიერ  $P^{32}$ -ის შეთვისებაზე. ამ ცდის ფონზე გამოვყავით ფესვებზე და ფოთლებზე დასახლებული ეპიფიტური მიკროორგანიზმები. სამუშაო შემდეგ მიზანს ემსახურებოდა — გადის თუ არა მცენარეში შეყვანილი რადიოაქტიური ნივთიერება  $P^{32}$  იმ მიკროორგანიზმებში, რომლებიც დასახლებულნი არიან ფესვებზე და მიწის ზედა ორგანოებზე და პირიქით; გადადიან თუ არა აღნიშნული ნივთიერებანი მიკროორგანიზმებიდან მცენარეში.

ცდა დაყენებული იყო შემდეგნაირად:

აღებულ იქნა ვაზის ორი ჯიში — 3309 და 5ბბ, რომლებიც შოვათავსეთ კნობის საკვებ ხსნარში, შემდეგ, მივეციტ რადიოაქტიური ნივთიერება  $P^{32}$  10 ლდის შემდეგ გავაკეთეთ ორივე მცენარის როგორც ფესვის, ისე ფოთლის ანაბეჭდები კომპოსტოსა და МПА-ს არეებზე. სამი ლდის ინკუბირების შემდეგ ( $t=30^{\circ}$ ) მივიღეთ ფოთოლზე და ფესვზე დასახლებულ ეპიფიტურ მიკროორგანიზმთა კოლონიები. შევამჩნიეთ, რომ ფოთლებზე დასახლებულ ეპიფიტებში მეტია პიგმენტირებულ მიკროორგანიზმთა სახეობები, ვიდრე ფესვებიდან გამოყოფილ მიკროორგანიზმებში. ო. გ. შიროკოვის აზრით, ამ მიკროორგანიზმების პიგმენტებს აქვთ დაცვითი თვისება მზის სხივებისადმი: განსაკუთრებით, კაროტინის მსგავს ნივთიერებებს.

რადიოაქტიური მცენარეებიდან გამოყოფილი და პეტრის ფინჯნებზე განვითარებული მიკროორგანიზმთა კოლონიების აქტივობა განსაზღვრულ იქნა „ბ“ დანადგარზე ტორსული მთვლელის გამოყენებით.

1 ცხრილში მოგვეყავს მიკროორგანიზმების მიერ P<sup>32</sup>-ის შთანთქმის ინტენსივობა იმპ/წმ.

იმპ/წმ. ცხრილი 1

ჯ ი შ ი	ფ ე ს ე ე		ფ ო თ ო ლ ი	
	KA	MPA	KA	MPA
5 ბბ	4,9	91,1	1,3	0,7
3309	47,1	33,1	5,1	3,7
3309 ფოთ-ლიდან	0,5	3,7	306,8	505,6

1 ცხრილიდან ჩანს, რომ რადიაქტიური P<sup>32</sup> ინტენსიურად იწყებს მოძრაობას ფესვებიდან ფოთლებისაკენ, რომელსაც (P<sup>32</sup>) ფოთოლზე დასახლებული მიკროორგანიზმები ითვისებს.

დაგვიანტერესა ამ ცდის სხვა ვარიანტმაც, რაც შემდეგნაირად ჩატარდა: ვაზი 3309 მოთავსებულ იქნა კნობის სუფთა საკვებ ხსნარში. აღნიშნულ მცენარეს P<sup>32</sup>-ს ბაზმის ტამპონების საშუალებით ფოთლებიდან ვაწვდიდით.

ფოთლებიდან შთანთქმული P<sup>32</sup> ღეროს გზით ჩავიდა ფესვებში და გარკვეული ნაწილი ფესვებიდან რიზოსფეროში გამოიყო; ამრიგად, P<sup>32</sup> მთელ მცენარეში განაწილდა, რიზოსფეროდან გამოყოფილი მიკროორგანიზმები რადიაქტიური აღმოჩნდნენ. აღნიშნული ცდა მიუთითებს იმაზე, რომ ფესვებზე დასახლებული მიკროორგანიზმები ფესვებიდან გამოყოფილ ნივთიერებებს საკვებად იყენებენ.

ჩვენი შემდეგი ცდა მიზნად ისახავდა მიკროორგანიზმებიდან მცენარეში სხვადასხვა ნივთიერებების გადასვლის დადგენას. ამისათვის P<sup>32</sup>-ით დანიშნული კოლონიები ფრთხილად პლატინის მარყუჟის საშუალებით ფოთლებზე გადაგვჭონდა. მცენარეები ტენიან ნათელ კამერაში იყო მოთავსებული. კოლონიებს ვასახლებდით სხვადასხვა ზონის ფოთლების ორივე მხარეს. ცდის შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

განმეორება	ფოთლის ზონები	ფოთლების აქტივობა P <sup>32</sup>	ფოთლების აქტივობა S <sup>35</sup> B <sup>1</sup>
ყლორტი 1	ქველა	2,3	1,5
	შუა	1,8	0,8
	ზედა	1,5	1,0
ყლორტი 2	ქველა	0,08	0,87
	შუა	3,22	1,75
	ზედა	1,21	1,50
ყლორტი 3	ქველა	0,08	0,22
	შუა	0,06	0,54
	ზედა	0,03	0,21

მე-2 ცხრილიდან ჩანს, რომ ფოთლის ყველა ზონის ეპიფიტური მიკრო-ორგანიზმებიდან მცენარეში  $P^{32}$ -ის გადასვლა აღნიშნული.

ამ მონაცემების მიხედვით, ერთ შემთხვევაში იმ ფოთლებზე, სადაც მოთავსებული იყო რადიაქტიურ მიკროორგანიზმთა კოლონია, უდავოდ ყველაზე მაღალი აქტივობა გვაქვს, რაც შუა ფოთოლზე მცირდება, ხოლო ზედა ფოთოლზე, ე. ი. კენწრისაკენ — კვლავ იზრდება. დაახლოებით ასეთივე სურათია შემდეგ ვარიანტებშიც.

ანალოგიური ცდა ჩავატარეთ რადიაქტიური  $B^1$  ვიტამინის გამოყენებითაც.

მიღებული მონაცემებით ჩვენ შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ მიკროორგანიზმები საკმაოდ ინტენსიურად ითვისებენ მცენარის მიერ გამოყოფილ ნივთიერებებს. ამავე დროს, უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ფესვგარეშე კვების დროს საკვები ნივთიერებები ( $P^{32}$ ,  $B^1$  ცხრილი 2), რაც მიკროორგანიზმების ააშუალებით შევიტანეთ ფოთოლში, შეითვისა არა მარტო იმ ფოთლის ქსოვილებმა, რომელზედაც მოთავსებული იყო რადიაქტიური მიკროორგანიზმები, არამედ იგი მცენარის სხვა ორგანოებშიც განაწილდა.

ამგვარად, მცენარის როგორც მიწისქვედა, ისე მიწისზედა ორგანოებზე დიდი რაოდენობით სახლობენ ეპიფიტური მიკროორგანიზმები, რომლებიც სიმბოლურ ურთიერთდამოკიდებულებაში არიან მცენარესთან.

სიმბიოზი ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული მოვლენაა და ამიტომ სიმბიოზური კვების ფიზიოლოგიის შესწავლა ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ბოტანიკის ინსტიტუტი

## ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. Г. БЕРИДЗЕ

### К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИОЛОГИИ СИМБИОЗНОГО ПИТАНИЯ

#### Резюме

Изучалась связь между выделениями растений и микроорганизмами, а также между выделениями микроорганизмов и растениями с помощью радиоактивного  $P^{32}$ ,  $B_1$ .

Установлено, что микроорганизмы, живущие на корнях и на листьях растений, питаются корневыми и листовыми выделениями.

С другой стороны, нанесенные на листья виноградной лозы эпифитные микроорганизмы, меченные радиоактивным  $P^{32}$ ,  $B_1$ , передают свою метку растениям, что указывает на интенсивный обмен веществ между листовыми микроорганизмами и растением.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Т. С. СУЛАКАДЗЕ, С. М. ШАМЦЯН

О ВЛИЯНИИ ЗИМЫ 1963/64 г. НА ПЕРЕЗИМОВКУ НЕКОТОРЫХ  
ВЕЧНОЗЕЛЕННЫХ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком Н. Н. Кедровели 29.10.1965)

В условиях Грузии наблюдаются периодические понижения температуры, выходящие по своей суровости за пределы обычных морозов для юга. Такие зимы вызывают повреждения и даже полную гибель растений, особенно зимующих в облиственном состоянии. Зима 1963/64 г. оказалась одной из таких суровых зим. Показателями ее «суровости» служили ранние морозы, относительно низкие температуры и продолжительность морозного периода. Самая низкая температура за указанную зиму ( $-12,9^{\circ}$ ) была выше критической для ряда вечнозеленых растений. Кроме того, такое понижение температуры имело место поздно, в конце января. К этому времени растения обычно бывают закаленными и действие подобных температур выносят без существенных повреждений [1]. Из этого следует, что минимальные температуры зимы 1963/64 г. не могли быть основной причиной повреждения растений.

Могли ли пострадать растения в результате длительного воздействия морозного периода (почти весь декабрь и январь были морозными)? Следует отметить, что в декабре-январе хотя и были продолжительные морозы, но, во-первых, они характеризовались постепенным падением температуры, а, во-вторых, самая низкая температура за зиму оказалась выше критической температуры многих вечнозеленых древесных растений. Такие температуры, наоборот, являются благоприятными для развития растениями высокой морозоустойчивости. Как известно, растения при помощи морозов вырабатывают устойчивость против морозов. Например, для прохождения второй фазы закаливания, в процессе которой растения приобретают высокую устойчивость, температуры декабря 1963 г. и января 1964 г. были весьма подходящими. Однако эти благоприятные температурные условия не могли быть использованы, так как растения не прошли предварительно начальной (первой) фазы закаливания, которая осуществляется при пониженных, но положительных температурах [2, 3].

С физиологической точки зрения зимой 1963/64 г. растения пострадали из-за того, что они не были подготовлены к зиме, не развили в себе высокую морозоустойчивость потому, что не прошли полностью процессов закаливания. Причина этого в том, что в конце осени и в начале зимы, когда южные растения проходят закалку, не было нужных температурных условий для осуществления первой фазы закаливания. Но так как растения не прошли тех изменений, которые происходят во время первой фазы при положительных температурах и которые нужны для прохождения последующей второй фазы закаливания, то вторая

фаза закаливания, хотя и имелись подходящие для нее температуры, не могла пройти на должном уровне [2, 3]. В табл. 1 приведены температурные данные для того периода года, который ответствен в подготовке растений к зиме.

Температурные данные зимы 1963/64 г.

Таблица 1

Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль	
мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
6,6	10,4	-3,5	5,0	-0,8	3,5	-3,5	1,9
2,4	7,5	-1,7	5,0	-4,9	0,9	-2,0	10,0
1,7	7,0	-2,1	2,9	-4,2	1,4	-1,3	8,6
2,9	13,6	-3,3	7,0	-7,5	1,4	-1,4	7,1
1,7	13,0	-4,7	4,6	-7,1	6,5	-0,5	2,5
1,9	16,1	-4,9	5,0	-2,0	5,0	1,0	10,5
1,1	15,9	-0,1	8,5	1,3	4,3	-2,0	5,5
3,7	15,4	-1,4	10,2	-2,5	2,5	-0,5	4,5
7,0	12,0	2,8	7,5	-3,3	2,4	-2,6	1,5
3,0	15,9	0,2	4,5	-7,5	3,5	-7,4	4,5
7,0	13,0	-2,3	2,5	-4,9	3,1	-0,7	5,0
1,5	12,3	-7,3	1,5	2,2	5,2	-2,4	3,9
8,0	12,2	-2,3	2,5	-4,9	3,1	-2,8	5,2
5,5	19,1	-4,0	6,6	-2,8	1,9	-4,5	10,0
10,1	16,4	1,0	8,6	-4,5	6,4	-2,5	9,7
7,8	12,0	2,5	9,0	-2,2	4,5	-0,1	8,8
1,3	11,2	2,0	11,5	-5,9	-1,6	0,1	5,5
0,5	15,1	2,5	12,0	-6,9	-3,4	0,1	6,5
1,4	16,4	4,0	16,4	-8,9	-3,9	0,2	8,6
8,9	19,9	4,5	16,9	-4,9	3,4	1,4	9,2
5,6	14,4	5,1	20,9	-2,6	1,9	0,0	11,5
3,4	15,4	5,0	17,0	-6,2	1,8	1,0	15,0
5,2	14,5	-2,0	10,0	-3,4	1,5	3,8	10,0
1,7	9,0	-4,0	0,4	-8,0	2,9	2,6	8,5
0,3	7,8	-1,5	3,4	-7,4	3,1	0,2	3,4
1,1	9,0	-6,9	0,5	-6,1	3,9	-0,1	2,4
1,9	9,3	-6,7	3,4	-3,8	1,0	-0,4	3,9
-1,0	15,0	0,0	3,9	-8,5	1,1	0,0	3,4
0,9	2,6	-2,5	0,9	-7,4	-3,7	-1,8	11,8
		-1,4	1,9	-12,9	-0,4	-	-

Как видно из таблицы 1, ноябрь 1963 г. был обычным — с высокими дневными и пониженными ночными температурами. Абсолютный минимум ( $-1,0^{\circ}$ ) имел место в конце месяца; средняя минимальная температура за месяц  $-3,6^{\circ}$ ; абсолютный максимум  $19,9^{\circ}$ ; средняя максимальная температура за месяц  $12,8^{\circ}$ . Эти температуры высокие и не подходящие для закаливания, но они достаточны для того, чтобы ослабить ростовые процессы, с одной стороны, и способствовать накоплению запасных веществ, с другой. Анализы показали наличие значительного количества крахмала в тканях.

Следующий месяц — декабрь оказался относительно холодным: 19 дней с морозами ночью, абсолютный минимум  $-7,0^{\circ}$ , максимум  $20,9^{\circ}$ , средняя максимальная температура  $7,0^{\circ}$ . Такие температуры сами



по себе не страшны для растений, наоборот, они способствуют прекращению роста и переходу их в состояние покоя. Но, как говорилось выше, для прохождения процессов закаливания, в частности первой фазы, они оказались слишком низкими. В январе также не оказалось подходящих температурных условий для прохождения первой фазы закаливания.

Таким образом, растения в течение почти 2 месяцев не находили условий для закалки и в таком малоустойчивом состоянии 30 января подверглись воздействию температуры 12,9°, которая оказалась критической для малозакаленных растений и они пострадали в соответствии со своей внутренней природой и физиологическим состоянием. Конечно, в повреждении вечнозеленых растений зимой 1964 г. играли роль и другие факторы, отрицательному воздействию которых подвергаются растения зимой вообще и на которых подробно остановился В. С. С х и е р е л и [4, 5]. Этот автор, анализируя причины зимних повреждений вечнозеленых растений зимой 1948/49 и 1949/50 гг., в качестве основных указывает на повреждающее влияние «низких температур, продолжительность морозных периодов, наличие пологой или защищенности местообитания, возраст растений, зараженность их вредителями и болезнями, индивидуальные особенности».

Нет сомнения в том, что все перечисленные явления играли существенную роль в перезимовке растений и зимой 1963/64 г. Однако основным фактором в благополучной перезимовке растений является закаливание, в процессе которого морозоустойчивость растений возрастает в значительной степени — на 8—10 и более градусов у вечнозеленых растений.

Обследование с целью установления перезимовки растений зимой 1963/64 г. проводилось с конца марта до мая включительно. Обследованием были охвачены в основном вечнозеленые деревья и кустарники, произрастающие в ботаническом саду и в прилегающих к нему местах, частично зеленые насаждения города. Следует сказать, что морозоустойчивость многих вечнозеленых лиственных растений в предшествующие годы изучалась нами методом прямого замораживания в холодильных камерах, а также методом определения их внутреннего физиологического состояния в осенне-зимнее время. Приводим табл. 2, в которой указаны критические температуры.

Таблица 2  
Критические температуры некоторых  
вечнозеленых растений

Лавровишня	-14°
Падуб	-15°
Бирючина	-10°
Маслина	-16°
Лавр благородный	-14—15°
Самшит баlearский	-15—16°
Плющ обыкновенный	-15°
Плющ колхидский	-13—14°

Оценку степени зимних повреждений производили по шестибальной системе:

- 1) слабые повреждения (до 15% листьев, в основном старых);

2) средние повреждения (30—40% листьев, верхушки молодых побегов);

3) выше среднего (40—60% листьев, побеги, однолетние ветки);

4) сильные повреждения 60—80% листьев, побеги и ветки до 2 лет);

5) очень сильные повреждения (почти все листья и побеги, ветки до 3 лет);

6) гибель надземной части до корневой шейки.

Результаты обследования перезимовки растений приведены в табл. 3. Для сравнения характера перезимовки растений в различных условиях суровых зим в таблице рядом с нашими данными помещены данные В. С. Схиерели для зим 1948/49 и 1949/50 гг. В таблице обследованные нами растения распределены по группам согласно степени их зимних повреждений.

Следует отметить, что в большинстве случаев растения имели повреждения с северной стороны, что указывает на направление тока холодного воздуха. Кроме того, на открытых местах растения сильнее пострадали. В силу этого одни и те же растения в зависимости от месторасположения повреждались по-разному и при оценке характера перезимовки подразделяются на несколько групп. Например, душистая калина имеет оценку перезимовки в зависимости от местобитания в одном случае в I балл, а в другом случае — в 2 балла; даная и жасмин входят во II и в III группы; бирючина и зимовник — в III и IV группы и т. д.

К числу малоустойчивых относятся бирючина, калина, махония и некоторые другие. По нашим данным, полученным прямым замораживанием, критическая температура для бирючины равна  $-10^{\circ}$ . Однако зимой 1964 г. в защищенных местах в ботаническом саду она меньше пострадала и ее критическая температура оказалась ниже  $-10^{\circ}$ . На северном склоне хребта растения бирючины имели сильные повреждения. Сравнение перезимовки растений зимой 1963/64 г. с перезимовкой в 1949/50 г. часто показывает расхождение между ними, хотя по абсолютному минимуму температуры они одинаковы ( $-12,9^{\circ}$ ).

Интересные данные приводятся по влиянию зимы на citrusовые растения [6], но так как в условиях Тбилисского ботанического сада в открытом грунте они не произрастают, то мы их не приводим.

В заключение остановимся на вопросе о том, почему под пологом растения лучше перезимовали как в 1964, так и в 1949 г. [5], по сравнению с растениями на открытых местах.

Под пологом растения являются защищенными от воздействий неблагоприятных зимних условий, полог смягчает их, и растения меньше страдают под ним. Но растения под пологом других растений по своему внутреннему состоянию менее устойчивы, чем растения на открытых местах. Условия открытого места являются более благоприятными для изменения физиологического состояния в направлении развития в растениях устойчивости. Так, например, рост растений на открытых местах более умеренный, растения раньше переходят в покой, накапливают больше запасных веществ, содержание воды в них меньше и т. д. В лесу, под пологом растений, наоборот, условия складывались неблагоприятно для закалывания и растения вообще независимо от местообитания вошли в зиму плохо подготовленными. На фоне слабой

подготовки растения под пологом имели то преимущество, что они оказались защищенными и испытали ослабленное воздействие повреждающих факторов.

Таблица 3  
Зимние повреждения вечнозеленых растений

Наши данные	Данные В. С. Схиерели		
	1963/64 г.	1948/49 г.	1949/50 г.
I группа (1 балла)			
Маслина	Средне	Сильно	
Маслина душистая	Незначительно	Незначительно	
Падуб	Мало	—	
Самшит колхидский	—	—	
Лавр благородный	Разно	Сильно	
Плющ обыкновенный	—	—	
Плющ колхидский	—	—	
Мушмула японская	—	Разно	
Дуб американский	—	—	
Филлирея	Незначительно	Незначительно	
Дуб каменный	Слабо	Сильно	
II группа (2 балла)			
Магнолия крупнолистная	—	—	
Маслина душистая	—	—	
Дуб американский	—	—	
Падуб	—	Незначительно	
Кизил японский	—	*	
Нандина	—	—	
Барбарис	—	Листья	
Бересклет мелколистный	—	—	
Даная	—	Слабо	
Жасмин	Сильно	—	
Можжевельник	—	—	
III группа (3 балла)			
Жасмин	Сильно	—	
Даная	Кладонии	—	
Земляничное дерево	—	—	
Лавровишня	Незначительно	Сильно	
Фотиния	—	—	
Бирючина	Листья, побеги	Сильно	
Зимовник	—	—	
Роза вьющаяся	Не пострадали	—	
Иглица	Сильно	Сильно	
Иглица	50%	—	
IV группа (4 балла)			
Бирючина	—	Сильно	
Зимовник	—	—	
Калина	Разно	Сильно	
Махония	Разно	Сильно	

Очень сильных повреждений, а также отмерзания до корня не наблюдалось.



### Выводы

1. Зима 1963/64 г. в г. Тбилиси была суровая, с продолжительным морозным периодом и с довольно низким абсолютным минимумом температуры ( $-12,9^{\circ}$ ). В указанную зиму пострадало много южных вечнозеленых растений, среди которых были и такие, критическая температура которых ниже  $-12,9^{\circ}$ , т. е. минимума этой зимы.

2. Основной причиной повреждений и гибели вечнозеленых растений зимой 1963/64 г. надо считать относительно низкую морозоустойчивость растений, обусловленную слабой закалкой, которая из-за неблагоприятного распределения низких температур осенью и зимой не могла осуществиться в растениях на должном уровне.

Академия наук Грузинской ССР

Институт ботаники

(Поступило в редакцию 29.10.1965)

მცენარეთა ფიზიოლოგია

თ. სულაქაძე, ს. შამციანი

1963/64 წწ. ზამთრის გავლენა ზოგიერთი მარადვარანი მცენარის  
გადაზამთრებაზე

რეზიუმე

ჩატარებულ იქნა ცდები თბილისის ბოტანიკურ ბაღსა და მის მიდამოებში მოზარდ მარადვარან მცენარეთა რეაქციის დასადგენად 1963/1964 წწ. ზამთრის ყინვების მოქმედებაზე. აღნიშნულ წელს ზამთარი შედარებით მკაცრი იყო ქ. თბილისში — ის ხასიათდებოდა ხანგრძლივი ყინვიანი პერიოდით (67 დღე უარყოფითი ტემპერატურით) და საკმაოდ დაბალი აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურით ( $-12,9^{\circ}$ ). ჩატარებულმა გამოკვლევამ აჩვენა, რომ აღნიშნულ ზამთარში მრავალი სამხრეთის მარადვარანე, ძირითადად მერქნიანი მცენარე დაზიანდა. მათ შორის ისეთი მცენარეებიც, რომელთა კრიტიკული ტემპერატურა ამ ზამთრის მინიმალურ ტემპერატურაზე უფრო დაბალია.

1963—1964 წწ. შემოდგომა-ზამთრის წინა პერიოდის მეტეოროლოგიური მონაცემების გაანალიზების საფუძველზე გამოთქმულა მოსაზრება, რომლის თანახმად აღნიშნულ ზამთარში მცენარეების დაზიანებისა და დაღუპვის მთავარი მიზეზი მათი დაბალი ყინვაგამძლეობა უნდა იყოს, ხოლო მცენარეთა ყინვაგამძლეობის დაბალი ხარისხი შედეგია დაბალი ტემპერატურების არახელსაყრელი განრიგებისა. რის გამოც მცენარეებმა ვერ გაიარეს ზამთრისათვის გამობრძმედა სათანადო დონეზე და ვერ შეიძინეს გამძლეობის უნარი.

### დასოფიბაული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т. С. Сулакадзе. Физиологические основы морозоустойчивости цитрусовых растений. Автореферат, Тбилиси, 1963.
2. И. И. Туманов. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. Сельхозгиз, 1940.
3. И. И. Туманов. Современное состояние и очередные задачи физиологии зимостойкости растений. Труды конфер. по физиол. устойчив., 1960.
4. В. С. Схиерели. Влияние зимы 1934/35 г. на древесную растительность Тбилисского ботанического сада. Труды Тбилисского ботанич. ин-та, т. III, 1938.
5. ვ. სხიერელი. 1948/49 და 1949/50 წწ. ზამთრის ყინვები და მათი გავლენა თბილისის ბოტანიკური ბაღის მერქნიან მცენარეებზე. თბილისის ბოტან. ბაღის მოამბე, 59, 1950.
6. ვ. ალავიძე. ზამთრის გავლენა ციტრუსოვან კულტურებზე საქართველოში. „სუბტროპიკული კულტურები“, 3, 1960.

მცენარეთა ფიზიოლოგია

ნ. კახარავა

ულტრაიისფერი რადიაციის გავლენა სინათლისმოყვარულ და ჩრდილისამთან მცენარეთა ფოტოსინთეზზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ჯაფარიძემ 23. 2. 1966)

ცნობილია, რომ მაღალი მთის მცენარეულობისათვის დამახასიათებელია ფოტოსინთეზისა და სუნთქვის მაღალი ინტენსივობა [1], შაქრების დიდი რაოდენობით დაგროვება, უჯრედის წვენი მალალი ოსმოსური წნევა, მაღალი ყინვაგამძლეობა [2]. ერთ-ერთ მთავარ ფაქტორს, რომელიც განაპირობებს ფიზიოლოგიურ მარეგულაციას აღნიშნულ თავისებურებას, წარმოადგენს მზის რადიაცია, რომელსაც აქ გააჩნია მაღალი ინტენსივობა და სპეციფიური სპექტრალური შედგენილობა. სპეციფიურობა გამოიხატება იმაში, რომ „მთის სინათლე“ მდიდარია ლურჯი და ულტრაიისფერი სხივებით [3].

გამოკვლევის მიზანს შეადგენს იმ ეფექტთა შესწავლა, რომელსაც ამჟღავნებენ ვერტიკალურ ზონალობასთან დაკავშირებით სინათლისმოყვარული და ჩრდილისამთან მცენარეები ულტრაიისფერი რადიაციის მიმართ.

სხვადასხვა გეოგრაფიული პუნქტი განსხვავებული ულტრაიისფერი კლიმატით ხასიათდება. ზღვის დონიდან სიმაღლის მატებასთან ერთად იზრდება ულტრაიისფერი რადიაციის ინტენსივობა და მაღალმთიან ადგილებში საკმაოდ დიდ მარეგულაციას აღწევს [4].

ჩვენ მიერ ჩატარებული გამოკვლევა თბილისისა და ბაკურიანის პირობებში ზემოთ აღნიშნულ კანონზომიერებას ემთხვევა. ბაკურიანში ულტრაიისფერი რადიაციის ინტენსივობა 2—2,5-ჯერ მეტია თბილისთან შედარებით [5].

ჩრდილისა და სინათლის მცენარეთა ფოთლების აღება ხდებოდა თბილისის (450 მ ზღ. დ.) და ბაკურიანის (1700 მ ზღ. დ.) ბოტანიკური ბაღიდან, ფოტოსინთეზის ინტენსივობა განსაზღვრულ იქნა ვარბურჯის მანომეტრული მეთოდით [6], 30° ტემპერატურისა და 12 000 ლუქსით განათების პირობებში.

მართალია, ფოტოსინთეზი განისაზღვრა ბუნებრივი რადიაციისაგან განსხვავებულ განათებაზე, მაგრამ ეს სხვაობა ფოტოსინთეზის ინტენსივობის მარეგულაციებში ეჭვს არ უნდა იწვევდეს, რამდენადაც საქ. მეცნიერებათა აკადემიის ბოტანიკის ინსტიტუტის მცენარეთა ანატომიისა და ფიზიოლოგიის განყოფილებაში მ. ჭრელაშვილის ხელმძღვანელობით ბაკურიანსა და თბილისში, ბუნებრივი რადიაციის პირობებში, რადიომეტრული მეთოდის გამოყენებით ჩატარებული გამოკვლევებით ანალოგიური შედეგი იქნა მიღებული. ბაკურიანის მცენარეებში მაღალი ფოტოსინთეზი თბილისის მცენარეებთან შედარე-

ბით, ულტრაიისფერი რადიაციის მაღალი ინტენსივობით უნდა იყოს გამოწვეული (ცხრილი 1).

ორივე გეოგრაფიულ პუნქტზე ჩრდილის მცენარეები, სინათლის მცენარეებთან შედარებით, ფოტოსინთეზის მაღალი ინტენსივობით ხასიათდებიან.

ფოტოსინთეზის ინტენსივობა — CO<sub>2</sub> მიკროლიტრი 1 სთ-ში 1 სმ<sup>2</sup>

მ ც ე ნ ა რ ე	ცხრილი 1			
	თბილისი		ბაკურანი	
	VII	VIII	VII	VIII
<b>ჩ რ დ ი ლ ის</b>				
წყავი	19.1	12.4	25.4	25.8
შინდანწლა	19.4	16.7	34.6	28.5
უზანი	20.1	20.0	35.4	25.3
გველის სურო	19.4	16.6	31.8	20.4
<b>ს ი ნ ა თ ლ ის</b>				
რცხილა	12.1	11.8	21.7	19.3
ნეკრჩხალი	17.1	16.0	26.3	19.0
მუხა	17.7	16.8	22.4	18.6
ცაცხვი	19.3	9.0	22.0	15.2

საერთოდ, სინათლის მცენარეებს აქვთ მაღალი ასიმილაციური მოქმედება, მაგრამ ჩვენ განსხვავებული შედეგი მივიღეთ. ვფიქრობთ, ეს განპირობებულია იმით, რომ სინათლის მცენარეებში ფოტოსინთეზის ინტენსივობა იზრდება განათების ინტენსივობის მატების პროპორციულად, მაშინ, როდესაც ჩრდილის მცენარეებში ფოტოსინთეზი მაქსიმუმს აღწევს საშუალო განათების პირობებში [7]. ამიტომ ჩრდილის მცენარეებისათვის 12 000 ლუქსი შეიძლება ჩაითვალოს ოპტიმალურ განათებად, რომელზედაც ამ მცენარეთა საასიმილაციო აპარატი მაქსიმალურად მუშაობს, ხოლო სინათლის მცენარეებისათვის 12 000 ლუქსი ჯერ კიდევ ვერ ჰქმნის სინათლით მადლობის პირობებს და ამიტომ მცენარეებიც მაქსიმალურ ფოტოსინთეზს ვერ ამჟღავნებენ.

ივლისთან შედარებით აგვისტოში საცდელ მცენარეებში აღინიშნა ფოტოსინთეზის შემცირება. ეს ცვლილება ემთხვევა ულტრაიისფერი რადიაციის ინტენსივობის შემცირებას, რაც ამტკიცებს მოსაზრებას იმის შესახებ, რომ მაღალშიან პირობებში ინტენსიური ფოტოსინთეზი ტემპერატურულ ფაქტორთან ერთად ულტრაიისფერი რადიაციითაც უნდა იყოს განპირობებული.

ულტრაიისფერი გამოსხივებისადმი ჩრდილისა და სინათლის მცენარეთა რეაქციის შემოწმების მიზნით საცდელი მცენარეები დავასხივეთ დამატებითი ულტრაიისფერი რადიაციით. დასხივების წყაროდ გამოვიყენეთ კვარცის ნათურა  $PPK=2$ . დასხივება დროით  $36 \cdot 10^2$  ვატ. წმ/სმ<sup>2</sup> =  $6 \cdot 10^3$  ერგ/სმ<sup>2</sup>. წმ. (ექსპოზიცია 10 წუთი, მანძილი წყაროდან მცენარემდე 1 მ), მიმდინარეობდა სიბნელეში, ფოტორეაქტივაციის მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით. დასხივების დროს განსაზღვრა ხდებოდა ფოტოელექტრული მოვლელის საშუალებით (მიღებული შედეგები წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში).

აღმოჩნდა, რომ დამატებითა ულტრაიისფერმა დასხივებამ მასტიმულირებლად იმოქმედა საცდელი მცენარეების ფოტოსინთეზზე. ამასთანავე, ეს სტიმულაცია ჩრდილის მცენარეებში უფრო მაღალი ხარისხით მიმდინარეობს,

ცხრილი 2

დასხივებულ მცენარეებში ფოტოსინთეზის ინტენსივობა %-ით (საკონტროლოსთან შედარებით)

მ ც ე ნ ა რ ე	თბილისი		ბაკურიანი	
	VII	VIII	VII	VIII
<b>ჩ რ დ ი ლ ის</b>				
წყავი	116	111	120	126
შინდანწლა	111	117	126	117
უზანი	122	122	123	126
გველის სურო	127	115	137	132
<b>ს ი ნ ა თ ლ ის</b>				
რცხილა	109	108	114	127
ნეკერჩხალი	107	115	108	112
მუხა	106	108	112	106
ცაცხვი	104	109	111	116

ვიდრე სინათლის მცენარეებში. როგორც შახოვის [8], გურსკისა და მის თანამშრომელთა [5] გამოკვლევებიდან ჩანს, მაღალმთიან პირობებში მცენარეები ევოლუციის პროცესში განიცდიან ფოტოადაპტაციას, რომელიც მკლავდება ფოთლებში პიგმენტების შემცველობის გადიდებაში, სინათლის გაძლიერებულ შთანთქმაში სპექტრის მთელ უბანში და ფოტოსინთეზის ინტენსივობის გადიდებაში. სინათლის მაღალი შთანთქმისუნარიანობა და მოკლეტალღიანი რადიაციის მაღალი ინტენსივობა მცენარეებს შეუძლიათ აიტანონ ფოტორეაქტივაციის წყალობით. მართლაც, ბაკურიანის მცენარეებში, რომელთაც ევოლუციის პროცესში გამოუმუშავდათ მაღალმთის პირობებისათვის დამახასიათებელი ტემპერატურული და რადიაციული რეჟიმისადმი შეგუების შესანიშნავი უნარი, ულტრაიისფერი გამოსხივების მოქმედების შედეგად უფრო მეტად ზრდიან ფოტოსინთეზის ინტენსივობას, ვიდრე თბილისის მცენარეები.

ვერტიკალურ ზონალობასთან დაკავშირებით, ულტრაიისფერი რადიაციის ინტენსივობის ზრდა და მცენარეებში ევოლუციის მანძილზე გამოუმუშავებული ფოტოადაპტაციისა და ფოტორეაქტივაციის თვისება დაბლობისაგან განსხვავებით, მაღალმთიან რაიონებში ჰქმნის განსხვავებულ პირობებს მიწათმოქმედების განვითარებისა და კულტურულ მცენარეთა მოშენებისათვის.

დასკვნა

1. ზღვის დონიდან სიმაღლის მატებასთან ერთად იზრდება ულტრაიისფერი რადიაციის ინტენსივობა, ბაკურიანში იგი 2—2,5-ჯერ მეტია თბილისთან შედარებით.

2. დაკვირვების პერიოდში ბაკურიანის მცენარეები ხასიათდებიან ფოტოსინთეზის ინტენსივობის მაღალი მაჩვენებლებით თბილისის მცენარეებთან შედარებით, ამასთანავე 12 000 ლუქსით განათების პირობებში ჩრდილის მცენარეებში ფოტოსინთეზი მეტად იზრდება, ვიდრე სინათლის მცენარეებში.

3. სინათლის ხელოვნური წყაროდან დამატებითა ულტრაიისფერმა დასხივებამ, მასტიმულირებლად იმოქმედა ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე როგორც ბაკურიანის, ასევე თბილისის მცენარეებში, მაგრამ ბაკურიანის მასალაში ფოტოსინთეზის ინტენსივობის პროცენტული მაჩვენებელი უფრო მაღალია.

4. ჩრდილის მცენარეებში ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით ფოტოსინთეზის ინტენსივობა მეტად იზრდება სინათლის მცენარეებთან შედარებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ბოტანიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 26 2. 1966)

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Н. Ф. КАЧАРАВА

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ НА  
ФОТОСИНТЕЗ СВЕТОЛЮБИВЫХ И ТЕНЕВЫНОСЛИВЫХ  
РАСТЕНИЙ

Резюме

Известно, что при переходе к высотам интенсивность облучения в ультрафиолетовой области резко увеличивается, поэтому «горный свет» богат синими и ультрафиолетовыми лучами. В Бакуриани (1700 м н. у. м.) интенсивность ультрафиолетовой радиации в 2 — 2,5 раза больше по сравнению с Тбилиси (450 м н. у. м.). Поэтому в растениях Бакуриани высокая интенсивность фотосинтеза определяется, помимо температурного фактора, также и ультрафиолетовой радиацией. Дополнительное ультрафиолетовое облучение искусственным источником — кварцевая лампа ПРК-2 оказало стимулирующее действие на интенсивность фотосинтеза как в условиях Бакуриани, так и в Тбилиси, но в бакурианских растениях процентный показатель интенсивности фотосинтеза выше.

Различия проявляются между светолюбивыми и теневыносливыми растениями. В результате действия ультрафиолетовых лучей у теневыносливых растений интенсивность фотосинтеза возрастает сильнее по сравнению со светолюбивыми растениями.

Возрастание ультрафиолетовой радиации в горных условиях при наличии свойств фотоадаптации и фотореактивации делают перспективными развитие земледелия и внедрение культурных растений в высокогорных районах.



დამოუკიდებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. О. В. Заленский. Фотосинтез и дыхание культурных растений в условиях Восточного Памира. Известия Тадж. филиала АН СССР, 8, 1944.
2. Т. А. Перишин, С. П. Ландау. К вопросу о влиянии коротковолновой части солнечного спектра на растения. Известия АН СССР, серия биол., 6, 79, 1953.
3. В. П. Беденко. К вопросу об использовании растениями лучистой энергии в зависимости от вертикальной зональности. Труды сектора астроботаники АН КазССР, 7, 1959.
4. Н. Ф. Галанин, В. К. Беликова, А. Д. Вадковская, Е. М. Лопухин. Характеристика ультрафиолетового климата в различных пунктах СССР. Сб.: «Ультрафиолетовое излучение», М., 1953.
5. ცაჭარავა. ულტრაიისფერი კლიმატის შესახებ ბაკურიანის და თბილისის პირობებში. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 1966.
6. В. Л. Вознесенский, О. В. Заленский, О. А. Семихатова. Методы исследования фотосинтеза и дыхания растений. Изд. «Наука», М.—Л., 1965.
7. А. А. Ничипорович. Световое и углеродное питание растений (фотосинтез). Изд. АН СССР, М., 1955.
8. А. А. Шахов, В. С. Хазанов, С. А. Станко. Фотоадаптация и фото-реактивация у растений в горах. Ботанический журнал, т. 47, 1962.
9. А. В. Гурский, А. Ф. Остапович, Ю. Л. Соколов. Влияние ультрафиолетовой радиации на высшие растения. Памирский ботанический сад АН Тадж. ССР, М., 1961.



МИКРОБИОЛОГИЯ

Т. Л. КОБАХИДЗЕ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ  
 МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
 ВИБРИОНОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ОТ КУР

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. П. Каландадзе 29.3.1966)

Вибриозную инфекцию у кур впервые обнаружил Н. Ф. Гамалея в 1888 г. [1]. Он доказал что инфекция у молодняка домашних птиц вызвана особым видом возбудителя. Этот микроб имел вид маленькой изогнутой подвижной палочки. По предложению Н. Ф. Гамалея, выделенный возбудитель заболевания был назван вибрионом Мечникова (*Vibrio Metschnikovii*).

Позднее Лефлер [2] показал, что движение вибриона совершается с помощью очень тонкого жгутика, прикрепленного полярно. Микроб хорошо окрашивается анилиновыми красками, по Граму отрицательный, хорошо растет на обычных средах и на агаре Мартена, образует индол. Было также установлено, что голуби восприимчивы к вибриону Мечникова.

Аббот и Берге [3] пишут, что они в Филадельфии регулярно находили в естественных водоемах рек и в сточных водах микроорганизмы, морфологически и культурально похожие на вибрион Мечникова.

Чукас [4] наблюдал вибриозное заболевание в Венгрии у откармливаемых гусей. Заболевание чаще всего возникало среди птиц, ослабленных плохим содержанием и кормлением.

Делоплан [5] первый в США выделил у цыплят вибрион другой разновидности, хорошо развивающийся только в условиях повышенного содержания углекислого газа. Этот возбудитель вызывает некротические изменения в печени, на основании чего заболевание было названо вибриозным гепатитом кур.

Дальнейшие работы принадлежат Пекхам и Хофстад [6, 7]. Винтерфилд и Севоиан [8—10]. Они наблюдали понижение яйценоскости, отход цыплят с выраженным гепатитом.

Делоплан [3] заражал однодневных цыплят путем скармливания или подкожного введения культур. Винтерфилд [9] подтвердил эту возможность и обнаружил изменения уже через 48 часов, но более выраженные — через 5—12 дней после заражения двухдневных цыплят.

И. Г. Левиной [11] впервые в Советском Союзе были выделены вибрионы из желчного пузыря и крови у цыплят, полученных из одного птицесовхоза и Московского птицекомбината. У больных цыплят были отмечены перерождение печени и катаральное воспаление кишечника.

Из доступных нам литературных источников известно, что до нашей работы вибриозная инфекция среди птиц в условиях Грузинской ССР никем не изучалась. Поэтому было решено провести исследование в крупных птицеводческих хозяйствах Грузинской ССР (Тбилисская, Тамарисская, Норийская, Сагареджойская птицефабрики, Самгорский племптицесовхоз и Самтрედский птицесовхоз) для установления вибриоза среди кур.

Исследования показали, что вибрионы, выделенные от кур, плохо растут на полужидком агаре и на других питательных средах, на которых хорошо растут вибрионы, выделенные от животных (крупного рогатого скота и овец). Поэтому была поставлена задача найти питательную среду, на которой хорошо бы росли и развивались вибрионы, выделенные от кур.

Таблица 1  
Результаты бактериологических исследований эмбрионов, цыплят и кур

Наименование хозяйства	Мертвые эмбрионы		Цыплята 1—30 дней		Молодняк 30—160 дней						Куры-несушки					
					от павших птиц			от вынужденно забитых птиц			от павших птиц			от вынужденно забитых птиц		
	количество	выделены вибрионы	количество	выделены вибрионы	количество	выделены вибрионы	%	количество	выделены вибрионы	%	количество	выделены вибрионы	%	количество	выделены вибрионы	%
Тбилисская птицефабрика	295	—	55	—	98	20	20,4	130	37	28,4	30	3	10	10	1	10
Тамарисская птицефабрика	50	—	41	—	45	9	20	104	29	27,7	11	—	—	34	7	20,6
Норийская птицефабрика	—	—	20	—	94	19	20	55	7	12	3	—	—	39	5	13
Сагареджойская птицефабрика	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	3	15	30	7	23
Самгорский племптицесовхоз	225	—	62	—	77	11	13	108	10	9,8	16	3	18,8	55	8	14,5
Самтрэдский птицесовхоз	—	—	—	—	35	4	11,4	65	12	18,4	—	—	—	—	—	—
Итого	520	—	178	—	349	53	15,2	462	95	18,4	78	9	11,5	168	28	16,7

Для этой цели были изготовлены новые варианты полужидкого агара. Первый вариант среды: куриный мясной отвар 1:2 — 25%; кури-

ный печеночный отвар 1:2 — 25%; дистиллированная вода — 50%; пептон — 1%; поваренная соль — 0,5%; агар — 0,2%; аминокептид — 2 — 5%; рН 7,2 — 7,4. В первом варианте среди аминного азота было 94 мг %. Кроме того, были изготовлены второй и третий варианты полужидкого агара, где вместо куриного мясного и печеночного отвара был применен куриный мясной и печеночный гидролизат. Гидролизаты готовили по методике Я. Э. Джамрулидзе.

Расщепление белков куриной печени и мяса проводилось ферментативным путем. Для этой цели применяли млечный сок инжирового дерева, в котором находится фермент фицин. Благодаря ферментативному гидролизу происходило полное расщепление белков, улучшение качества бульона и в 3 раза увеличивался выход готовой среды. Для исследования использовалась среда с содержанием 105 мг % аминного азота без добавления аминокептида-2.

Третий вариант полужидкого агара готовился из такого же ферментативного гидролизата, но с добавлением аминокептида-2. Опыты показали, что во всех трех вариантах питательных сред вибрионы, выделенные от кур, хорошо росли.

Для исследования и выделения вибрионов брались мертвые эмбрионы кур («задохлики») и органы птиц всех возрастных групп (печень, желчь, легкие). Материал брался как от павшей, так и от вынужденно забитой птицы.

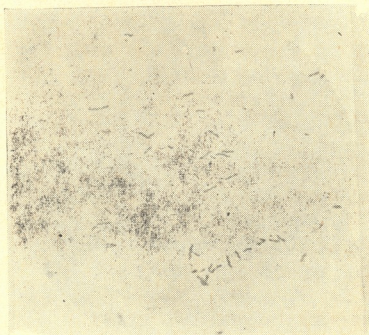


Рис. 1. 48-часовая культура вибрионов кур, х 900

Во всех случаях, когда выделялись вибрионы, у кур наблюдалось отставание в росте, исхудание, поносы, посинение гребня и т. д. При патанатомическом вскрытии обнаруживались катаральное воспаление слизистой кишечника, увеличение печени, иногда с очагами бело-серого цвета, увеличение желчного пузыря в 2—4 раза.

Культуры вибрионов выделялись от кур и молодняка 35-дневного возраста и старше, но из эмбрионов («задохликов») и цыплят до 30-дневного возраста вибрионы не выделялись.

Результаты бактериологических исследований приведены в табл. 1, из которой видно, что в птицеводческих хозяйствах Грузинской ССР вибриозная инфекция распространялась преимущественно среди молодняка кур в возрасте от 35—160 дней и кур-несушек. При исследовании 811 голов молодняка в возрасте 35—160 дней вибрионы выделялись в основном из печени и желчного пузыря 11—20% павших и 10—28% вынужденно забитых цыплят. При исследовании 246 кур-несушек в возрасте 1—2 лет вибрионы выделялись у 10—19% павших и у 10—23% вынужденно забитых. От погибших эмбрионов («задохликов») и 178 цыплят до 30-дневного возраста вибрионы не выделялись.

При микроскопировании чистых культур вибрионов было установлено, что они, как и вибрионы, выделенные от животных, имеют вид изогнутых палочек, спирилл и «чаек» (рис. 1).



Рис. 2. Монотриховая форма вибрионов кур, х 14 250



Рис. 3. Амфитриховая форма вибрионов кур, х 14 250

При просмотре 48-часовой культуры вибрионов под электронным микроскопом были видны ясно монотриховые и амфитриховые формы вибрионов (рис. 2 и 3).

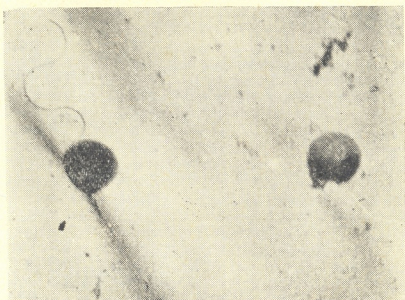
Вибрионы при комнатной температуре 20—22° через 4—6 суток переходили в коккообразные или в зернистые формы и при исследовании

под электронным микроскопом с увеличением в 14 250 раз ясно были видны шаровидные формы с одним жгутиком (рис. 4).

Пересевы кокковой формы вибриона на полужидкий агар приводили к тому, что через 48 часов вновь образовывались типичные формы вибрионов.



а



б

Рис. 4. Шаровидные формы вибрионов кур, x 14 250

Выделенные от кур и цыплят вибрионы испытывались на вирулентные свойства по отношению к куриным эмбрионам. Для этой цели бы-

ло использовано 150 эмбрионов, которые заражались культурами вибрионов, выращенных на полужидком агаре. Все штаммы культур оказались патогенными для куриных эмбрионов, которые погибали через 40—55 часов после заражения. При вскрытии на эмбрионах отмечены сильная инъеция кровеносных сосудов и кровоизлияния на кожной поверхности и оболочках эмбриона, печень увеличена, серовато-коричневого цвета, желчный пузырь увеличен и переполнен желчью. При посеве эмбриональной жидкости на полужидкий агар, приготовленный на среде из второго варианта, всегда имелся типичный рост вибрионов, а при посеве на мясопептонном бульоне и мясопептонном агаре роста вибрионов и другой микрофлоры не наблюдалось.

Таблица 2

Испытание вирулентных свойств вибрионов

№ штамма	Заражение	Вид птицы	№ птицы	Способ заражения	Срок падежа	Изменения в органах			Получение типичного роста в высевах из органов на МПА
						печень	желчный пузырь	катаральное воспаление слизистой кишечника	
II	Эмбриональная жидкость	Цыплен.	9456	В зоб	На 14-й день	Увеличена	Увеличен.	+	+
			9460	В мышцы	На 7-й день	Без измен.	"	—	—
IV	Полужидкий агар	Голубь	9455	В мышцы	Остался жив	"	"	—	—
			5952	В зоб	На 16-й день	Увеличена	"	+	+
VII	Полужидкий агар	Утенок	9448	В мышцы	На 14-й день	"	"	+	+
			9451	В зоб	На 18-й день	"	"	+	+
VIII	Полужидкий агар	Голубь	9450	В зоб	—	—	—	—	—
			9465	В зоб	На 14-й день	—	"	+	+
IX	Полужидкий агар	Цыплен.	9464	В мышцы	На 16-й день	Увеличена	"	+	+
			9459	"	На 20-й день	Некротич. очаг	"	+	+
X	Полужидкий агар	Голубь	9443	В зоб	На 14-й день	Увеличена	—	+	+
			9439	В мышцы	На 16-й день	"	"	+	+
XI	Полужидкий агар	Цыплен.	9442	В зоб	—	"	—	+	+
			9462	В зоб	На 11-й день	—	"	+	+
XII	Полужидкий агар	Утенок	9463	В мышцы	На 8-й день	—	"	+	+
			9457	В зоб	На 16-й день	Увеличена	"	+	+
XIII	Контрольные	Голубь	9461	"	—	—	—	—	—
			9478	"	—	—	—	—	—
XIV	Контрольные	Голубь	9480	—	—	—	—	—	—
			9481	Утенок	—	—	—	—	—

Вирулентные свойства вибрионов испытывались на цыплятах и утятах 15—18-дневного возраста и на голубях, которым 48-часовые культуры вибрионов вводились в зоб или в грудные мышцы в дозе 1—2 мл. Результаты заражения приведены в табл. 2, которая показывает, что первые признаки заболевания (вялость, опущение крыльев, отказ от корма и др.) стали проявляться через 5—10 дней после заражения. Цыплята и утята погибали через 7—16 дней. У голубей каких-либо признаков заболевания не наблюдалось. Из печени и желчного пузыря павших цыплят и утят делали высевы на полужидком агаре, мясопептонном бульоне, мясопептонном агаре. Через 48 часов на поверхности среды полужидкого агара отмечался типичный рост вибрионов, на мясопептонном бульоне и агаре роста микробов не наблюдалось.

### Выводы

1. До настоящего времени совершенно не известна степень распространения вибриозной инфекции среди кур. Эта инфекция мало изучена. Впервые в Грузинской ССР вибриозная инфекция среди кур установлена нами в 1965 г. в шести крупных птицеводческих хозяйствах.

2. Вибриозная инфекция распространена преимущественно среди молодняка в возрасте 35—160 дней и кур-несушек. При исследовании погибших эмбрионов («задохликов») и цыплят до 30-дневного возраста вибрионы не выделялись.

3. Наилучший рост вибрионов, выделенных от кур, происходит на курином печеночном и мясном отваре, а также на среде полужидкого агара куриного мясного и печеночного гидролизата.

4. При росте вибрионов, выделенных от кур, на питательных средах наблюдаются две стадии развития. В первые 30—48 часов вибрионы имеют вид спиралл, «чаек» и изогнутых палочек как с одним, так и с двумя жгутиками. Через 4—6 дней типичные формы вибрионов переходят в кокковые формы.

5. Вибрионы, выделенные от кур, вирулентны для 7—14-дневных куриных эмбрионов, для цыплят и утят 15—18-дневного возраста и не-вирулентны для голубей.

Грузинский зоотехническо-  
ветеринарный учебно-иссле-  
довательский институт

(Поступило в редакцию 29.3.1966)

მიკრობიოლოგია

თ. კობახიძე

ქათმებიდან გამოყოფილი ვიბრიონების მორფოლოგიური და  
ბიოლოგიური თვისებების საკითხის შესწავლის შედეგები

რეზიუმე

ფრინველის ვიბრიოზი საქართველოში პირველად დადგენილ იქნა 1965  
წელს ჩვენ მიერ, მეფრინველეობის ფაბრიკებსა და მეურნეობებში.



ვიბრიოზის აღმძვრელის კულტივირებისათვის დამზადებულ იქნა სამა ვარიანტის საკვები არე, რომლებმაც მოგვცა გაცილებით უკეთესი შედეგი, ვიდრე ვიბრიონებისათვის ჩვენამდე რეკომენდირებულმა საკვებმა არეებმა დადგენილია, რომ ვიბრიოზით ავადდებიან მოხარდი ქათმები 35 დღის ასაკიდან და ზრდასრული ქათმები. ამ დაავადებებს მიმართ არაკეთილსამედო მეურნეობებში გამოკვლეულ 520 ინკუბატორში ჩამკვდარი ემბრიონებიდან და 178 1—30 დღის წიწილებიდან ვიბრიოზის აღმძვრელი ჩვენ ვერ აღმოვაჩინეთ.

ვიბრიონები ძირითადად გამოიყოფა ღვიძლიდან და ნაღველიდან. მიკროსკოპში (იმერსიით) გასინჯვისას მალე ძირითადად სპირილისებური, მძიმისებური და მეთოვლიასებური ფორმა აქვთ. ელექტრონულ მიკროსკოპში (X 14250) ვამჩნევთ მკვეთრად გამოხატულ შოლტებს, რომლის მეშვეობითაც ისინი მოძრაობენ. გვხვდება მონოტრიხა და ამფიტრიხა მიკრობები.

ქათმებიდან გამოყოფილი ვიბრიონები პათოგენური არიან როგორც ქათმებისათვის, ისე მათი ემბრიონების, წიწილებისა და იხვის ჭუკებისათვის. ქათმის ემბრიონები ილუპებიან დასნებოვნებიდან 40—55 საათის განმავლობაში. ამ მიკრობებით მტრედები არ ავადდებიან.

დაკლულ ფრინველებში პათანატომიურად აღინიშნება ღვიძლის მომატება მოცულობით, ნეკროზული კერები, ნაღვლის ბუშტის მოცულობის 2—4-ჯერ მომატება, ნაწლავების ლორწოვანი გარსის კატარალური ანთება და სხვა.

დასოფიბაული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Ф. Гамалея. Работы по изучению холеры и холероподобных заболеваний. Медгиз, 1965, 281—314.
2. Ф. Леффлер, В д/к И. Г. Левиной. Биологические свойства и методы типизации вибрионов, выделенных от сельскохозяйственных животных. М., 1964, 9.
3. А. Аббот, Н. Берге. Руководство по бактериологии. Саратов, 1910, 646.
4. L. Czukas. Durch Paracholeren-Vibrionen verursachte Bdesfälle bei Gänsen. Allatorvoski Lapon, 1930 53, 173 -- 176.
5. F. P. Delaplaine, N. A. Smith, R. W. Moore. An unidentified agent causing hepatitis in chickens. South Western Vet., 8, 1955, 356.
6. M. Hofstad, R. Benett. Avian infectious hepatitis. Avian Diseases, 2, 1958, 358.
7. M. C. Peckham. Avian vibriones hepatitis. Avian Diseases, 2, 1958, 348.
8. R. Winterfield, M. Sevoian. Avian infectious hepatitis. II Some characteristics of the etiologic agent. Avian Diseases, 1, 1956, 19—39.
9. R. Winterfield, M. Sevoian. Isolation of the causal agent of avian hepatitis. Vet. Med., 52, 1957, 273.
10. M. Sevoian, R. Winterfeld. Avian infectious hepatitis I. Clinical and pathological manifestations. Avian Diseases, 2, 1958, 8—18.
11. И. Г. Левина. Вибриозный энтерогапатит цыплят. Ветеринария, 3, 1964, 20—22.



ენტომოლოგია

ა. ლუშაძე

მასალები მოაზიებულ იოფურა ბრინჯაოსანას ბიოლოგიის  
 შესწავლისათვის აღმოსავლეთ საქართველოში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კალანდამ 14.6.1965)

მოაზიებული იოფურა ბრინჯაოსანა (*Oxythyrea cinctella Burm*) გავრცელებულია თითქმის მთელ ევროპაში (გარდა ჩრდილოეთისა), ჩინეთში, ირანში, ერაყში, სირიაში და სხვა ქვეყნებში [1].

საბჭოთა კავშირში ეს მავნებელი გვხვდება: ჩრდილო კავკასიაში, დაღესტანში, უზბეკეთში, ყირგიზეთში, ყაზახეთში, თურქმენეთში, სომხეთსა და საქართველოში, რომელიც მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს მემინდვრებას, მეყვავილეობასა და მებაღეობას [1, 5].

მოაზიებული იოფურა ბრინჯაოსანას საკვებია ძირითადად ბალახოვანი მცენარეები, მაგრამ იგი ხარბად იკვებება, აგრეთვე, ხეხილოვანი კულტურების: ვაშლის, ალუბლის, კომშის, მანდარინის, ლიმონის, ფორთოხლის, ხურმისა და სხვადასხვა სახის მცენარეთა ყვავილებით [1].

ჩვენი დაკვირვებით, ამ მავნებლის ხოჭოები იკვებებიან მზესუმზირას ახალგაზრდა კალათებში ყვავილებითა და ნორჩი თესლის ნაწილებით, აგრეთვე ხორბლულთა თავთავებში მარცვლებით, მათ რძისებრ სიმწიფეში შესვლამდე.

აღმოსავლეთ საქართველოს იმ რაიონებში (შირაქი, მილარი), სადაც მზესუმზირა ფართოდ არის გავრცელებული, მზესუმზირის კალათების ფორმირების დროს თითოეული მცენარის ზოგიერთ კალათში ვხვდებოდით ამ მავნებლის 25—30-მდე ხოჭოს. ხოჭოები აზიანებენ ყვავილებს, ხშირად ისინი ამოღრღნიან ხოლმე კალათების სიღრმეში ნორჩ თესლებს რძისებრ სიმწიფეში შესვლამდე [4].

ამ მავნებლის ხოჭოების მიერ მზესუმზირის დაზიანებულ კალათებში წვიმების შემდეგ იწყება ლობობითი პროცესების გაძლიერება, რის გამოც მზესუმზირას მოსავლიანობა 12—15%-ით მცირდება.

ზემოთ აღნიშნულის გამო, მზესუმზირას უმთავრესი მავნე ფაუნის შესწავლის დროს, მის საწინააღმდეგოდ ბრძოლის ამა თუ იმ ღონისძიების დადგენისათვის, ცალკე გამოვყავით ამ მავნებლის ბიოლოგიის შესწავლა.

ბიოლოგიის შესწავლის მიზნით ბუნებრივ პირობებში დაკვირვებები წარმოებდა აღმოსავლეთ საქართველოს მზესუმზირას გავრცელების უმთავრეს ადგილებში: წითელწყაროს, სიღნაღის, გურჯაანის, საგარეჯოს, თელავის, ყვარლის, ანმეტისა და ლაგოდეხის რაიონებში.

ლაბორატორიულ პირობებში დაკვირვებები წარმოებდა მხოლოდ მცხეთის რაიონის სოფ. საგურამოში, მიწათმოქმედების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მცენარეთა დაცვის განყოფილების ლაბორატორიაში.

1959—61 წლების განმავლობაში აღნიშნული მავნებლის გამოსვლის მომენტიდან ვაგროვებით მის ხოჭოებს, რომლებსაც ვათავსებდით წინასწარ გამზადებულ მწერის სათავსოში და ექსიკატორებში.

ექსიკატორებსა და მწერის სათავსოებში დაახლოებით 20—25 სმ სიმაღლემდე მოთავსებული გვექონდა ნორმალური ტენიანობის ნაკელოვანი (ჰუმუსით მდიდარი) ნიადაგი (სოფ. საგურამოს ნიადაგისათვის ნორმალური ტენიანობა 30—33%-ით განისაზღვრება).

მავნებლის ხოჭოების გამოკვებას ჯერ ვაწარმოებდით სარეველა მცენარეების ყვავილებით (თეთრი ნარის სხვადასხვა სახეობები და სხვა), შემდგომში ესპინის, მზესუმზირასა და სხვა მცენარეთა ყვავილებით.

დედალ-მამალი ხოჭოების შერჩევას ვაწარმოებდით სათადარიგო-სამარაგო სათავსურებიდან. დაწყვილებული მწერები გადაგვყავდა ცალკე სათავსოებში (ლაბორატორიულ პირობებში) ზემოთ აღნიშნული წესების დაცვით.

კოპულაციის დაწყების მომენტიდან მწერის სათავსოებს ვაწყობდით ფანჯრის თაროზე, სადაც კარგად ხვდებოდა მზის სხივები; მზის სხივების გავლენით კი ხოჭოები ძლიერ აქტიურობენ: ფრენენ, ბზუიან და ნაყოფიერდებიან.

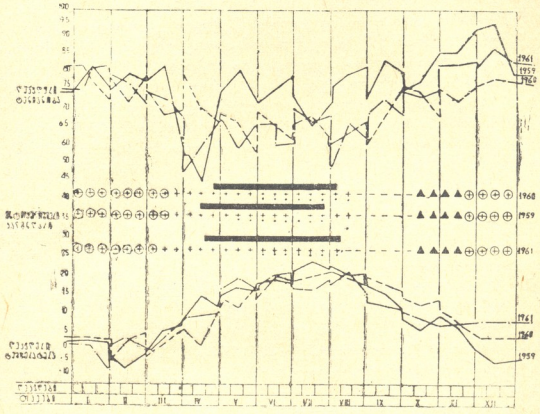
აღნიშნული დაკვირვებების ჩატარებით როგორც ბუნებრივ, ისე ლაბორატორიულ პირობებში ჩვენ შევისწავლეთ ამ მავნებლის მკვებავი მცენარეები, კვების ხასიათი, პოპულაციის დაწყებისა და დამთავრების დრო, კვერცხების დაწყება და ხანგრძლივობა, კვერცხების რაოდენობა ერთ დედალ მწერზე საშუალო გაანგარიშებით, კვერცხებიდან მატლის გამოსვლამდე საჭირო დრო, მატლების კვების ხასიათი, მატლების განვითარების სხვადასხვა ხნოვანება, ჭუპრობის ფაზა, ჭუპრობიდან გამოსვლის დრო და სხვა. მავნებლის განვითარების ენტომოლოგიური კალენდარი (ნიცშეს გრაფიკული სქემის მიხედვით) პაერის ტემპერატურასა და ტენიანობასთან ერთად ჩ. ღიაგრამაში.

როგორც ღიაგრამიდან ჩანს, მოაშვიებული ჩოფურა ბრინჯაოსანას მონათრე ხოჭოების გამოსვლა მარტის შუა რიცხვებიდან, ან ზოგჯერ აპრილის პირველ რიცხვებიდან იწყება; მათი კვება და მავნეობა კი აპრილის შუა რიცხვებიდან ივლისის შუა და ბოლო რიცხვებამდე აღწევს. კვერცხდება ივლისის შუა რიცხვებში იწყება და ზოგიერთ წელს აგვისტოს შუა რიცხვებამდე მიმდინარეობს. მავნებელი მატლის ფაზაში თითქმის ორი თვეს განმავლობაშია აგვისტოს პირველ რიცხვებიდან სექტემბრის ბოლომდე; ზოგიერთ წელს კი 20 ოქტომბრამდე.

ამ მავნებლის ჭუპრი ფაზის ხანგრძლივობა 1—1,5 თვეს არ აღემატება, ოქტომბრის მეორე ნახევარში იწყება და ზოგ წლებში ნოემბრის ბოლომდე გრძელდება. ნოემბრის შემდეგ პერიოდში მავნებელი ხოჭოს ფაზაშია და ზამთრობს მატლის მიერ ვაკეთებულ მიწის აკვანში.

მოაშვიებული ჩოფურა ბრინჯაოსანა საქართველოს პირობებში ერთ თაობას იძლევა. ამ მიწის აკენიდან აღრე ვაზაფხულზე (აპრილის ბოლოს ან ზოგჯერ

მაისის 15-მდე) გამოდიან ხოჭოები და იწყებენ კვებას სარეველა და სხვადასხვა სახის მცენარეთა ყვავილებით (თეთრი ნარი, სხვადასხვა სახის ვარდები, ჟასმინი და სხვა). შემდეგ ისინი გადადიან მინდვრის კულტურებზე (მზესუმზირა, ხორბალი და სხვა,) სადაც აზიანებენ აღნიშნული კულტურების ყვავილებს და



დიაგრამა 1. მოაშეებული ჩოფურა ბრინჯაოსანას განვითარების ენტომოლოგიური კალენდარი

დიაგრამის პირობითი ნიშნები

- მთლიანი ტეხილი ხაზები—დეკალური ტენიანობა, ტემპერატურა 1959 წ.
- ტეხილი პუნქტირირანი ხაზი —დეკალური ტენიანობა, ტემპერატურა 1960 წ.,
- ტეხილი პუნქტირირანი ხაზი წერტილებით— დეკალური ტენიანობა, ტემპერატურა 1961 წ.,
- . . . მავნებლის კვერცხი,
- + + + ზრდასრული მწერი (იმაგო),
- — — მავნებლის მატლი
- პლუსი წრეში—ხოჭოს ნიადაგში ყოფნის პერიოდი,
- სამკუთხედები—მავნებლის ჭურჭლის ფაზა,
- შავი სქელი ხაზები—მავნებლის მავნეობის პერიოდი.

მარცვლებს (მარცვლების რძისებრ სიმწიფეში შესვლამდე). ეს გადასვლა სარეველა მცენარეებიდან კულტურულ მცენარეებზე აღინიშნება მაისის ბოლო რიცხვებიდან 20 ივნისამდე. აღნიშნული დრო კი ემთხვევა მზესუმზირას კალათების ფორმირების პერიოდს.

ხოჭოები მზესუმზირას ნორჩ კალათებზე ხარბად იკვებებიან. ისინი ჩაქერებიან კალათების სიღრმეში და ძლიერ აზიანებენ კალათებში ახლად წარმოქმნილ თესლებს. თუ ღამის ტემპერატურა +18<sup>0</sup>-ზე მეტია, მაშინ ისინი ღამით კალათებში რჩებიან. თუ ტემპერატურა +18<sup>0</sup>-ზე დაბალია, ჩამოდიან დაბლა და ღამეს ნიადაგის ნაპრალებში ან გორბების ქვეშ ატარებენ. სიცხეებში და წვიმიან ამინდებში ამ მავნებლის ხოჭოებს მცენარეებზე არ ვხვდებით.

მზესუმზირას მასობრივი ყვავილობის შემდგომ პერიოდში, როდესაც სელექციური ჯავშნიანი ჯიშები თესლის კანს გაიმავრებენ, ხოჭოების მიერ კალათების დაზიანება თანდათან მცირდება და ხოჭოები იწყებენ კვებას თანაყვავილების ზედა ნაწილებით (ყვავილის მტკერით და სხვა) ან იძულებული ხდებიან გადავიდნენ საკვებად სხვა რომელიმე მცენარეზე. მოაშიებელი ჩოფურა ბრინჯაოსანას მავნეობისათვის ერთ-ერთ საუკეთესო ხელშემწყობ პირობას მზესუმზირას კალათებისა და თესლების სეტყვით მექანიკური დაზიანება წარმოადგენს. ამ მავნებლის ხოჭოების მიერ თავთავებში მარცვლების დაზიანება შემჩნეულია საშემოდგომო ხორბალზე მათ რძისებრ სიმწიფეში შესვლამდე.

ჩოფურა ბრინჯაოსანას ხოჭოები მეტ-ნაკლებად დაზიანებას იწვევენ მებაღეობაშიც, მაგრამ იქ მათ მიერ გამოწვეული ზარალი შედარებით უმნიშვნელოა, რადგანაც ბაღის კულტურების უმრავლესობა ყვავილობას ასწრებს ამ მავნებლის მოზამთრე ხოჭოების გამოსვლის მომენტამდე, ხოჭოები კი მცენარეთა გამონასკველ ნაყოფებს ვეღარ აზიანებენ.

ხოჭოები მცენარეებზე კვების და საკვების ძებნის დროს ძალიან ფრთხილობენ. საკმარისია მათ მოსალოდნელი საშიშროება შეამჩნიონ, რომ თავს მოიკატუნებენ და მცენარეთა ყვავილებიდან მიწაზე ჩამოცვივიან ხოლმე. ნიადაგზე რამდენიმე ხანს უძრავად რჩებიან და როდესაც საშიშროების მოლოდინს გაივლის, კვლავ იწყებენ მოძრაობას.

ხოჭოების მიერ კვერცხის დების დაწყება და ხოჭოების ნაყოფიერება დიდათა და მოკიდებული ბუნებრივ პირობებზე, ტემპერატურასა და ნიადაგის ტენიანობაზე. მაგალითად, თუ ნიადაგის ტენიანობა ნორმალური არაა და იგი მეტია 30—33%-ით, მაშინ ხოჭოები ავადდებიან სოკოვანი ავადმყოფობით და იხოცებიან. ამიტომაც, ხოჭოები ბუნებრივ პირობებში კვერცხდებისათვის ირჩევენ ჰუმუსით მდიდარ ნორმალური ტენიანობის ნიადაგს, განსაკუთრებით შაჰზნარებს, დასახლებულს მსხვილღეროიანი სარეველებით და თავების სირობით [5, 6].

ხოჭოების შეწყვილება მაღალი ტემპერატურის პირობებში მიმდინარეობს (დაახლოებით +25—28<sup>0</sup> ფარგლებში), ასეთ პირობებში ხოჭოები აქტიურად ფრენენ, ბზუიან, მამლები პოულობენ დედალ ხოჭოებს და ყვავილებზე აწარმოებენ პოპულაციას. ჩვენს მიერ შემჩნეულია ისიც, რომ დედალი ხოჭოები პოპულაციის მომენტში კვებას არწყვეტენ. ხოჭოები 10—15 სმ სიღრმეზე (ზოგჯერ 2,5 სმ სიღრმეზე) ნიადაგში ცალ ცალკე ათავსებენ კვერცხებს. ერთ დადებაზე ერთი დედალი ხოჭო 5—6 ცალ კვერცხს დებს. საერთოდ, ერთი ხოჭოს მიერ დადებული კვერცხის რაოდენობა 8—14-ს არ აღემატება (საშუალოდ

კი 9,4—10,2 (ცალი) კვერცხების რაოდენობა ჩვენს მიერ დადგენილია როგორც ცალკე ექსიკატორებსა და სათავსოებში დედალ მწერებზე ჩატარებული დაკვირვებებით, ასევე ბუნებრივ პირობებში კვერცხების პერიოდში დედლების გაკვეთით და კვერცხების აღრიცხვით. მაგალითად, 1959 წ. 22—25 ივლისს განაყოფიერებული 20 ხოჭოდან 10 და 15 ივლისს გაკვეთის შედეგად კვერცხები არ აღმოაჩნდა 4 ხოჭოს, ამავე დროს 16 ხოჭოს საშუალოდ აღმოაჩნდა 9,4 ცალი კვერცხი; აქედან, კვერცხის მაქსიმალური რაოდენობა შეადგენდა 12—14 ცალს, ხოლო მინიმალური რაოდენობა—6 ცალს.

1960 წ. 12, 15, 22 და 25 ივნისს განაყოფიერებული 20 დედალი ხოჭოსაგან 5, 10, 12 და 15 ივლისს გაკვეთის შედეგად კვერცხები არ აღმოაჩნდა 5 ხოჭოს. 15 ხოჭოსაგან საშუალო კვერცხების რაოდენობა ერთ დედალ მწერზე გაანგარიშებით შეადგენდა 10,2 ცალს. უმაღლესი ზღვარი კვერცხების რაოდენობისა ერთ ხოჭოზე არ აღემატებოდა 12—14 ცალს, ხოლო უმდაბლესი 4 კვერცხს. საერთოდ, კვერცხების რაოდენობის მაქსიმუმი ცალობით აღმოჩნდა საგურამოში, წითელ წყაროში, ლაგოდენში, ყვარელში, გურჯაანსა და თელავში მოპოვებულ ხოჭოებში.

ჩვენი დაკვირვებებით, ნორმალური ტენიანობისა და ტემპერატურის (ფარლობითი ტენიანობა 30—33% ტემპ. 15—18°) პირობებში ნიადაგში მოთავსებული კვერცხები დადებიდან 4—5 დღის გასვლის შემდეგ მოცულობაში ოდნავ

მატულობენ, ხოლო 7—9 დღის შემდეგ კვერცხის გარეთა კანი ძუანე იხსნება ორ ნახევარსფეროდ, რომლისაგან მოხრილი მატლი გამოდის. მატლი პირველ ხანებში უმოძრაოა. აქვს მოთეთრო ფერი. რამდენიმე საათის შემდეგ ახალ გამოსული მატლი ნაწილობრივ სწორდება, მოძრაობას იწყებს და იკვებება ნიადაგის ორგანული (ჰუმუსი) ნაწილებით.

საკვების მიღების შემდეგ მოთეთრო ფერის მატლების სხეულებიდან გამოსქვიცის მოლურჯო შავი შეფერვა.

მოაწიებელი ჩოფურა ბრინჯაოსანას მატლები ძლიერ კარგად მოძრაობენ როგორც მუცლით, ისე ზურგის მხრიდანაც. საკვები ნივთიერების მოპოვების დროს ისინი ხშირად ამოდიან ნიადაგის ზედაპირზე. მატლები ხარბად იკვებებიან და იზრდებიან. მათი ზრდა სივრცე-სივრცეში 5—15 დღის განმავლობაში დაჩქარებულად მიმდინარეობს. სივრცეში ზრდა შემდგომში თანდათან მცირდება და 25 დღეში ის მაქსიმუმს აღწევს.

1 სექტემბერს გამოსული მატლი სექტემბრის ბოლო რიცხვებში ჭუპრდება მის მიერ გაკეთებულ მიწის აკვანში. ჭუპრის ხანგრძლივობა 1—1,5 თვეს არ აღემატება, რომლისგანაც წარმოიქმნება ხოჭო (ზოგიერთი ეგზემპლარების ჭუპრებს კი ვხვდებით ოქტომბერსა და ნოემბრის თვეშიც). ხოჭო ზამთრობს მატლის მიერ გამზადებულ დასაჭუპრებელ აკვანში. არის ზოგიერთი შემთხვევა, როდესაც ხოჭოები აკვანიდან გამოდიან (კარგი თბილი ამინდის პირობებში), მაგრამ ცული ამინდის დადგომის შესაბამისად ისინი უბრუნდებიან თავიანთ თავშესაფარს და გაზაფხულამდე შიგ რჩებიან.

მოაშიებული ჩოფურა ბრინჯაოსანას მატლების მიერ მცენარეთა ფესვების დაზიანება შემჩნეული არაა. მცენარეთა დაზიანებას იწვევენ ამ მავნებლის ზოკოები, რომელთა მავნეობა 2—2,5 თვეს გრძელდება.

იმის გამო, რომ ამ მავნებლის მატლები ნიადაგში აქტიურად მოძრაობენ და იკვებებიან, 1963 წელს მიზნად დავისახეთ ლაბორატორიულ პირობებში (მწერის სათავსოებში) მატლების წინააღმდეგ საბროლველად ნიადაგში შეტანით გამოგვეცადა 12% ჰექსაქლორანის ფხვნილი.

ცდით გამოიკვია, რომ 12% ჰექსაქლორანი 75—80 კგ ჰა-ზე გაანგარიშებით სასიკვდილოდ მოქმედებს 5—15 დღის განმავლობაში მოაშიებული ჩოფურა ბრინჯაოსანას მატლებზე. აღნიშნულის გამო მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ეს ცდა შემოწმდეს ამ მავნებლის, გავრცელების ბუნებრივ სარეზერვაციო ადგილებში, მატლების აქტიური ცხოველყოფილობის პერიოდში. სასათუბრო მეურნეობებთან ღია კვალსათუბრებში, ძველ სანაკელე-საკომპოსტეებზე და სხვაგან.

### დასკვნები

1. მოაშიებული ჩოფურა ბრინჯაოსანა აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებში ერთ თაობას იძლევა.
2. ამ მავნებლის კვერცხდება იენისის პირველ ნახევარში იწყება, რაც დაახლოებით ორ თვეს გრძელდება. სქესობრივი პროდუქცია საშუალოდ ერთ დედალ მწერზე გაანგარიშებით 9,4—10,2 ცალს არ აღემატება.
3. ამ მავნებლის მატლები ნიადაგში ცხოვრობენ, იკვებებიან მცენარეთა ნარჩენებით და მცენარეთა დაზიანებას არ იწვევენ. მატლების ძირითად სამყოფელ ადგილებს ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგები წარმოადგენენ, ძირითადად სასათუბრო მეურნეობები, ღია კვალსათუბრები, ძველი სანაკელო საკომპოსტე ორმოები და თავგების სოროებით დასახლებული შამბნარები.
4. მავნებლის მატლები ზრდასრული ასაკის მიღწევამდე 20—25 დღეს საჭიროებენ. შემდეგ ისინი ნიადაგში დასაჭურებლად და გადასახამთრებლად აკვანს ამზადებენ და ჭუპრდებიან. ჭუპრიდან 1,5—2 თვის შემდეგ (ნოემბრის ბოლო) გამოდის ზოკო, რომელიც გაზაფხულამდე ცხოვრობს მიწის აკვანში. ზოკოების გამოსვლა დამოკიდებულია ბუნებრივ პირობებზე და ის შენიშნულია 1—15 მარტამდე.
5. ამ მავნებლის ზოკოები სასოფლო-სამეურნეო და გარეულ მცენარეთა ყვავილების და თესვების დაზიანებას იწვევენ; განსაკუთრებული დაზიანება კი შემჩნეულია მწესუმწირას კალათებზე, სხვადასხვა სახის ვარდებზე და ხორბლოვანთა ნორჩ თავთავზე მათ რძისებრ სიმწიფეში შესვლამდე.
6. ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული ცდებით მიღებულია დადებითი შედეგები ამ მავნებლის მატლების წინააღმდეგ ნიადაგში 12%-იანი ჰექ-

საქლორანის შეტანით. აღნიშნულის გამო მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ეს ღონისძიება გამოიცადოს მინდვრის პირობებში ბრინჯაოსანების მატლების ძირითად ადგილ-სამყოფელებში, მათი აქტიური კვების და ცხოველმყოფელობის პერიოდში (სექტემბერი ან ოქტომბრის პირველი ნახევარი, ჰექტარზე 75—80 კგ გაანგარიშებით).

საქართველოს სსრ მცენარეთა დაცვის სამეცნიერო  
აკადემიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 14. 6. 1965)

ЭНТОМОЛОГИЯ

А. И. ДУМБАДЗЕ

МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ БИОЛОГИИ ОКАЙМЛЕННОЙ  
РЯБОЙ БРОНЗОВКИ В ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ

Резюме

Окаймленная рябая бронзовка в Восточной Грузии развивается в одном поколении.

Яйцекладка жуков начинается в начале июня и продолжается в течение 2 месяцев. Половая продукция в среднем на одну самку колеблется от 9,4 до 10,2 яйца.

Личинки окаймленной бронзовки живут в почве, питаются перегнившими растительными остатками, но не повреждают растения. Они в основном скопляются в местах с перегнойной почвой (около парников, нор вредных грызунов, на межах и залежах с крупностебельными сорняками).

Для развития личинок этого вредителя необходимо от 20 до 25 дней. Затем они готовят в почве колыбельку и окукливаются. Через 1,5—2 месяца из куколок в конце ноября выходят жуки, которые зимуют в колыбельках до весны. Выход из зимовки жуков наблюдается в зависимости от погодных условий — в начале или в средних числах марта.

Жуки питаются цветами и семенами диких и некоторых сельскохозяйственных растений, но особенно значительно вредят подсолнечнику, розе и колосовым.

В результате проведенных лабораторных испытаний получены предварительные данные о положительных результатах применения 12% дуста гексахлорана против личинок. В связи с этим считаем целесообразным продолжить эти опыты в полевых условиях в местах резервации личинок в период их активного питания и жизнедеятельности.



დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ი. ბათიაშვილი. — კონტინენტალური და სუბტროპიკული კულტურების მავნებლები, თბილისი 1959.
2. ლ. კალანდაძე, ი. ბათიაშვილი, ს. ქარუმიძე, გ. ყანჩაველი. ენტომოლოგია, 1, თბილისი, 1957.
3. ლ. კალანდაძე, ი. ბათიაშვილი, ს. ქარუმიძე, გ. ყანჩაველი. ენტომოლოგია, II, თბილისი, 1962.
4. თ. ქიქილაშვილი. მზესუმზირას მავნე ფაუნის შესწავლისათვის. საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის ზოოლოგიის ინსტ. შრომები, ტ. 7, 1947.
5. С. И. Медведев. Фауна СССР, Жесткокрылые, т. 10, вып. 5. М.—Л., 1964.
6. Н. Д. Тулашвили. К биоэкологии окаймленной бронзовки (*Oxythyrea cinctella* Burm.) в Грузии. Известия Грузинской опытной станции защиты растений СССР, 13, № 2, 1941.

ბ. ჯანელიძე

მასალები საქართველოს იხნევმონიდების ფაუნისათვის  
 (HYMENOPTERA, JCHNEUMONIDAE)

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კალანდაძემ 5.11.1965)

როგორც ცნობილია, იხნევმონიდების ზოგიერთი წარმომადგენელი მკვნი მწერების განადგურების საქმეში დიდ როლს ასრულებს. ამდენად, ამ ოჯახში შემავალი მწერების შესწავლას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს [1, 2].

ამ შრომაში მოცემულია 1964 წლის განმავლობაში საველე გამოკვლევების დროს მოპოვებული იხნევმონიდების ის სახეობები, რომლებიც საქართველოსათვის პირველად ნაპოვნი ჩვენ მიერ<sup>(1)</sup>.

1. *Lisonata cylindrator* Vill.—აბასთუმანი, 16.9.64 [3].
2. *Cosmoconus elengator* F.—აბასთუმანი, 16.9.64.
3. *Enicospilus angheri* Kok.—ფუნიკულორი, 29.6.64.
4. *Enicospilus undulatus* Grav.—წყნეთი, 10.6.64.
5. *Paniscus silantjevi* Kok.—წყნეთი, 10.6.64.
6. *Protichneumon pisorius* L.—ძევი, 11.9.64.
7. *Phaenobolus fulvicornis* Grav.—წყნეთი, 18.6.64.
8. *Amblyteles aemulus* Berth.—თბილისი, 10.7.64.
9. *Amblyteles uniguttatus* Grav.—მცხეთა, 10.7.64.
10. *Amblyteles equitatorius* Panz.—მცხეთა, 10.7.64.
11. *Amblyteles exculptus* Haberm.—აბასთუმანი, 16.9.64.
12. *Jchneumon sarcitorius* Grav.—მცხეთა, 10.7.64.
13. *Jchneumon confusorius* Grav.—საგურამო, 2.7.64.
14. *Jchneumon melanoleucus* Haberm.—აბასთუმანი, 16.9.64.
15. *Hoplocryptus explorator* Tschek.—გომბორი, 14.7.64.
16. *Anisoctenion alacer* Grav.—აბასთუმანი, 16.9.64.
17. *Lagarotes debitor* Thunb.—აბასთუმანი, 16.9.64.
18. *Lagarotes semicalligatus* Grav.—აბასთუმანი, 16.9.64.
19. *Apechthis compunctor* L.—აბასთუმანი, 16.9.64.
20. *Mesoleptus prosoleucus* Grav.—აბასთუმანი, 16.9.64.
21. *Conoblasta heterozera* Thoms.—კოჯორი, 15.7.64.
22. *Xenazis caligata* Grav.—აბასთუმანი, 16.9.64.

(<sup>1</sup> ჩვენ მიერ მოპოვებული მასალა გარკვეული ლატვიის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის ზოგადი ინტომოლოგიის კათედრაზე პროფ. ე. ოზოლისის ხელმძღვანელობით.

ამრიგად, ჩვენი მასალიდან *Xenaxis caligata* Grav. საქართველოსათვის ახალი სახეობაც და გვარიც; სამი სახეობა კი (*Amblyteles aemulus* Berth., *Amblyteles exculptus* Haberm., *Jchneumon melanoleucus* Haberm.) პირველად აღინიშნება საბჭოთა კავშირის ფაუნისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ზოოლოგიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვლია 5.11.1965)

ЭНТОМОЛОГИЯ

Б. М. Джанелидзе

ИХНЕВМОНИДЫ (*HYMENOPTERA, JCHNEUMONIDAE*),  
ВПЕРВЫЕ НАЙДЕННЫЕ В ГРУЗИИ

Резюме

В данной работе приведен список ихневмонид, которые для Грузии отмечаются впервые.

Как видно, из приведенных в работе 22 видов ихневмонид один (*Xenaxis caligata* Grav.) является не только новым видом, но и новым для Грузии родом, а три вида (*Amblyteles aemulus* Berth., *Amblyteles exculptus* Haberm., *Jchneumon melanoleucus* Haberm.) являются новыми для фауны ихневмонид СССР.

დავითმთავარი ლიტერატურა -- ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Ф. Мейер. Биологический метод борьбы с вредными насекомыми Гос. изд. с.-х. и колхозно-кооперативной литературы, М.—Л., 1931.
2. И. А. Рубцов. Биологический метод борьбы с вредными насекомыми. Гос. изд. с.-х. литературы, М.—Л., 1948.
3. Н. Ф. Мейер. Определитель паразитических перепончатокрылых, т. I—VI. Изд. АН СССР, Л., 1933.

М. Г. ГУДЖАБИДЗЕ

ДВА НОВЫХ ВИДА САРКОФАГИН (*DIPTERA, SARCOPHAGIDAE*)  
 ИЗ ГРУЗИНСКОЙ ССР

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. П. Калаидадзе 12.11.1965)

В процессе обработки многочисленных сборов саркофагин нами были найдены два новых для науки вида, описание которых приводится ниже.

1. *Blaesoxipha* (s. str.) *schirakiensis* Gudjbidze, sp. nov.

Самец: лоб не особенно узкий, равен 0,20 ширины головы, лобные щетинки в числе 11 пар, очень крепкие; усики средней длины, третий членик усиков в 1,5 раза длиннее второго; внешние вертикальные щетинки отсутствуют, внутренние хорошо развиты; щеки покрыты густыми черными волосками; на выбрисальных киях немного коротких щетинок: на нижней стороне скул расположен ряд из четырех длинных и тонких щетинок, а на верхней части скул небольшое количество черных волосками; *ac* 3—2; *dc* за швом в числе трех правильно расположенных пар; щиток с очень длинными и крепкими *bas*, *subar* и короткими *ap*, *lat* не имеют; жилка  $r_1$  голая,  $r_{4+5}$  с немногими щетинками, третий тергит брюшка без краевых щетинок.

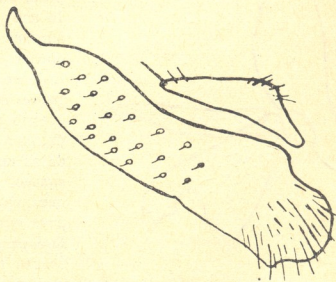


Рис. 1. Церки и 9-й коксит

Церки при основании не особенно широкие, дистальные ветви перед концом очень слабо ложкообразно расширенные, на конце крючковидные, почти целиком покрытые щетинками (рис. 1).

Penis удлинненный, тека гораздо длиннее своей высоты, срединный отдел апикальной части парафалла в виде торчащего уголка, боковые отделы в виде больших выростов, мембральный вырост по краю темный, в виде острого выступа (рис. 2).

Окраска темная, усики черные, щупальцы коричневатые, продольные полосы на спинке хорошо выражены, брюшко с типичным шашечным рисунком.

Длина тела 8—9 мм.

♀ неизвестна.

Описывается по 2♂♂, найденным нами в Шираки (Вашлованский государственный заповедник, 1♂, 27.V.1965; с. Касрис-Цкали, 1♂, 23.V.1965).

Сравнение: близок к *Blaesoxipha* (*s. str.*) *monticola* Rohd., но отличается более узкими церками (при взгляде сзади), более крупными боковыми выростами апикальной части парафалла [1].

## 2. *Parasarcophaga* (*s. str.*) *colchica* Gudjabidze, sp. nov.

Самец: лоб около 0,2 ширины головы, лобная полоска широкая, в 2 раза шире орбиты; третий членик усиков почти в 2,5—3 длиннее второго; лобные щетинки в числе 14—16 пар, довольно длинные и крепкие; внешние и внутренние вертикальные щетинки хорошо выражены; скулы с более или менее ясно выраженным рядом нежных волосков; задняя поверхность головы покрыта густыми белыми волосками; ас отсутствует, dc за швом в числе четырех правильно расположенных пар, из них две передние довольно тонкие и короче остальных; щиток как у *Parasarcophaga* (*s. str.*) *albiceps* (Meig.); третий тергит брюшка без срединных краевых щетинок; ктенидии имеются;  $g_1$  голый, генитальный тергит



Рис. 2. Фаллосома и параметры

в профиль квадратный, без краевого ряда щетинок, сзади покрыт серым налетом; анальный тергит с густыми тонкими черными волосками.

Церки прямые, расщепленные до середины, на конце с резким крючком и короткими шипами посередине боковых выступов (рис. 3).

Penis очень похож на таковой у *Parasarcophaga* (*s. str.*) *albiceps* (Meig.), отличается строением апикальной части парафалла, длинной, торчащей апикально; вентральные отростки базальной части парафалла удлиненные, острые на конце; стилеты короткие, умеренно склеротизированные, загнутые вперед; мембрана вздута, проксимальные ветви мембранального выроста довольно длинные и загнутые; передние парамеры длиннее задних, без складок, задние с одной щетинкой (рис. 4).

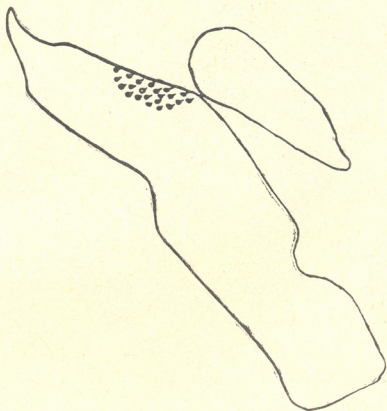


Рис. 3. Церки и 9-й коксит

Окраска обычная, как у рода *Parasarcophaga*. Орбиты, скулы, лицевой щиток и щеки покрыты серебристо-желтоватым налетом; усики, щупальцы и лобная полоска черные; грудь и брюшко с обычным рисунком.

Длина тела 13—14 мм.

♀ неизвестна.

Описывается по 3♂♂, найденным нами в с. Опшквиты Цхалтубского района Грузинской ССР, 27.VI.1965.

Сравнение: близок к *Parasarcophaga* (*s. str.*) *albiceps* (Meig.) и *Parasarcophaga* (*s. str.*) *macroariculata* (Ho.) [1], отличаясь от последнего меньшими размерами боковых разrostков церок, покрытых, так же как у названного вида, шипами; апикальные отделы церок более длинные;

апикальные части парафалла резко отогнутые, тонкие; мембранный вырост очень велик.



Рис. 4. Фаллосома и параметры

Правильность выделения и описания новых видов подтверждена проф. Б. Б. Родендорфом, за что приношу ему свою искреннюю благодарность.

Типы описываемых видов находятся в коллекциях Института зоологии Академии наук Грузинской ССР.

Академия наук Грузинской ССР

Институт зоологии

Тбилиси

(Поступило в редакцию 12.11.1965)

მ. გუჯაბიძე

სარკოფაგინების (*DIPTERA, SARCOPHAGIDAE*) ორი ახალი  
სახეობა საქართველოდან

რ ე ზ ი უ მ ე

სტატიაში მოცემულია საქართველოს ტერიტორიაზე (წითელწყაროსა და წყალტუბოს რაიონები) ნაპოვნი მეცნიერებისათვის ორი ახალი სახეობის: *Blaesoxipha* (s. str.) *schirakiensis* Gudjbidze, sp. nov., *Parasarcopha* (s. str.) *colchica* Gudjbidze, sp nov.. მორფოლოგიური აღწერა და გენიტალური აპარატის ჩანახატები.

დამოწმებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Б. Родендорф. Сем. Sarcophagidae. Фауна СССР, Насекомые двукрылые, т. XIX, вып. 1, 1937.





ЗООЛОГИЯ

Т. А. МУСХЕЛИШВИЛИ

О РАСПРОСТРАНЕНИИ ПОЛОСАТОЙ ЯЩЕРИЦЫ (*LACERTA STRIGATA EICHWALD*) И СРЕДНЕЙ ЯЩЕРИЦЫ (*LACERTA TRILINEATA MEDIA LANTZ ET CYREN*) В ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. К. Габуния 11.10.1965)

Несмотря на обилие литературы, в которой упоминается распространение полосатой и средней ящерицы во многих районах Грузии [1—12], фактически мы не располагаем достоверной картиной распространения этих ящериц в Грузии и, в частности, в ее восточной части. В ряде случаев [3, 8, 9, 12] эти виды ошибочно принимаются один за другой, а в некоторых работах дается лишь общая картина распространения *L. strigata* и *L. t. media* в Грузии [10, 11, 13]. Однако, поскольку виды эти распространены весьма неравномерно, то детальнее судить об их ареале по этим работам не представляется возможным.

В период изучения герпетофауны Восточной Грузии в 1959 — 1965 гг. мы собрали богатый материал, позволивший значительно уточнить представления о распространении *L. strigata* и *L. t. media*. Для этого нами использованы также сборы из Южной Грузии сотрудницы Зоологического отдела Государственного музея Грузии Н. М. Сикмашвили.

Полученные данные о распространении полосатой ящерицы в Восточной Грузии ясно показали, что этот вид в основном приурочен к долинам рек и равнинам, а именно к Внутренне-Картлийской, Нижне-Картлийской, Алазанской равнинам, к долинам рр. Куры, Иори, Храми, Дебеда, Алгети, Арагви, Ксани, Тедзами, Лиахви, Дзама, Армхи (устное сообщение И. С. Даревского), куда она, несомненно, заходит из Предкавказья, и, возможно, к нижнему течению Терека. Проникновение *L. strigata* вверх по долинам этих рек весьма значительно, в ряде случаев до среднего лесного пояса, что в значительной мере объясняется развитием по долинам этих рек кустарниковой и бурьяновой растительности — обычной стации полосатой ящерицы. Так, по долине Алазани она заходит в Бацарское ущелье, по Иори поднимается до Бочормы, вверх по р. Дебеда проникает в Армению, по Храму и Алгети — до Тетри-Цкаро и Манглиси, по Арагви — до Ананури, по Ксани — выше Ленингори, по Лиахви — за Цхинвали. Несомненно, она поднимается также вверх по рр. Тедзами, Дзама и Тана. Несколько неясен пока вопрос о проникновении *L. strigata* вверх по Куры в сторону Боржоми. Однако изменчивость климатических условий ставит предел в вертикальном распространении полосатой ящерицы. Так, она отсутствует в районе Гомборского перевала, в Эрцойской котловине, в окрестностях Тианети, Джава и Коджори. Таким образом, указания на распространение *L. strigata* до высоты 3000 м н. у. м. [11] в условиях Восточной



Грузии не находят подтверждения и верхним пределом ее распространения здесь правильнее будет считать 1200 м н. у. м. Но в то же время она отсутствует и в таких ксерофитных местах, как район Удабно — Давид-Гареджи, где ее экологические ниши занимает *L. t. media*, а также в полупустыне Эльдарской низменности, где отсутствуют подходящие для нее стации.

Что касается путей проникновения полосатой ящерицы в Грузию, то она, являясь в зоогеографическом отношении малоазиатским видом [14, 15], могла проникнуть сюда только с юга. Как видно из карты, район распространения *L. strigata* в Грузии является естественным продолжением ее ареала с юга и юго-востока. Интересно отметить, что из Малой Азии этот вид к нам проникает, по-видимому, через Армению, а не непосредственно по долине Куры из Турции, что видно хотя бы из того, что на крайнем северо-западе Армении она отсутствует (см. карту) и ее нет также в северных сборах Государственного музея Грузии из района Ахалцихе—Аспиндза.

*L. trilineata media* отличается значительно более узким распространением в Восточной Грузии, чем *L. strigata*, и более приурочена к горным районам, хотя обладает примерно таким же вертикальным диапазоном, обитая на Иорском плоскогорье (200—300 м) и поднимаясь до Коджори (около 1000 м). Как видно из карты, район распространения *L. t. media* в Восточной Грузии в основном вытянут в длину. Средняя ящерица зарегистрирована на западных склонах Сурамского хребта вплоть до Зестафони, в ущелье Тана, в окрестностях Тбилиси, в Удабно — Давид-Гареджи, в Шираки, а именно в окрестностях Касрис-Цхали (Олес-Мта), на Шави-Мта и в Вашловани. Вполне возможно ее наличие в ущельях Тедзами и Дзама. На юге (у границы с Арменией) она встречается только на склонах гор долины Дебеда. В окрестностях Тбилиси средняя ящерица заселяет главным образом район западнее города, о чем указывалось ранее [7].

В фондах ЗИН АН СССР имеется экземпляр якобы из Лагодехи, добытый Г. Млокосевичем. О наличии *L. t. media* в Лагодехском заповеднике пишет и Э. Дидманидзе [5], однако описание, данное этим автором, заставляет думать, что в упомянутой работе речь идет не о средней, а о скальной ящерице. Поскольку нами средняя ящерица в Лагодехском заповеднике обнаружена не была и ее нет также в соседнем районе Азербайджана (см. карту), приходится сомневаться в наличии этого вида в указанном месте.

По нашему мнению, *L. t. media* в Восточную Грузию проникает двумя путями: с юга и юго-востока, с одной стороны, и с юго-запада, с другой. Первый путь пролегает по долинам Дебеда и Куры, второй — по долине Куры из Малой Азии (согласно последним сборам Гос. музея Грузии, а также сбором Г. Радде из Боржоми). И хотя средняя ящерица встречается на западных склонах Сурамского хребта, следует считать, что на запад она проникает с юга и востока, а не наоборот, поскольку *L. t. media* является автохтонным для Кавказа подвигом и центром его формирования следует считать Армянское нагорье [14].

Следует подчеркнуть, что родственные виды восточногрузинских ящериц *L. strigata*, *L. trilineata media*, а также *L. agilis* почти исключают друг друга в одних и тех же биотопах. Так, например,

*L. t. media* зарегистрирована нами на западных склонах Сурамского хребта, в то время как на восточных ее сменяет *L. agilis*. В окрестностях Джава по долине Лиахви обитает только *L. agilis* и полностью отсутствуют *L. strigata* и *L. t. media*. Та же картина отмечена и для Тианети. В ущелье Тана *L. strigata* зарегистрирована нами близ Гори, хотя, как уже было сказано, не исключено ее проникновение и выше. Однако по среднему течению Таны ее полностью сменяет *L. t. media*. В окрестностях Тбилиси совместное обитание полосатой и средней ящерицы нами замечено в районе Авчала — Глдани [7], где имеется «перекресток» двух видов: полосатая ящерица занимает долину Куры, а средняя ящерица спускается к Куре с одной стороны по р. Дигоми, а с другой — по ущелью Глдани. Такое же смешение имеет место на Шави-Мта (Шираки). В окрестностях Коджори распространение *L. t. media* и *L. agilis* строго разграничено. То же можно сказать и в отношении *L. strigata* и *L. agilis* в окрестностях Манглиси. Первая заселяет кустарниковые склоны ущелья Алгети и не попадает на пологих склонах над ущельем, заселенных *L. agilis*. По долине Дебеда и Храми повсеместно обитает *L. strigata*, но выше в горах ее сменяет *L. t. media*.



- *L. strigata* по собственным наблюдениям в природе
- " " по устному сообщению Даревского
- ⊕ предположительное наличие *L. strigata*
- *L. t. media* по собственным наблюдениям в природе
- ⊕ *L. t. media* по музейным сборам и лит. данным
- ⊗ предположительное наличие *L. t. media*

Карта распространения *L. strigata* и *L. trilineata media* в Восточной Грузии и на близлежащей территории Армении и Азербайджана (по И. С. Даревскому и А. М. Алекперову)

Таким образом, *L. strigata* в Восточной Грузии распространена на подавляющей части ее территории. Она заселяет главным образом долины и равнины, поднимаясь по ним в горы и на плоскогорья, но не выше 1200 м н. у м. *L. t. media* же придерживается в основном горных местностей и плоскогорий, и район ее распространения в Восточной Грузии значительно уже и более дизъюнктивный, чем у *L. strigata*.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт зоологии  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 11.10.1965)

თ. მუსხელიშვილი

ზოლიანი ხვლიკის (*LACERTA STRIGATA* EICHWALD და  
საშუალო ხვლიკის (*LACERTA TRILINEATA MEDIA* LANTZ  
ET CYREN) გავრცელების შესახებ აღმოსავლეთ საქართველოში

რ ე ზ ი უ მ ე

ზოლიანი ხვლიკის გავრცელების რაიონი აღმოსავლეთ საქართველოში ტერიტორიის უდიდეს ნაწილს მოიცავს. ზოლიან ხვლიკს უჭირავს უმთავრესად დაბლობები და ვაკეები, რომელთა მეშვეობით იჭრება მთებსა და ზეგნებზე დაახლოებით 1200 მ-ის სიმაღლეზე ზ. დ.

საშუალო ხვლიკის გავრცელების რაიონი გაცილებით უფრო ვიწრო და წვეტილია. ეს სახეობა უფრო მეტადაა დაკავშირებული მთაგორიან ადგილებთან. ზოლიანი ხვლიკი, საშუალო ხვლიკი და მარდი ხვლიკი, როგორც მონათესავე ფორმები, ერთ ბიოტოპში თითქმის არ გვხვდებიან.

ზოლიანი და საშუალო ხვლიკის განსახლება საქართველოში, როგორც ჩანს, სამხრეთიდან სწარმოებდა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Балавадзе. Герпетологическая фауна Ширак-Эльдарской степи. Труды Тбилисского гос. пед. ин-та им. А. С. Пушкина, т. 13, 1959.
2. А. Г. Джанашвили. Материалы к изучению распространения пресмыкающихся в Грузии. Труды Тбилисского гос. ун-та, т. 44, 1951 (на груз. яз.).
3. А. Г. Джанашвили. Пресмыкающиеся. Животный мир Грузии, т. III, 1963 (на груз. яз.).
4. А. Г. Джанашвили и Л. Е. Кутубидзе. Определитель пресмыкающихся. Изд. Тбилисск. гос. ун-та, 1952 (на груз. яз.).
5. Э. Дидманидзе. Материалы к изучению батрахо- и герпетофауны Лагодехского заповедника, I, 1962 (на груз. яз.).
6. Л. Е. Кутубидзе. Фауна *Lacertilia* Горийского района. Труды Тбилисск. гос. ун-та, т. XXXVIII, 1950 (на груз. яз.).
7. Т. А. Мухелишвили. О фауне ящериц (*Sauria, Reptilia*) окрестностей Тбилиси. Сообщения АН СССР, XXXV:I, 1964.
8. А. М. Никольский. Пресмыкающиеся и земноводные Кавказа. Тифлис, 1913.
9. В. Н. Ростомбеков. Материалы к герпетофауне окрестностей Тифлиса. Закавказский краеведческий сборник, серия А. Естественное, т. I, Тифлис, 1930.
10. Г. Ф. Сухов. Обзор ящериц подрода *Lacerta (Sauria)*, встречающихся в СССР. Труды Зоологического ин-та, т. VII, вып. 3, 1948.
11. П. В. Терентьев и С. А. Чернов. Определитель пресмыкающихся и земноводных. Изд. «Советская наука», 1949.
12. А. М. Шугуров. Заметки о гадах Кавказа. Зап. Новороссийск. о-ва естествоиспытателей, XXXIX, 1912.
13. G. Peters. Studien zur Taxionomie, Verbreitung und Ökologie der Smaragdeidechsen. Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin, Bd. 38, H. 1, 1962.
14. И. С. Даревский. Фауна пресмыкающихся Армении и ее зоогеографический анализ. Автореферат, М., 1957.
15. А. М. Алекперов. Герпетогеографическое районирование Азербайджана. Уч. зап. Азгосуниверситета, № 1, 1958.



ფიზიოლოგია

6. სიხარულიძე

რეპტილიების (კუ) ძველის თავისებურებათა შესწავლისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 24. 12. 1965)

ქცევის ნერვული მექანიზმების შესწავლა ცხოველთა სამყაროს განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე წარმოადგენს უმაღლესი ნერვული მოქმედების ფიზიოლოგიის ერთ-ერთ მთავარ ამოცანას. უნდა აღინიშნოს, რომ ხერხემლიან ცხოველთა უმდაბლეს წარმომადგენელთა (თევზები, ამფიბიები, რეპტილები) ქცევის შესწავლისას ძირითადი ყურადღება ექცეოდა პირობით-რეფლექსურ ქცევას [1, 2, 3, 4, 5]. რაც შეეხება უმდაბლეს ხერხემლიანთა ქცევაში აღქმულ ობიექტთა ხატის საფუძველზე წარმართული ქცევის თავისებურებათა შესწავლას, თითქმის არავითარი ყურადღება არ ექცეოდა.

რეპტილების ქცევა და მისი თავისებურებანი ჯერ კიდევ საკმაოდ შესწავლილი არ არის. რეპტილების ქცევის შესწავლა, როგორც ზეციითაც აღნიშნეთ, ძირითადად იფარგლებოდა მათი პირობით-რეფლექსური რეაქციების შესწავლით [4, 5, 6, 7]. კ. პოლიაკოვის [6] გამოკვლევების მიხედვით, ჭაობის კუს პირობითი რეფლექსი უვითარდება მეტისმეტად დაყოვნებით (500—600 შეუღლება) ყნოსვით და სმენით პირობით გამღიზიანებელზე. ძირითად გამღიზიანებლად ამ ავტორის მიერ გამოყენებული იყო მტკივნეული გაღიზიანება. სხვა ავტორთა მიერ [4, 5] პირობითი რეფლექსების გამომუშავება შესწავლილი იყო პარალელურად ხმელეთის და ჭაობის კუებზე. მათი შედეგების მიხედვით, პირობითი რეფლექსების გამომუშავებას ბევრით, მხედველობით და ყნოსვით გამღიზიანებლებზე, ჭაობის კუს ჭირდებოდა 200—300 შეუღლება პირობითი გამღიზიანებლისა უპირობოსთან, მაშინ როდესაც ხმელეთის კუზე პირობითი რეფლექსი მუშავდებოდა შედარებით სწრაფად (14—20 შეუღლება პირობითი გამღიზიანებლისა უპირობოსთან).

ჩვენ მიზანს შეადგენდა შეგვესწავლა რეპტილების (კუ) ქცევა და გაგვეჩვენა მისი თავისებურებანი. ჩვენ გვინტერესებდა გამოგვეკვლია განპირობებულია თუ არა კუს ქცევა აღქმულ ობიექტთა ხატის, კერძოდ კი მტკივნეული გაღიზიანების ადგილმდებარეობის ხატის არსებობით. ამასთან ერთად ჩვენ შევისწავლეთ კუს პირობით რეფლექსური ქცევის თავისებურებანიც.

მეთოდიკა

ცდებს ვატარებდით სპეციალურად მოწყობილ საცდელ ყუთში (ნახ. 1), ზომით 60×60 cm. ყუთი ტიხრით გაყოფილი იყო ორ თანაბარ ნაწილად. ერთი ნაწილის ფსკერი დაფარული იყო მავთულის ქსელით, რომლის საშუალებითაც ხდებოდა გაღიზიანება. ცხოველის გაღიზიანებას ვაწარმოებდით 10"-ის

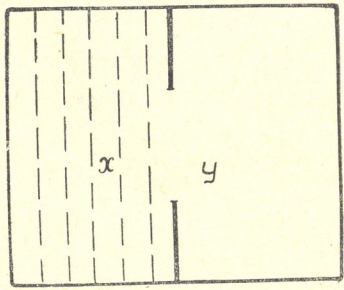
ხანგრძლივობით, ანდა უწყვეტად მანამდე, სანამ იგი არ დასტოვებდა მავთულე-ბიან უბანს.

ცდების ერთ სერიაში საცდელ ყუთს ვაზნელებდით შავი ნაჭრით და გვერდზე ვტოვებდით ხერგულს ცხოველის ქცევაზე დაკვირვებისათვის. საცდელი ყუთის თავზე ვათავსებდით 110-ვოლტიან და 8-ვოლტიან ელექტრონათურას, რომლის განათებასაც ვაუღლებდით ელექტროდენთან.

ჭაობის კუზე ცდებს ვატარებდით სპეციალურ აკვარიუმში. ცდების ერთ სერიაში აკვარიუმში გაყოფილი გვქონდა ორ ნაწილად გაუმჭვირვალე ტიხრით. მცირე ზომის ნაწილში კუ იმყოფებოდა მაშინ, როდესაც ცდები არ მიმდინარეობდა. ცდების დროს ტიხრს ვწევდით მაღლა და ცხოველებს ეძლეოდა საშუალება თავისუფლად ემოძრაოთ მთელ აკვარიუმში. ცდები ტარდებოდა 7 ხმელეთის და 3 ჭაობის კუზე.

ცდის შედეგები

იმის გასარკვევად, გაპირობებულია თუ არა რეპტილიების (კუ) ქცევა აღქმულ ობიექტთა ხატის არსებობით, ჩავატარეთ შემდეგი სახის ცდები: ცდების ერთ სერიაში ზემომოყვანალი საცდელი ყუთი (ნახ. 1). გავტიხრეთ ორ



ნახ. 1. საექსპერიმენტო ყუთი

ნაწილად და შევაჩვიეთ ისინი ერთ-ერთ განყოფილებაში (y) ყოფნას. ეს შემოწმებულ იქნა იმით, რომ X უბანში გადაყვანის შემთხვევაში ისინი სწრაფად გადმოდიოდნენ უკან y განყოფილებაში. შემდეგ აქვე ვაძლევდით მათ მძლავრ ელგალიზიანებას და ამის გამო ისინი გადადიოდნენ X უბანში; იწყებდნენ აქ მოძრაობას და ქშენას, რაც გრძელდებოდა 2'—3'-ს. მაგრამ 4'—5'-ის განმავლობაში მათ აღარ ქონდათ მისწრაფება შეჩვეული უბნისაკენ. ამ დროის გავლის შემდეგ ისევ გადადიოდნენ y განყოფილებაში. ამგვარად, ჩვენ ვფი-

ქრობთ, რომ გამლიზიანებელი მიდამოს ადგილმდებარეობის ხატი ხმელეთის კუს ენახება დაახლოებით 4'—5'-ს.

ამავე ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით, ხმელეთის კუზე ჩატარებული გვერდითი და ასეთი სახის ცდები. იმავე საცდელი ყუთის X უბანში ცხოველები ღიზიანდებოდნენ ელ. დენით. ამის შემდეგ ისინი გადადიოდნენ მეორე (ყ) უბანში, სადაც გალიზიანებას არ ღაწარმოებდით. ამ მიზნით ჩაატარეთ მრავალი ცდა, ისე რომ ცხოველებს უკვე გაავტომატებული ჰქონდათ სვლა საცდელი ყუთის X უბნიდან ყ უბანში, რაც იმით დავამტკიცეთ, რომ გამლიზიანებელ უბანში ცხოველების მოთავსებისას ისინი გალიზიანების გარეშეც გადადიოდნენ ყ უბანში.

ამის შემდეგ მოვიქცით ასე: გალიზიანება X უბნიდან გადავიტანეთ ყ უბანში და ახლა ცხოველებს ვალიზიანებდით იქ, სადაც უწინ ისინი არასოდეს არ ღიზიანდებოდნენ.

შედეგი მივიღეთ იგივე, რაც წინა შემთხვევაში: მიუხედავად იმისა, რომ მათ გაავტომატებული ჰქონდათ სვლა ყ უბნისაკენ და ახლა სწორედ ამ უბანში მიიღეს გალიზიანება, სწრაფად სტოვებდნენ ამ უბანს და გადადიოდნენ X-ში, იქ ჰქონდათ აქტიური მოძრაობითი რეაქცია და ქშენა 2'—3'-ს, ხოლო 4'—5'-ის შემდეგ გამლიზიანებელი უბნის ადგილმდებარეობის ხატი ქრებოდა და ცხოველები ისევ უბრუნდებოდნენ ყ უბანს.

ცდების სხვა ვარიანტებში ჩვენ ზუსტად დავადგინეთ დროის ის მაქსიმუმი, რომლის განმავლობაშიც კუ იმახსოვრებდა მტკიცეულ გალიზიანებას. ამ მიზნით ჩვენს მიერ დაყენებული იყო ასეთი სახის ცდები: კუს ვალიზიანებით X უბანში, რაც წარმოადგენდა მის ადგილსამყოფელს. გალიზიანების შედეგად იგი სწრაფად გარბოდა ყ უბნისაკენ. 2'—3'-ის განმავლობაში აღინიშნებოდა აქტიური მოძრაობა და ქშენა, ხოლო 4'—5'-ის განმავლობაში კუ არ გადადიოდა X განყოფილებაში. X უბანში გალიზიანებიდან მე-2'-ზე, როდესაც კუ უკვე გადასული იყო ყ უბანში, ხელით გადაგვეყვავდა იგი ისევ X განყოფილებაში, სადაც მან 2'-ის წინ მიიღო გალიზიანება. ცხოველი სწრაფად ტოვებდა X განყოფილებას და გარბოდა ყ განყოფილებისაკენ. ასევე იქცეოდა იგი გალიზიანებიდან 4'—5'-ის განმავლობაში. ამ დროის შემდეგ მისი გადმოყვანისას X განყოფილებაში უკვე აღარ აღინიშნებოდა გაქცევა X განყოფილებიდან. ყოველივე აქედან ჩვენ შეიძლება ვიფიქროთ, რომ 4'—5'-ის განმავლობაში კუ იმახსოვრებდა გამლიზიანებელ მიდამოს ადგილმდებარეობას, რის გამოც იგი გაუბრბოდა ამ მიდამოს 4'—5'-ის განმავლობაში. შემდგომში კი ეს დამახსოვრების უნარი თანდათანობით სუსტდებოდა და ბოლოს სავსებით ქრებოდა. ამის გამო ცხოველის გადაყვანისას X განყოფილებაში იგი არამც თუ გაუბრბოდა ამ განყოფილებას, არამედ პირიქით, თვითონ მიილტვოდა X განყოფილებისაკენ, ვინაიდან ეს ადგილი მას თავის „ადგილსამყოფლად“ ჰქონდა მიჩნეული.

შემდგომში ჩვენ გვაინტერესებდა ზემოაღნიშნული საკითხების გარკვევა ჭაობის კუზე. ამ მიზნით ჩვენ ვცდილობდით შეგვეჩვია ჭაობის კუ აკვარიუმის და საცდელი ყუთის პირობებს. უნდა აღინიშნოს, რომ თუ ხმელეთის კუ შედარებით ადვილად (რამდენიმე დღეში) ეჩვეოდა საექსპერიმენტო პირობებს, ჭაობის კუს გაცილებით მეტი დრო სჭირდებოდა საექსპერიმენტო გარემოს

შეჩვევისათვის. რაც შეეხება აღქმულ ობიექტთა ხატის საფუძველზე არსებულ ქცევას, იგი ჭაობის კუში ვერ იქნა გამოვლინებული. თავისი ქცევით ჭაობის კუ ძალიან გლავონებდა ამფიბიებს (ბაყაყს). როდესაც ლიტერატურული წყაროებით ვავეცანით მის ეკოლოგიას და ცენტრალური ნერვული სისტემის ანატომიას, მისი ხმელეთის კუსაგან განსხვავებული ქცევა ახსნილი იყო შემდეგი პირობებით: ჭაობის კუში მეორეულად განიცადა ხმელეთიდან წყალში გადასვლა, მისი გარემო არე მეტად შეიზღუდა და ერთფეროვანი გახდა (წყალი), ხოლო ცენტრალურმა ნერვულმა სისტემამ რეტროგრადული განვითარება განიცადა. ჩვენ ვფიქრობთ, რომ ლაბორატორიულ პირობებში ჭაობის კუს მეტად პრიმიტიული ქცევა ხმელეთის კუსთან შედარებით გამოწვეული უნდა იყოს ზემოთ აღნიშნული მიზეზებით.

ცდების განსაკუთრებულ სერიაში ჩვენ გვიანტერესებდა შეგვესწავლა რეპტილიების დაცვითი პირობით-რეფლექსური ქცევა. სხვადასხვა ავტორთა მიერ რეპტილიებზე ჩატარებულ ცდებში ძირითად გამლიზიანებლად თითქმის უმეტესად გამოყენებული იყო მტკივნეული გალიზიანება (ელექტრული) [4, 5, 6, 7] და ზოგჯერ კვებითი გალიზიანება [7]. მათი გამოკვლევებიდან ცნობილია, რომ ძირითად გამლიზიანებლად ელექტრული გალიზიანების ხმარების დროს რეპტილიებს უმუშავდებოდათ პირობითი რეფლექსები სხვადასხვა პირობით სიგნალზე.

ჩვენს ცდებში ძირითად გამლიზიანებლად გამოიყენებოდა ელექტრული გალიზიანება, ხოლო ცდებს ვატარებდით თავისუფალი მოძრაობის მეთოდით [8]. ცდების ერთ სერიაში პირობით გამლიზიანებლად მივიჩნევდით გარემოს განსხვავებულ მოწყობილობას. საცდელი ყუთის (ნახ. 1) X განყოფილებაში ხდებოდა ცხოველის გალიზიანება ელდენით, Y განყოფილება კი — თავისუფალი იყო გალიზიანებისაგან.

X უბანში ხმელეთის კუს გალიზიანებით აქ არსებულ გამტარებში გამავალი დენით, რის გამოც ისინი გადადიოდნენ ამ უბნიდან მეორე არაგამლიზიანებელ Y უბანში. რამდენიმე ცდის შემდეგ შევნიშნეთ, რომ X უბანში ცხოველების მოთავსებისას ისინი მყისვე ტოვებდნენ ამ უბანს გალიზიანების გარეშე.

ცდების ერთ სერიაში გვიანტერესებდა პირობითი რეფლექსის გამომუშავება მხედველობით გამლიზიანებელზე. პირობით სიგნალად ვიყენებდით განათებას (110-ვოლტიანი და 8-ვოლტიანი მცირე ზომის ნათურა).

ამ ცდებში საცდელი კამერა ჩაბნელებული გვეკონდა. ყუთი გავყავით ტიხრით ორ ნაწილად. ტიხრის ქვემოთ გავაკეთეთ გასასვლელი, რათა ცხოველებს თავისუფლად ემოძრავათ გამლიზიანებელ (X) და არაგამლიზიანებელ (თავისუფალ Y) უბნებს შორის. განათებას ვაწარმოებდით X განყოფილებაში. ჯერ ვახდენდით განათებას, ხოლო, 3'-ის შემდეგ ვრთავდით დენს. თავდაპირველად, განათებაზე ცხოველები რეაქციას არ იძლეოდნენ, ხოლო ელდენით გალიზიანების გამო კი გასასვლელით გადადიოდნენ Y განყოფილებაში. დაახლოებით 23—27 შეუღლების შემდეგ მივიღეთ რეაქცია განათებაზე: ელგალიზია-



ნების გარეშე, განათებაზე ხმელეთის კუები სწრაფად ტოვებდნენ გამლიზიანებულ უბანს და გადიოდნენ ყ უბანში (ოქმი № 1).

როგორც ოქმი № 1-დან ჩანს, ხმელეთის კუში პირობითი რეფლექსი მხედველობით გამლიზიანებულზე გამომუშავდა 24 შეუღლების შემდეგ. თუმცა იგი არამტკიცეა, მაგრამ რეფლექსის შენარჩუნებისათვის ხშირად საჭირო განათების შეუღლება ელდენით გალიზიანებასთან.

ცდების ერთ-ერთ სერიაში ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა კუებში მხედველობითი გამლიზიანების დიფერენციაციის უნარი. დიფერენციაციის მიზნით გამოვიყენეთ წითელი ფერის ნათურა. პირველ ცდებში სადიფერენციაციო სიგნალი იძლეოდა იგივე შედეგებს, რასაც პირობითი, 10—13 შეუღლებიდან უკვე შეიმჩნეოდა დიფერენციაციის ნიშნები, თუმცა ეს დიფერენციაცია მეტად არამდგრადი იყო.

ო მ მ ი № 1

4/V. 65 წ.

კუ № 2

კუში ჩატარებული ცდა-რაოდ.	დრო	პირობითი გამლიზიანებული	ცდათა საერთო რაოდ.	მდგომარეობა ცდის წინ	რეაქციის ხასიათი
1.	12 <sup>00</sup>	სინათლე+დენი	1/22	არის X უბანში. გასასვლელისაკენ სახით დგას.	სინათლეზე არავითარი მოძრაობა, დენის ჩართვისთანავე იწყებს მოძრაობას და გადის გასასვლელში.
2.	12 <sup>00</sup>	"	2/23	"	სინათლეზე გამოყო თავი, დაიწყო მოძრაობა, ისევ შეჩერდა, 30"-ის შემდეგ ჩართეთ დენი, მდის გასასვლელისაკენ და გადის ყ განყოფილებაში.
3.	12 <sup>07</sup>	სინათლე	3/24	ზის გასასვლელისაკენ გვერდით	სინათლეზე იწყებს მოძრაობას, ვერ პოულობს გასასვლელს, მივეციით მიმართულება და გადის გასასვლელში.
4.	12 <sup>12</sup>	სინათლე+დენი	4/25	ზის ზურგით გასასვლელისაკენ	სინათლეზე არ არის არავითარი რეაქცია, დენის ჩართვისთანავე იწყებს მოძრაობას, ეჭახება კედლებს, ვერ პოულობს გასასვლელს, ვაძლეეთ მიმართულებას და გადის გასასვლელში.
5.	12 <sup>10</sup>	სინათლე	5/26	"	სინათლეზე იწყებს მოძრაობას, ოდნავ ვაძლეეთ მიმართულებას და მაშინვე გადის გასასვლელში.

ჭაობის კუში დაცვითი პირობითი რეფლექსის გამომუშავების მიზნით ცდებს ვატარებდით აკვარიუმში. აქაც ძირითადად გამლიზიანებულად ვიყენებდით ელექტრულ გამლიზიანებულს. ცდების ერთი სერია ჩავატარეთ ასე: აკვარიუმში მოვათავსეთ ფიცარი, აკვარიუმის ფსკერი კი წყლით იყო დაფარული.

ფიცარი წარმოადგენდა მშრალ სუბსტრატს. ცხოველების ფიცარზე მოთავსების დროს მათ ვალიზიანებლით კიდურებზე გაკეთებული ელექტროდების საშუალებით. შედეგად ისინი ვალდობოდნენ წყალში. წყალში გადასვლისას კი ვალიზიანებას ვწყვეტდით. ჩვენი მიზანი იყო მიგვეღწია იმისათვის, რომ ცხოველების ფიცარზე მოთავსების დროს გადასულიყვნენ ისინი წყალში ვალიზიანების გარეშე. ამ მიზნით თითოეულ კუზე ჩავატარეთ 350 ცდა. რეფლექსი არ მიგვიღია.

ცდების შემდგომ სერიაში ძირითად ელექტრულ ვალიზიანებას ვაუღლებდით მხედველობით გამლიზიანებელთან. განათებას ვაწარმოებდით 110-ვოლტიანი და 8-ვატიანი მცირე ზომის ნათურით. მიუხედავად იმისა, რომ შეუძლებათა რიცხვი პირობით და უპირობო გამლიზიანებელთა შორის ავყევანეთ 300-მდე, რეფლექსი მაინც ვერ მივიღეთ.

საერთოდ, ჩვენს მიერ ჩატარებულ ცდებში ჭაობის კუში რეფლექსის მიღება გაძნელებული იყო. ჩვენ ამ ფაქტს პირველად ვხსნიდით იმით, რომ რეპტილიებისათვის წლის ის დრო, როცა მათზე ცდები ტარდებოდა, ბუნებრივ პირობებში წარმოადგენდა ზამთრის ძილის პერიოდს.

თუმცა შემდეგში ჩვენს მიერ ცდები ჩატარებული იყო ვაზაფხულისა და ზაფხულის თვეებში, უნდა აღინიშნოს, რომ არსებით განსხვავებას ჭაობის კუნს ქცევაში არ ჰქონია ადგილი. ასე რომ უფრო მიზანშეწონილია, რეფლექსის ვაბომუშავების შეუძლებლობა ჭაობის კუში მივაწეროთ არა ზამთრის ძილის პერიოდს, არამედ საერთოდ მის ეკოლოგიურ პირობებს და ალბათ ცენტრალური ნერვული სისტემის მექანიზმებსაც.

### შედეგების განხილვა

ცდების ერთ-ერთმა სერიამ (ცდები აღქმულ ობიექტთა ხატივთ გამოწვეული ქცევის შესასწავლად) გვაჩვენა, რომ რეპტილებს აქვთ დამახსოვრების უნარი, თუმცა მცირე ხნით და არამტკიცედ, ე. ი. შეიძლება ითქვას, რომ რეპტილებში უკვე თავს იჩენს ფსიქონერვული ქცევა. ი. ბ. რ. ი. შვილის [9] მიხედვით, ცხოველთა ფსიქონერვული ქცევა, რომელიც ვაბირობებულთა ხატივთ და მქლავნდება ინდივიდურად შექმნილ ქცევით აქტებში, არა მარტო ხარისხობრივად განსხვავდება ტვინის თანდაყოლილი და პირობით-რეფლექსური მოქმედებისაგან, არამედ მეტყველებს თავის ტვინში უფრო მაღალორგანიზებული ნერვული სუბსტრატის არსებობაზე. ჰისტოლოგიური მონაცემების მიხედვით, რეპტილებში უკვე თანდათანობით ყალიბდება ასეთი მაღალორგანიზებული ნერვული სუბსტრატი. როგორც ცნობილია, რეპტილებში პირველად ჩასახვას იწყებს ნეოკორტექსი, თუმცა იგი განვითარების იმ დონეზე არ დგას, როგორც უმაღლეს ხერხემლიან ცხოველებში [10]. სამაგიეროდ რეპტილებში საკმაოდ კარგად არის განვითარებული ძველი და უძველესი ქერქი და ბაზალური განგლიები, რომელთა უშუალო მონაწილეობითაც უნდა ხორციელდებოდეს რეპტილების ინდივიდუალურად შექმნილი ქცევის აქტები.

ჩვენი ცდების მიხედვით ხმელეთის კუზე შედარებით ადვილად იქნა გამო-მუშავებული მხედველობითი პირობითი რეფლექსები მტკიცენულ ვალიზიანე-

ბაზე. ამავე დროს რეფლექსები ხასიათდებოდა არამდგრადობით და დიფერენციაციის სუსტი უნარით. ეს მოვლენაც გამოწვეული უნდა იყოს რეპტილიებში ნეოკორტექსის არასრულყოფილი განვითარებით, თუმცა პირობითი რეფლექსების გამომწვევაში უდავოდ მონაწილეობას უნდა ლებულობდეს ძველი და ახალი ქერქი და ბაზალური განგლიები.

როგორც ჩვენი ცდებიდან, ასევე ლიტერატურული მონაცემების მიხედვითაც ჩანს, რომ პირობით-რეფლექსური მოქმედება ქაობის კუში საგრძნობლად დაქვეითებულია. ეს ძირითადად განპირობებული უნდა იყოს მისი ცენტრალური ნერვული სისტემის რეტროგრადული განვითარებით, რაც გამოიწვია მის მეორეულად ხმელეთიდან წყალში გადასვლამ და მისი გარემო არის შეზღუდვამ და ერთფეროვნებამ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 24. 12. 1955)

ФИЗИОЛОГИЯ

Н. И. СИХАРУЛИДЗЕ

К ИЗУЧЕНИЮ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕДЕНИЯ РЕПТИЛИИ  
(ЧЕРЕПАХА)

Резюме

Изучение нервных механизмов поведения на разных этапах развития животного мира является одной из главных задач физиологии высшей нервной деятельности. Надо отметить, что при изучении поведения низших позвоночных основное внимание было обращено на условно-рефлекторное поведение.

Целью нашей работы является изучение особенности поведения рептилий (черепаха). Мы пытались установить, как быстро создается образ электрического раздражения, как долго он сохраняется после восприятия и вообще каково его значение в поведенческой деятельности. Мы изучали также выработку условных рефлексов у черепах на болевое раздражение.

Опыты в основном проводились в специальном экспериментальном ящике (рис. 1). Раздражение происходило в течение 10 секунд или же непрерывно до тех пор, пока черепаха не переходила в другое отделение. Условные рефлексы на сухопутных черепахах изучались в том же ящике. Ящик покрывался черным материалом с трех сторон, а к четвертой стороне приклеивалась черная бумага. Наблюдение велось через отверстие, находящееся на бумаге. Условный раздражитель (лампочка в 110 вольт и 8 ватт) находился в одном отделении ящика, второе же отделение было постоянно затемнено.

Опыты на болотных черепахах проводились как в экспериментальном ящике, так и в условиях аквариума. Опыты поставлены на семи сухопутных и трех болотных черепахах.

На основе добытого нами материала выяснилось, что поведение сухопутных черепах резко отличается от поведения болотных черепах.

У сухопутных черепах образное поведение играет более важную роль. У них быстро создается образ местонахождения электрического раздражителя; место раздражителя они запоминают в течение 4—5 минут. Поэтому в течение этого времени сухопутные черепахи избегают то место, где они получили электрическое раздражение.

Условные рефлексы на световое раздражение у сухопутных черепах легко вырабатываются и дифференцируются. Но надо отметить, что выработанные рефлексы весьма неустойчивы и быстро угасают.

Поведение болотных черепах весьма примитивно: у них вовсе не создаются образы местонахождения электрического раздражения, а условные рефлексы на электрическое раздражение у них не вырабатываются.

#### შემაჯობებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. П. Фролов. О дифференцировании световых условных раздражителей у рыб. Русский физиологический журнал, 9, 1, 1926, 113.
2. Ю. П. Фролов. Сравнительная физиология условных рефлексов. Успехи современной биологии, 8, 2, 1938, 236.
3. Ю. А. Холодов. Нервные механизмы условнорефлекторной деятельности, 1963.
4. Э. Л. Асратян, Н. С. Алексанян, А. Л. Барсегян. Материалы по условным рефлексам у черепах. Труды IV Всесоюзного съезда физиологов, 1930, 4—6.
5. А. И. Карамян, Б. Ф. Сергеев, П. И. Соллертинская. Образование временных связей при сочетании «индифферентных» раздражителей у рептилий. ЖВНД, XIV, 4, 1964, 626—634.
6. К. Л. Поляков. Физиология обонятельного и слухового анализаторов у черепах. Русский физиологический журнал, XIII, вып. 2, 1930, 161—178.
7. А. И. Карамян. Эволюция функции мозжечка и больших полушарий головного мозга, 1956.
8. И. С. Беритов. Индивидуально приобретенная деятельность центральной нервной системы. Тифлис, 1932.
9. И. С. Беритов. Нервные механизмы поведения высших позвоночных животных. М., 1961.
10. Л. Л. Натадзе. Сравнительная анатомия позвоночных животных, 1962, 353—497 (на груз. яз.).

მასპერინმეტული მედიცინა

მ. მაჩაბელი, ნ. გელიძე

ერიტროციტული ინდექსი და ჰემოსტაზი ანემიების დროს

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 13. 12. 1965)

ერიტროციტების რაოდენობა სისხლში, მათი მოცულობითი თანაფარდობა პლაზმასთან, რაც ჰემატოკრიტის მაჩვენებლებით გამოიხატება, სისხლის შედედებზე გარკვეულ ზემოქმედებას ახდენს. მაგრამ ცნობები ჰემატოკრიტისა და სისხლის შედედების სისტემის ურთიერთდამოკიდებულების შესახებ მეტად მცირერიცხოვანია.

დადგენილია [1], რომ ჰემატოკრიტის მაჩვენებლებს, სისხლდენის დროსა და თრომბოციტების შეწებებით უნარს (ადგეზივობას) შორის, გარკვეული ურთიერთდამოკიდებულება არსებობს, რაც ერიტროციტებში შემავალი R ფაქტორითაა გაპირობებული.

ერიტრემიით დაავადებულთა სისხლში ფიბრინოგენის რაოდენობის ზუსტი განსაზღვრისათვის მ. მაჩაბელი [2, 3] შემოიღო ე. წ. ერიტრემიული ინდექსი (ეი). მისი აზრით, ჰემატოკრიტის ნორმალური მნიშვნელობის დროს სისხლში ფიბრინოგენის რაოდენობა სპეციფიური ბიოქიმიური მეთოდებით განსაზღვრება, ერიტროციტების რიცხვის ზრდასთან ერთად ეი, ეს მეთოდები უკვე არასაკმარისი ხდება.

ჰემატოკრიტის მაჩვენებლების ნორმალურ შეფარდებად ითვლება  $\frac{45}{55}$ ,

ე. ი. ჯანმრთელი ადამიანის 10 მლ სისხლში 4,5 მლ-ს ფორმიანი ელემენტები შეადგენენ, 4,5 მლ-ს—პლაზმა, 1 მლ-ს კი—ანტიკოაგულანტის ხსნარი. პლაზმაში არსებული ფიბრინოგენიდან ჩვეულებრივად წარმოიქმნება ფიბრინის ის აუცილებელი რაოდენობა, რომელიც საკმარისია კოლტში ერიტროციტების დასაფიქსირებლად. ამიტომ პლაზმისა და ერიტროციტების მოცულობითი შეფარდების ცვლილება გარკვეულ ზემოქმედებას ახდენს ფიბრინის კოლტის თვისებებზე.

ერიტრემიით დაავადებულის 10 მლ სისხლში მოცულობის უდიდეს ნაწილს ერიტროციტები შეადგენენ, უმცირესს კი—პლაზმა. მ. მაჩაბელის მიერ განხილულ შემთხვევაში, როდესაც ჰემატოკრიტის მაჩვენებელთა შეფარდება იყო  $\frac{85}{15}$ , პლაზმაზე მოდიოდა მხოლოდ 0,5 მლ, 1 მლ—ანტიკოაგულანტზე, მთელი დანარჩენი მოცულობა—8,5 მლ კი—ერიტროციტებს ეკუთვნოდა, ე. ი. 0,5 მლ პლაზმაში შემავალ ფიბრინოგენს შედედებისას უნდა შეეკავშირებინა კოლტ-

ში ერთროციტების ძალიან დიდი რაოდენობა, რომელიც აღებულ სისხლში მთელი მოცულობის (10 მლ) 8,5 მლ-ს შეადგენდა. ცხადია, რომ თვით ჰიპერფიბრინოგენემიის დროსაც კი, პლაზმაში არსებული ფიბრინოგენის რაოდენობა არასაკმარისი იქნებოდა ერთროციტების ამ დიდი რაოდენობის ფიქსაციისათვის კოლტში.

მ. მაჩაბლის ერთგვარი ინდექსის საშუალებით შესაძლებელი ხდება გამოვავლინოთ ერთროციტების რაოდენობის ზრდასთან დაკავშირებული ფიბრინოგენის ეს „უკმარისობა“.

განსხვავებით ჰემატოკრიტის მაჩვენებლებისაგან, რომლებიც არ გამოხატავენ თანაფარდობას ერთროციტებსა და ფიბრინოგენის რაოდენობას შორის. ერთგვარი ინდექსი სწორედ ამ თანაფარდობის დარღვევაზე მიუთითებს; ის გვიჩვენებს, რომ სისხლში არსებული ფიბრინოგენის რაოდენობა არაა საკმარისი ერთროციტების გარკვეული მოცულობის ფიქსაციისათვის, რითაც ავლენს სისხლის შედედების პათოლოგიის არსს ერთრემიის შემთხვევაში.

გ ე რ ტ ნ ე რ ი [4] თვლის, რომ სისხლის შედედების პროცესსა და ერთროციტების კონცენტრაციას შორის არსებული ურთიერთდამოკიდებულება განსაკუთრებით აშკარა ხდება პოლიციტემიების დროს, სადაც ერთროციტების მოცულობის ზრდასთან დაკავშირებით ფიბრინოგენის შედარებითი უკმარისობა ვითარდება.

უნდა ითქვას, რომ ფიბრინოგენის უკმარისობის განსაზღვრის ეს მეთოდი გამოიყენებოდა მხოლოდ ერთრემიების შესწავლისას, ე. ი. იმ შემთხვევებში, როდესაც ჰემატოკრიტის მაღალ მაჩვენებელთან გვაქვს საქმე. საწინააღმდეგო ხასიათის ვადახრები ჰემატოკრიტის დაბალი მაჩვენებლებით, კერძოდ ანემიები, ამ ასპექტში არ შეისწავლებოდა, თუმცა ეს საკითხი არააყლებ საინტერესოა.

ანემიების დროს, როგორც ცნობილია, სისხლის გარკვეულ მოცულობაში (10 მლ) ერთროციტების რაოდენობა მნიშვნელოვნად მცირდება, პლაზმისა კი შესაბამისად მატულობს. ამიტომ ფიბრინოგენის შემცველობა სისხლში, რომელიც ამ დაავადების დროს ჩვეულებრივ ნორმის ფარგლებშია, ერთროციტების შემცირებული რაოდენობის მიმართ ძალიან მაღალი ხდება. იმ შემთხვევაში კი, როდესაც ფიბრინი განსაკუთრებით ბევრია, ის ადვილად ილექება სისხლძარღვთა კედლებზე ენდო-ენდოთელიალური ფიბრონის შრის სახით. ეს კი განაპირობებს თრომბო-ემბოლიური გართულებების განვითარებას, რაც ზოგჯერ გვხვდება ანემიების დროს. ფ რ უ მ ი ნ ს ა და მის თანავტორებს [5] აღწერილი აქვთ ალასტიური ანემიის შემთხვევა, რომლის დროსაც სხვადასხვა ორგანოებში აღმოჩენილ იქნა მიკროსკოპული თრომბოციტული თრომბები, ხოლო ს ი მ ე რ ს ი [6] აღწერს ჰემოლიზური ანემიის შემთხვევას, გართულებულს მიკროანგიოპათიური თრომბოზით.

ამგვარად, თრომბოზული გართულებები, რომლებიც ანემიების დროს გვხვდება, ამ მოვლენის ახსნას მოითხოვენ. ეს ეხება განსაკუთრებით ზოგადი ჰიპოკოაგულაციის შემთხვევებს, რაც უმეტესად ალასტიური მდგომარეობისთვისაა დამახასიათებელი.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ გამოგვეკვლია, თუ რა ურთიერთკავშირი არსებობს სისხლში ფიბრინოგენის რაოდენობასა და ჰემატოკრიტის მაჩვენებლებს შორის სხვადასხვა ანემიების დროს.

**ზოგადი ცნობები ჩატარებული დაკვირვებების შესახებ და გამოკვლევის მეთოდები**

ფიბრინოგენი განისაზღვრებოდა გრავიმეტრიული მეთოდით (კოლტის გამოშრობით მუდმივ წონამდე) მ. მაჩაბელის მოდიფიკაციაში, რომელიც ამ ფაქტორის ერთდროული რაოდენობრივი და თვისობრივი განსაზღვრის საშუალებას იძლევა.

ფიბრინის მშრალი კოლტის წონის განსაზღვრისას განზავების სტანდარტულ ინდექსს მხედველობაში არ ვიღებთ. ნორმალური ჰემატოკრიტის დროს ამ ინდექსს ფორმულაში სათანადო შესწორება შეაქვს, გეჩვენებს რა ანტიკოაგულანტი პლაზმის განზავების ხარისხს. ანემიების შემთხვევებში კი სისხლის მოცულობის უმეტეს ნაწილს პლაზმა შეადგენს და ამიტომ ანტიკოაგულანტის ხსნარით მისი განზავება უმნიშვნელოა.

ერთრემიული ინდექსი (ეი) განისაზღვრებოდა მ. მაჩაბელის ფორმულით:

$$ეი = \frac{H}{X}$$
 სადაც X არის ფიბრინის რაოდენობა, რომელსაც შეიცავს 10 მლ საკვლევი სისხლი; H ფიბრინის ის რაოდენობაა, რომელიც ნორმალურ პირობებში დასკირდებოდა დასაფიქსირებლად 10 მლ საკვლევ სისხლში არსებულ ერთროციტებს.

შევიტანთ ფორმულაში H-ისა და X-ის მნიშვნელობები:  $H = ფ_{ფ} X_{ფ_{ფ}}$  — ე. ი. უღრის მშრალი ფიბრინის იმ რაოდენობას მგ-ში, რომელიც დონორის სისხლში მოხმარდებოდა ავადმყოფის ერთროციტების მოცულობის ტოლი ფორმანი ელემენტების ფიქსაციას.  $X = ფ_{კ} X_{კ}$  — ე. ი. ტოლია ფიბრინის იმ რაოდენობისა მგ-ში, რომელიც წარმოიქმნება 10 მლ საკვლევ სისხლში.

იმ შემთხვევაში, თუ ერთრემიული ინდექსი 1-ზე მეტია, საქმე გვაქვს ფიბრინოგენის რაოდენობის შემცირებასთან, თუ 1-ზე ნაკლებია, — ფიბრინოგენის ხარჯის გადიდებასთან, 1-თან მიახლოება კი ნორმასთან მიახლოებას ნიშნავს.

**საკუთარი გამოკვლევები**

დაკვირვება წარმოებდა 25 ავადმყოფზე, რომლებიც ანემიების სახეების მიხედვით იყოფოდნენ შემდეგ ჯგუფებად:

რკინადეფიციტური ანემია—10 ავადმყოფი, B<sub>12</sub>-დეფიციტური ანემია—6, ჰემოლიზური ანემია—4, აპლასტიური ანემია—5 ავადმყოფი.

1 მლ პლაზმაში ფიბრინოგენის რაოდენობის განსაზღვრისას შემდეგი მონაცემები მივიღეთ: 32 გამოკვლევიდან 28 შეესაბამებოდა ნორმას (4—7 მგ/მლ, 2 შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ჰიპერფიბრინოგენემიას (8—9 მგ/მლ) და 2 შემთხვევაში—ჰიპოფიბრინოგენემიას (3 მგ/მლ), ე. ი. ანემიით დაავადებულთა პლაზმაში ფიბრინოგენის კონცენტრაცია ძირითადად ნორმის ფარგლებშია. მაგრამ

ეს მხოლოდ პლაზმას შეეხება. სისხლის მოცულობის ერთეულში კი, ფიბრინოგენის რაოდენობა მკვეთრადაა მომატებული. ეს აშკარა ვახდება, თუ ფიბრინის რაოდენობას, რომელიც ავადმყოფის სისხლში ერთთროციტების მცირე რიცხვს აკავშირებს, შევადარებთ ფიბრინის იმ რაოდენობასთან, რომელიც ღონორის სისხლში აფიქსირებს ერთთროციტების ნორმალურ რიცხვს.

ეს განსაკუთრებით თვალსაჩინოა ავადმყოფ პ.-ის შემთხვევაში (ავადმყოფის ისტორია № 9324/298), რომელსაც ყველაზე მკვეთრად გამოხატული ანემია (Hb—17 ერთ სალისა—2,8 გრ%; ერთთროციტები 1220 000 1 მმ<sup>3</sup> სისხლში) და ჰემატოკრიტის ყველაზე დაბალი მაჩვენებლები ( $\frac{8}{92}$ ) ჰქონდა. ეს ნიშნავს, რომ მისი სისხლის 10 მლ-ში, 8,2 მლ-ს პლაზმა შეადგენს, 1 მლ-ს ანტიკოაგულანტის ხსნარი და მხოლოდ 0,8 მლ-ს — ფორმიანი ელემენტები. ავადმყოფის პლაზმის 1 მლ-დან მიღებულია 8 მგ ფიბრინი, რაც უმნიშვნელო ჰიპერფიბრინოგენემიაზე მიუთითებს. მისი სისხლის 9 მლ-ში კი (გამოკლებულია 1 მლ—ანტიკოაგულანტის ხსნარის მოცულობა) იქნება  $8 \times 9 = 72$  მგ ფიბრინი.

თუ დავუშვებთ, რომ ავადმყოფ პ.-ის მსგავსად, ღონორის პლაზმის 1 მლ-შიც 8 მგ ფიბრინია, მაშინ 4,5 მლ-ში უნდა იყოს  $8 \times 4,5 = 36$  მგ, ე. ი. ორჯერ ნაკლები, ვიდრე ავადმყოფის პლაზმაშია. მაგრამ ღონორის სისხლში 36 მგ ფიბრინი ამაგრებს 4,5 მლ. ფორმიან ელემენტებს, ავადმყოფის სისხლში კი 0,8 მლ ფორმიანი ელემენტების ფიქსირებისათვის იხარჯება 72 მგ ფიბრინი. ნორმალურ პირობებში, ამავე რაოდენობის ერთთროციტების დასამაგრებლად, ფიბრინოგენის იგივე კონცენტრაციის დროს, დაიხარჯებოდა  $0,8 \times 8 = 6,4$  მგ ფიბრინი ე. ი. 11-ჯერ ნაკლები, ვიდრე აქვს ჩვენს ავადმყოფს. აღნიშნული ავადმყოფის ერთთრემიული ინდექსი მ. მაჩაბელის ფორმულის მიხედვით, უდრის 0,07-ს.

ამრიგად, ჰემატოკრიტის მაჩვენებლებისა და ერთთრემიული ინდექსის გამოკვლევით დადგინა ჩვენი ავადმყოფის სისხლში ჰიპერფიბრინოგენემიის ნამდვილი სურათი, რომლის წარმოდგენა ამ მონაცემების გათვალისწინების გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა.

სხვადასხვა ანემიებით დაავადებულ ავადმყოფთა გამოკვლევის შედეგები მოცემულია 1 ცხრილში. ერთთრემიული ინდექსი, რომელიც ჯანსაღი ადამიანებისათვის 1-ის ტოლია, ჩვენს ავადმყოფებს ძლიერ დაქვეითებული ჰქონდათ და ზოგიერთ შემთხვევაში 0,3—0,07-მდეც კი დაეცა.

ჩატარებული ანტიანემიური მკურნალობის შემდეგ, პერიფერიული სისხლის სურათის გამოსწორებასთან და ჰემატოკრიტის ზრდასთან ერთად იზრდებოდა ეი-ი და 1-ს უახლოვდებოდა, რაც აშკარად ჩანს მე-2 ცხრილიდან.

ანემიით დაავადებულთა სისხლში ფიბრინოგენის რაოდენობა ყოველთვის შეფარდებით მომატებულია, რაც ორგანიზმის თავისებურ დაცვით რეაქციას წარმოადგენს. დადგენილია, რომ ჯანსაღი ადამიანის სისხლძარღვების ინტიმალურ ასსებობს ორი ფენა: პირველს ქმნის პროფიბრინის ვარკვევითი სახე, რომელსაც „არაჟელატინირებულ ფიბრინს“ უწოდებენ. მეორე შრეს ქმნიან თრომბოციტები. ანემიების შემთხვევებში, როდესაც ჩვეულებრივ თრომბოპენიაც



ცხრილი 1

გამოკვლეულთა ჯგუფები	აგადმყოფთა რიცხვი	მშრალი ფიბრინის რაოდენობა მგ-ით				H	ერთრემული ინდექსი $\frac{H}{x}$
		1 მლ პლაზმაში		9 მლ სისხლში—x			
		მერყეობის საზღვრები	საშუალო რაოდენობა	მერყეობის საზღვრები	საშუალო რაოდენობა		
ჯანმრთელები		4,8—8,4	6,7	21,6—37,8	30,1	30,1	1
ოკინა-დეფიციტური ანემიით დაავადებულები	10	3—9	5,5	21—70	40,78	16,4	0,4
B <sub>12</sub> -დეფიციტური ანემიით დაავადებულები	6	4—6	4,9	24—42	30,9	13,6	0,4
ჰემოლიზური ანემიით დაავადებულები	4	3—7	5	19,2—43,4	30,2	13,1	0,4
აპლასტიური ანემიით დაავადებულები	5	5—8	5,8	30—78	58,8	10,16	0,17

ცხრილი 2

აგადმყოფების გვარები	მშრალი ფიბრინის რაოდენობა მგ-ით მკურნალობამდე					მშრალი ფიბრინის რაოდენობა მგ-ით იგივე აგადმყოფების სისხლში მკურნალობის შემდეგ				
	ჰემატოკრიტის მაჩვენებელი	1 მლ პლაზმაში	9 მლ სისხლში—x	H	$\frac{H}{x}$	ჰემატოკრიტის მაჩვენებელი	1 მლ პლაზმაში	9 მლ სისხლში—x	H	$\frac{H}{x}$
ღ-ვა	$\frac{30}{70}$	5	30	18	0,6	$\frac{42}{58}$	4	19,2	16,8	0,8
რ-ვა	$\frac{23}{77}$	5	33,5	11,5	0,3	$\frac{34}{66}$	4	22,4	20,4	0,9
ბ-შვილი	$\frac{22}{78}$	5	34	11	0,3	$\frac{30}{70}$	6	30	15	0,5
ტ-ია	$\frac{30}{70}$	6	36	15	0,4	$\frac{40}{60}$	6	25	20	0,8

ვითარდება, თრომბოციტული ფენის ნაკლოვანება, როგორც ჩანს, პროფიბრინის შრის (I ფენის) გაძლიერებული წარმოქმნით კომპენსირდება. ეს რეაქცია გარკვეულ ფარგლებში მიზანშეწონილია, რადგან იცავს ორგანიზმს სისხლის დენისაგან.

სწორედ ამიტომ, სისხლის დენა ანემიების დროს იშვიათია, ხოლო, თუ სისხლის დენა მაინც ართულებს დაავადების მიმდინარეობას, ის სისხლის შედედების სისტემაში უფრო ღრმა დარღვევების გამო ვითარდება.

ამრიგად, ანემიების დროს, განსხვავებით ერთრემიებისაგან, ეი უშთაერესად დაქვეითებულია. ეი-ის დაქვეითების ხარისხი პირდაპირ პროპორციულია ჰემატოკრიტის შემცირებისა და უკუპროპორციულია სისხლში ფიბრინოგენის კონცენტრაციისა.

საბოლოოდ უნდა ითქვას, რომ ჰემატოკრიტის მაჩვენებლების ნორმიდან გადახრის ყველა შემთხვევაში (როგორც ანემიების, ისე პოლიციტემიების დროს) სისხლის შედედების სისტემის შესწავლასთან ერთად აუცილებელია ერთი რამე მითი ინდექსის გამოთვლაც. ეს საშუალებას მოგვცემს ვიმსჯელოთ ჰემოსტაზის პათოლოგიის ხარისხზე, ავსნათ სისხლდენისა და თრომბოზის მიზეზები და მივაღწიოთ ამ გართულებების უკუგანგიოთარებას სათანადო მკურნალობის დახმარებით.

ექსპერიმენტული და კლინიკური ქირურგიისა და  
ჰემატოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 13. 12. 1965).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

М. С. МАЧАБЕЛИ, Н. А. МЕЛИКАДЗЕ

**ЭРИТРЕМИЧЕСКИЙ ИНДЕКС И ГЕМОСТАЗ ПРИ АНЕМИЯХ**

Резюме

С целью выяснения значения эритромического индекса в системе свертывания крови при анемиях наблюдения проводились на 25 больных различными видами анемий.

Эритромический индекс, определяемый по формуле М. С. Мачабели, во всех случаях оказался сильно пониженным (в одном случае эритромический индекс был уменьшен в 11 раз).

Эритромический индекс больше единицы говорит об уменьшении количества фибриногена в крови, меньше единицы—об увеличении расхода фибриногена, приближающийся к единице — о приближении к норме.

Следовательно, понижение эритромического индекса при анемиях свидетельствует об увеличенном содержании фибриногена по отношению к уменьшенному количеству эритроцитов; создавшийся излишек фибрина способствует развитию тромбоэмболических осложнений, которые встречаются иногда при некоторых видах анемий.

დადამატებითი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. J. Hellem, C. B. Borchgrevingk, S. B. Ames. The role of red cells in haemostasis: the relation between haematocrit, bleeding time and platelet adhesiveness. Brit. J. Haematol., vol. 7, 1, 1961, 42—50.
2. М. С. Мачабели. Оценка содержания фибриногена в крови больных эритромией по эритромическому индексу. Сообщения АН ГССР, 26, № 6, 1961, 755—761.
3. М. С. Мачабели. Вопросы клинической коагулологии. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1962, 295.
4. H. Gaertner. Le role des érythrocytes en hémostase et thrombose (Propres recherches). Plaen. Lék. Sbor., Suppl. 10, 1963, 59—62.
5. A. M. Frumin. Aplastic anaemia with platelet trombi. Blood, vol. 7, 9, 1952, 942—47.
6. W. S. Symmers. La micro-angiopathie thrombotique (Anémie hemolytique micro-angiopathie thrombotique). Sang., 5, 1953, 397—409.

მაკბარინმენტული მედიცინა

ბ. ინსარაძე, ბ. იაშვილი

**პერიფერიული სისხლისა და ძვლის ტვინის ცვლილებათა  
საკითხისათვის დამწვრობით გამოწვეული შოკის დროს**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 14.4.1966)

შოკის გამოვლინება სიღამწვრით გამოწვეულ პათოლოგიურ ცვლილებებს შორის არის პირველი მნიშვნელოვანი ეტაპი, რომელიც ვითარდება დაზიანების მიღებიდან პირველი ორი დღის განმავლობაში.

ზოგიერთი მკვლევარი [1—4] დამწვრობის შედეგად გამოწვეული შოკისა და ტრავმული შოკის პათოგენეზს, ერთსა და იმავე პროცესის სახესხვაობად თვლის.

მაღალი ტემპერატურის მოქმედებით გამოწვეული ქსოვილების დაზიანების პათოგენეზის საკითხი საკმაოდ არის შესწავლილი. პათოგენეზის თვალსაზრისით, დამწვრობის დროს პირველსავე წუთებში ადგილი აქვს დამწვრობის ზედაპირიდან ნერვული იმპულსების გაძლიერებულ მოქმედებას ხერვულ სისტემაზე, ნერვული ცენტრების მოქმედების დარღვევას და პირველ რიგში სისხლის ძარღვების მარეგულირებელი ცენტრის მოქმედების დარღვევას. ეს იძლევა კანისა და ზოგადად სხეულის წვრილი სისხლის ძარღვების ტონუსის დაცემას სისხლის ნაკადის შენელებასა და, მასასადამე, სისხლის ძარღვთა კედლის გამავლობის გაძლიერებას.

მაღალი ტემპერატურის გავლენა უშუალოდ სისხლზედაც შეიძლება წარმოვიდგინოთ. იგი მოქმედებს სისხლის ფორმიან ელემენტებზე და იწვევს ჰემოლიზს, ამ პერიოდში ცრუ ანემიის მოვლენებიც შეიძლება განვითარდეს დამწვრობის პირველ მომენტში ლეიკოპოეზური სისტემის გაღიზიანების შედეგად. დასაშვებია ლეიკოციტებისა და მისი ფორმულის ცვლილებების განვითარება.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენ მიზნად დავისახეთ დაგვეზუსტებინა, თუ როგორი ცვლილებები ვითარდება ექსპერიმენტული ცხოველების პერიფერიული სისხლსა და ძვლის ტვინში უმძიმესი დამწვრობით გამოწვეული შოკის ფაზაში (პირველი 24 საათის განმავლობაში).

**მ ე თ ო დ ი კ ა**

დაკვირვება ჩატარდა 10 ძალზე. დამწვრობამდე ყველა ძალს გამოკუკვლიეთ ფონის დასადგენად პერიფერიული სისხლისა და ძვლის ტვინის რადენობრივი მაჩვენებლები. დამწვრობისათვის გამოიყენებოდა ცხოვე-

ლის ზურგი და მუცელი მთლიანად, რაც დაახლოებით სხეულის 36—40%-ს შეადგენდა. აღნიშნული არე ცდის ჩატარების წინა დღეს იპარსებოდა გოგირდოვანი ნატრიუმის 10%-იანი ხსნარით ისე, რომ კანი არ დაზიანებულიყო. კანის შიშველი ზედაპირი იფარებოდა დოლბანდის ნახვევით. დამწვრობის გამოწვევა წარმოებდა ს. კიროვის სახელობის ლენინის ორდენისანი სამხედრო სამედიცინო აკადემიის თერმულ დაზიანებათა კლინიკის მიერ მოწოდებულ ელექტროაპარატით, რომელიც გაცხელებული ჰაერის საშუალებით იწვევს თერმულ დაზიანებას („აღნიშნული დაზიანება კი უახლოვდება ალით გამოწვეულ დამწვრობას“) [5]. დაკვირვება ჩატარებულია დამწვრობიდან ერთი საათის შემდეგ, ორი საათის შემდეგ და ოცდამეათე საათის შემდეგ.

საცდელ ცხოველებზე დამწვრობის მიყენებისას ელექტროთერმომეტრი-სა და თერმოწყვილის მეშვეობით აღვრიცხავდით კანქვეშა ტემპერატურას, რაც დაახლოებით ერთი და იგივე სიღრმის დაზიანების მიღების საშუალებას იძლეოდა. ცხოველებზე მიყენებული დამწვრობის ხარისხი IIIა და IIIბ უდრიდა.

დამწვრობამდე მიღებული სისხლისა და ძვლის ტვინის სხვადასხვა მაჩვენებლები შედარებულია დამწვრობის შემდგომ ყველა პერიოდში მიღებულ მაჩვენებლებთან, ხოლო ცალკეულ ჯგუფებში მიღებული მაჩვენებლები — ერთმანეთთან.

### მიღებული შედეგები

ცხოველებზე დამწვრობის მიყენებისას ათივე შემთხვევაში აღინიშნა შოკის კლინიკური სურათი, რაც გამოიხატა დამწვრობით დაზიანების პირველ წუთებში ძლიერი აგზნებით, რომლის შემდეგაც ცხოველები ვარდებოდნენ მთლიან აპათიაში, არ რეაგირებდნენ გარეშე გამოიზიანებლებზე, ეწყებოდათ უნებლიე შარდვა და განავალი. არტერიული წნევის დაცემა ყველა შემთხვევაში ერთნაირი სიძლიერით არ იყო გამოხატული.

გამოკვლევების შედეგად მიღებული მონაცემების განხილვა გვიჩვენებს, რომ 10 ძაღლის პერიფერიული სისხლის მაჩვენებლების საშუალო განსხვავდება დამწვრობის შემდეგ მიღებულ მაჩვენებლების საშუალოსაგან. დამწვრობის შემდეგ ადგილი აქვს ჰემოკონცენტრაციას, რაც გამოიხატება ჰემოგლობინის, ერითროციტებისა და ჰემატოკრიტის აშკარა მატებაში (ლეიოციტოზით, ნეიტროფილოზით და მარცხნივ გადახრით) ლიმფოპენიას, მონოციტოპენიასა და ეოზინოპენიას. ძვლის ტვინის მხრივ აღინიშნება ნეიტროფილების რიცხვის მატება მათი მომწიფების ინდექსის ჩამორჩენით.

რაც შეეხება შოკის ფაზის სხვადასხვა მომენტში პერიფერიული სისხლისა და ძვლის ტვინის ცვლილებათა დინამიკას, იგი შემდეგნაირად გამოიხატება: წითელი სისხლის მხრივ აღსანიშნავია ჰემოგლობინის მატება უკვე პირველ საათში (14,0%-ით), ხოლო შემდეგ იგი თანდათანობით კლებულობს — მეორე საათში (14,0%) და 24 საათისათვის იგი მხოლოდ 50%-ით არის გამოჩატული. ასევეა გამოხატული მატება ერითროციტების რიცხვისა (18,0%,



15,7% და 6,0%-ით) და ჰემოტოკრიტისა (12,0%—8,0%—2,0%-ით). აღნიშნული გარკვეულ კანონზომიერებას გვიჩვენებს და უკვე 24 საათის მომენტისათვის ჰემოკონცენტრაციის ხარისხის შესაძლებელ დაკლებას გვიკარნახებს.

საინტერესოა, რომ ერთროციტების ოსმოსური რეზისტენტობა გვიჩვენებს ცვლილებას, სახელდობრ, თანდათანობით ხდება მინიმალური რეზისტენტობის დაქვეითება: თუ დამწვრობამდე იგი 0,50-ს უდრიდა, 24 საათის შემდეგ 0,52 გახდა; დასაშვებია ვილაპარაკოთ იმაზე, რომ ჰემოლიზი შოკის ფაზაშივე შეიძლება იწყებოდეს.

ლეიკოციტების რაოდენობა მაქსიმალურად მატულობს უკვე დამწვრობის პირველ საათშივე, სახელდობრ, 207%-ით, მაგრამ შემდგომ კლებულობს და 24 საათის შემდეგ ეს მომატება მხოლოდ 68,0%-ით გამოიხატება. ამასთან, აშკარად მატულობს ნეიტროფილების რაოდენობა. პირველ საათში 18,0%-ით დამწვრობამდე არსებულთან შედარებით. მაგრამ 24 საათისათვის ეს მატება 34,0%-ით გამოიხატება. შილინგის ინდექსიც თანდათანობით მზარდმატებას გვიჩვენებს ნეიტროფილების ბირთვის მარცხნივ გადახრისას (25,0%-ით, 140,0%-ით და ბოლოს 150,0%-ით). შესაბამისად ამისა, ადგილი აქვს ლიმფოციტების, მონოციტებისა და ეოზინოფილების დაკლებას.

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ დამწვრობის პირველ დღეს ადგილი აქვს ლეიკოციტოზს, რაც 24 საათისათვის ხარისხით კლებულობს, სამაგიეროდ, ნეიტროფილოზი და ბირთვის მარცხნივ გადახრა პროგრესულად მზარდია. ლიმფომონოციტო და ეოზინოპენია აშკარაა.

ძვლის ტვინის ფორმიანი ელემენტების მხრივ აღსანიშნავია ნეიტროფილების რაოდენობის თანდათანობითი მატება (6,0%, 7,0% და 15,0%-ით) და ერითრობლასტების რაოდენობის თანდათანობითი დაკლება (11,0%, 8,0%, 28,0%-ით). ეოზინოფილების რაოდენობის დაკლება ისევე თვალსაჩინოა, როგორც ქსოვილოვანი ელემენტების მატება. ამ ცვლილებასთან ერთად ჩანს ლეიკობლასტური ინდექსის თანდათანობითი მატება (22,0%-დან პირველ საათში 65,0%-ით 24 საათში). ნეიტროფილების მომწიფების ინდექსის მატება (28,0%—125,0% და 62,0%-ით) და ერითრობლასტების ინდექსის თანდათანობითი დაკლება (2,0%,-8,0% და-9,0%).

ძვლის ტვინის ეს ცვლილებები მიუთითებს შოკის ფაზაში ლეიკოპოეზის გაძლიერების თანდათანობით მატებაზე. ნეიტროფილების მომწიფებისა და ერითრობლასტების მომწიფების ჩამორჩენის თანდათანობით მატებაზე.

შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ თერმული დამწვრობის შემდეგ განვითარებულ შოკის ფაზაში აღნიშნული ცვლილებები შეიძლება იყოს დინამიური, პერიფერიული სისხლის მხრივ პირველ საათში აღნიშნული ჰემოკონცენტრაცია 24 საათის შემდგომი მომენტისათვის ხარისხით თანდათანობით კლებულობს, ლეიკოციტოზის ხარისხი კლებულობს და ნეიტროფილოზის ხარისხი მატულობს. ამასთანავე, ძვლის ტვინის ელემენტების მდგომარეობა მიუთითებს ნეიტროფილების მომწიფებისა და ერითრობლასტების მომწიფების ჩამორჩენის თანდათანობით მატებაზე.

ამ მხრივ ლიტერატურაში ურთიერთსაწინააღმდეგო მონაცემებიც გვხვდება. ასე, მაგალითად, ი. ვ. ილინსკაია [6] ექსპერიმენტში დამწვრობის შოკის დროს პირველსავე საათებში ერითროციტებისა და ჰემოგლობინის დაკლებას ნახულობდა, რასაც ის ორგანიზმში სისხლის გადანაწილებით ხსნის (დებონირებული სისხლის მატებით). ამასთანავე ჩნდებოდა ლეიკოპენია. სეგმენტბირთვიან ნეიტროფილების დაკლება და ლიმფოციტების მატება. მეორე მხრივ, იგივე ი. ილინსკაია [7, 8] ექსპერიმენტულ მძიმე დამწვრობისას აღნიშნავდა უმაღლეს გაჩენილ მატებას ერითროციტებისა და ჰემოგლობინისას, რასაც თან ახლდა ლეიკოციტოზი და ნეიტროფილოზი.

ამ ურთიერთსაწინააღმდეგო მონაცემების გარკვევაში სიმატლემ მინცი იმ მხარეზეა, რომ ჰემოკონცენტრაციასა და ლეიკოციტოზს დამწვრობის უმაღლეს უნდა ჰქონდეს ადგილი, რადგან დამწვრობის შოკის ერექტილურ ფაზაში აშკარად არის გამოხატული ცირკულაციაში მყოფი სისხლის დაკლება, რაც 10—15 წუთის გავლისთანავე ხდება [9]. საერთოდ, ჰემოკონცენტრაცია დამწვრობის თანმხლებ ფაქტად არის მიჩნეული (ი. ვოლპე და თ. კავეშ-ნიკოვ) ისევე, როგორც ლეიკოციტოზი ნეიტროფილოზით (ა. ყურაველიოვი, ა. სპირიდონოვი).

დასკვნები

1. შოკური ფაზის პირველსავე საათში განვითარებული ჰემოკონცენტრაცია ძლიერია და 24 საათის შემდეგ მისი ხარისხი კლებულობს.
2. შემჩნეულია ერითროციტების ოსმოსური რეზისტენტობის მცირე დაქვეითება 24 საათისათვის.
3. ლეიკოციტოზი მაქსიმალურად დამწვრობის პირველ საათზე გამოიხატება, ხოლო 24 საათისათვის — კლებულობს. სამაგიეროდ, ნეიტროფილოზი და ბირთვის მარცხნივ გადახრა პროგრესულად იზრდება.
4. ძვლის ტვინის ცვლილებები ლეიკოპოეზის გაძლიერების თანდათანობით მატებაზე, ნეიტროფილების მომწიფებისა და ერითრობლასტების მომწიფების ჩამორჩენის თანდათანობით მატებაზე მიუთითებს.

სისხლის გადასხმის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 14.4.1966)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Е. В. ИНАСАРИДЗЕ, Б. П. ЯШВИЛИ

К ВОПРОСУ ИЗМЕНЕНИЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ И КОСТНОГО МОЗГА ПРИ ОЖГОВОМ ШОКЕ

Резюме

Цель данной работы — изучение периферической крови и костного мозга при экспериментальных ожогах во время тяжелого ожогового шока.

Наблюдения проводились на 10 собаках. После предварительного установления фона подопытные животные подвергались ожогам. Ожог составлял 36—40% веса тела. Ожог наносился электроаппаратом, предложенным Военно-медицинской академией им. С. М. Кирова.

С помощью подкожной термометризации вызывали ожог приблизительно одной и той же глубины. Степень нанесенного ожога III<sup>a</sup> и III<sup>b</sup>.

Наблюдения проводились через час после ожога, затем через 2 и 24 часа.

Показатели крови и костного мозга, полученные до ожога, сопоставлялись с таковыми во всех периодах, следовавших после ожога, показатели же отдельных групп сопоставлялись между собой.

Во всех 10 случаях наблюдались и регистрировались клинические признаки шока.

В первые же часы шокового периода развивалась гемоконцентрация, степень которой уменьшалась по прошествии 24 часов.

К этому времени отмечалось также незначительное уменьшение осмотической резистентности эритроцитов, максимальный лейкоцитоз выявлялся в первый же час ожогового состояния, к 24 часам он снижался. Прогрессивно нарастали нейтрофилез и сдвиг влево. Изменения в пунктатах костного мозга указывают на постепенное увеличение числа клеток миелоидного ростка, а также на отставание созревания нейтрофилов и эритробластов.

#### დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Бурденко. К учению о шоке. Труды VI Пленума уч. мед. сов. нач. ГВСУ Армии, М., 1942.
2. Л. И. Веселкин. К вопросу о терапии и патогенезе ожогового шока (экспериментальные наблюдения). Сборник, посвящ. 60-летию со дня рождения и 35-летию научной, педагогической и общественной деятельности акад. Н. И. Анчикова, Л., 1946, 171—182.
3. Е. А. Асратьян. Очерки по этиологии, патологии и терапии травматического шока. М., 1954.
4. И. Р. Петров. Шок и коллапс. ВММА, Л., 1947, 321.
5. Н. И. Качетьков. О способах воспроизведения термических ожогов в эксперименте. Л., 1964.
6. И. В. Ильинская. Изменение морфологии к/мозга при ожоговом шоке. Актуальные вопросы переливания крови, вып. 4, 1955, 239—242.
7. И. В. Ильинская. Изменения морфологического состава периферической крови и к/мозга при тяжелых ожогах у кроликов. Актуальные вопросы переливания крови, вып. 4, 1955, 242—246.
8. И. В. Ильинская. Изменения морфологии перелитой крови и к/мозга при ожогах. Актуальные вопросы переливания крови, вып. 4, 1955, 247—249.
9. Б. Н. Постников. Ожоги и их общее действие на организм. Клиническая медицина, № 8, 1949, 16—29.

## КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Г. В. КВИТАШВИЛИ

### К ВОПРОСУ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ДИЗЕНТЕРИЙНЫХ БОЛЬНЫХ<sup>(1)</sup>

(Представлено академиком А. Д. Зурабшвили 19.5.1965)

Наряду с большими достижениями на противоэпидемическом фронте, в нашей стране по сегодняшний день дизентерия остается актуальной проблемой.

В результате проведенных мероприятий значительно снизились как интенсивные показатели заболеваемости дизентерией, так и летальность.

Учитывая социальную природу эпидемических процессов отдельных кишечных инфекций (централизованные водоснабжение и канализация), эффективность профилактических мероприятий в отношении дизентерии намного ниже, чем при брюшном тифе и других кишечных заболеваниях.

Среди причин, обуславливающих указанное положение, нужно отметить отсутствие эффективных препаратов и методов иммунизации, трудности в ранней диагностике в результате учащения типичных и стертых форм болезни, тенденцию острого дизентерийного процесса к формированию в хроническую форму и резистентность отдельных штаммов дизентерийных бактерий к некоторым специфическим и параспецифическим средствам.

В комплексе противоэпидемических мероприятий по борьбе с дизентерией не малое значение придается ранней диагностике и рациональной терапии, в связи с чем поликлиникам и стационарам отводится значительная роль в деле ликвидации дизентерии.

За 1961—1964 гг. на базе Тбилисской городской инфекционной больницы из поступивших в клинику больных острой дизентерией составляли 58,5%, хроническую дизентерию — 16,5%, колиты и энтероколиты — 25,0%.

В послевоенные годы удельный вес хронической дизентерии составлял от 20 до 30,0%. В результате улучшения стационарного обслуживания больных, число хроников планомерно уменьшается, но по сегодняшний день хроническая дизентерия еще внушает опасения. В ряде союзных республик процентные показатели хронической дизентерии доведены до 10,6%.

Мы руководствовались общим положением, когда хронической формой регистрируем больных с давностью более 3 месяцев.

<sup>(1)</sup> Доложено на межреспубликанской конференции в Ереване 19 марта 1966 г.



Большинство больных означенного контингента не обращалось к медицинской помощи или лечилось амбулаторно. Заслуживает внимания среди больных с кишечными расстройствами высокий удельный вес колитов и энтероколитов (25,0%).

В военные и послевоенные годы в графе «Колиты и энтероколиты» фигурировали низкие цифры в силу того, что, несмотря на отрицательные результаты бактериологических анализов на дизентерийную группу, подобные больные относились к группе дизентерии, что было вполне логично при широком наступлении на дизентерию.

Относительный рост заболеваемости наблюдается в 1962—1963 гг., причем по удельному весу ведущей является острая дизентерия, за ней следует колит с энтероколитом, и последнее место занимает хроническая дизентерия. Мы не делим колиты на острые и хронические формы, но обращает на себя внимание параллелизм между дизентерией и колитами в динамике за означенные 4 года.

Самым ранним — предрасположенным к дизентерии и колитам является возраст от 20 до 40 лет, который составляет больше половины (54,3%) всех больных.

При анализе возрастных показателей больных дизентерией и колитами следует отметить, что пожилой и старческий возраст составляет 7,0%.

Относительно сезонности заболеваемости кишечными инфекциями, в частности дизентерией и колитами, мы видим резкий подъем кривой в летне-осенние месяцы; так, например, в 1961 г. в июле-октябре поступило 59% больных; в 1962 г. за те же месяцы — 73,7%, в 1963 г. — 71,0%, а в 1964 г. — 43,0%. Будто бы в 1964 г. сезонность дизентерии и колитов ступеньвается, что, по нашему мнению, нельзя считать закономерным, стабильным явлением.

В контингенте больных с кишечными расстройствами, кроме дизентерии, выявлялись протозойные колиты (амебиаз и балантидиаз), салмонеллезные и т. д.

Резкое снижение амебиаза в республиках Закавказья и Средней Азии является следствием повторной госпитализации и их специфического лечения.

Если в послевоенные годы удельный вес протозойных колитов составлял 4—6%, за 1961—1964 гг. он снизился до 1,0—0,6%.

В периоде широкого наступления на дизентерию, безусловно, имела место гипердиагностика дизентерии, что за последнее время сменилось гиподиагностикой за счет увеличения диагнозов колитов и энтероколитов.

Означенная картина рельефнее вырисовывается в группе дизентерийных острых и хронических больных. Так, например, если до 1960 г. положительный бактериологический ответ составлял от 70 до 80%, то в 1961 г. в группе острых дизентерийных больных процент высеваемости равнялся 60, а среди хронических больных—35,5; в 1962 г.—соответственно 65,4, и 44,0; в 1963 г. — 64,3 и 37,2 и в 1964 г. — 41,4 и 26,3 (см. таблицу).

Разумеется, нельзя не считаться с мнением большинства инфекционистов, указывающих за последние годы на сравнительно легкое течение дизентерийного процесса, что, в свою очередь, обусловлено и изме-

нением пейзажа дизентерийных бактерий (исчезновение типа Григорьева—Шига и нарастание бактерий Флекснера и Зонне), но когда мы анализируем наш материал, в основном процесс сохраняет свой облик, может быть, иногда в миниатюре.

Виды дизентерийных бактерий по годам

Годы	Процент высева						
	Острая дизентерия	Хронич. дизентерия	б. Флекснера	б. Зонне	б. Штуцера	б. Ньюкастла	б. Бойда
1961	60	35,5	84	9,9	1,6	4,5	—
1962	65,4	44	68,4	20	5,3	3,9	2,4
1963	64,3	37,2	73,5	18,5	2,8	2,4	2,8
1964	41,4	26,3	70	21,7	5	3,3	—

Нужно думать, что показатели положительных бактериологических высевоv снизились в результате широкого применения на дому или в стационаре системно или без системы антибиотиков, сульфонамидов или других антидизентерийных препаратов, действующих тормозящим образом на результаты высева.

Еще в периоде военных лет в закавказских республиках, и в частности в Грузии, по удельному весу ведущим дизентерийным микробом был тип Флекснера (от 68,0 до 84,0%).

Удельный вес отдельных видов дизентерийных бактерий за 4 года (1961 — 1964 гг.) показывает, что флекснеровский микроб составляет 73,6%; микроб Зонне — 17,1%; остальные типы выражены в единичных процентах, при полном отсутствии микроба Григорьева—Шига.

Следует отметить, что на фоне ведущей роли микроба Флекснера наблюдается определенный рост микроба Зонне. Если в 1961 г. последний составлял 9,9%, а в 1962 и 1963 гг. — 15,0 — 17,0%, то в 1964 г. он составил 21,7%.

Разумеется, не всегда удастся высеять дизентерийный микроб даже при явной дизентерийной клинике. В таких случаях обоснованно диагноза дизентерии способствуют, помимо клинических симптомов, характер стула (наличие патологических примесей), ректороманоскопические изменения и др.

В контингенте больных острой дизентерией с легким течением было 42,0%, средне-тяжелых — 52,0% и тяжелых — 6,0%. До 70,0% больных госпитализировано в первые три дня болезни.

С высокой температурой было 25,0% больных, с субфебрильной — 32,0% и без температуры — 43,0%.

Частота дефекаций: за сутки до 3 раз — у 16%, от 4 до 6 раз — у 54,0%, от 7 до 10 раз — у 22,0% и частые поносы с тенезмами — у 8,0%.

Слизисто-кровянистый стул наблюдался у 25,0% больных, только со слизью — у 70,0% с лишним.

Ректороманоскопически обнаружены катаральный колит различной интенсивности в 61,0% случаев; катарально-фибринозный колит — в 27,0% и фибринозно-язвенный — в 12,0%.

Болезненная сигмовидная кишка со спастически инфильтрированной стенкой найдена у 97,0% больных, тенезмы—у 85,0%.

Хочется вкратце остановиться на клинике хронической дизентерии. Несмотря на имеющийся литературный материал о клинике данного процесса, до сих пор нет четких патогномоничных симптомов болезни и грани между острым и хроническим течением. В отличие от острого процесса, при хронической дизентерии доминирующими являются субъективные симптомы над объективными, как например постоянные ноющие боли в животе, потеря аппетита и страх приема пищи, страх неизлечимости болезни.

Отсутствие тенезмов, температурной реакции, крованистого стула, скудность патологических примесей в кале и ректороманоскопических изменений, метеоризм, запоры, проявление гипо- и авитаминоза и наличие алиментарной дистрофии в той или иной степени должны ориентировать врача на хроническую дизентерию.

Здесь же следует напомнить, что среди хронических дизентерийных больных положительный высеv дизентерийных бактерий не превышает 25,0—35,0% и только тщательный эпидемиологический анамнез и комплекс диагностических тестов в динамике позволяют правильно решить вопрос о природе заболевания. Так же как и по данным других авторов, и на нашем материале основной причиной формирования хронической дизентерии является позднее выявление острого больного и нерациональное лечение.

В анамнезе хронических больных комбинированные инфекции, как например грипп, энтеровирусы, аденовирусы, гельминтозы, нами констатированы в 3 раза чаще, чем в группе острых больных, что не могло не отразиться на формировании хронического процесса при отсутствии иммуногенеза дизентерийной инфекции.

Острого внимания заслуживает раздел колитов и энтероколитов. Мы не склонны считать всякое расстройство кишечника колитным или энтероколитным синдромом дизентерийной природы, но значительная часть их в контингенте дизентерийных больных нуждается в окончательной расшифровке, так как кривая заболеваемости, сезонность болезни и ряд клинических признаков в группе колитных повторяют ту же закономерность, какую мы видим среди дизентерийных больных.

Главным основанием отрицания дизентерийной природы колита являются повторные негативные анализы бактериологических исследований испражнений, отсутствие интоксикации, скудность копрологических и ректороманоскопических данных и кратковременность болезненного процесса, что ориентируют врача на существование вульгарного колита или энтероколита.

Наряду с этим нельзя не отметить, что в группе легких случаев дизентерии, составивших 42,0%, за исключением положительных результатов посева кала, клиническая картина болезни мало чем отличается от таковой при колитах.

В группе больных колитами и энтероколитами со средним и тяжелым течением (12—14%) нам удалось выделить кандидоз кишечника в 1,1% случаев, неспецифический язвенный колит — в 0,7% случаев, но основная масса остается без уточнения этиологического агента, вызвавшего заболевание.

В группе колитных больных нередко высевается из испражнений кишечная палочка, которую нельзя рассматривать как этиологический фактор заболевания. Мы не отрицаем факт изменчивости микробов, но трудно допустить, чтобы кишечная палочка, являющаяся необходимым фактором в физиологии желудочно-кишечного тракта, так часто превращалась бы в патогенный микроб.

Современные методы лечения построены на принципах уничтожения и изгнания из кишечника болезнетворного агента, дезинтоксикации и стимулирования запасных иммунореактивных сил макроорганизма.

Из арсенала противодизентерийных средств широко применяются специфически и параспецифически действующие лекарственные средства, иммуно-бак-препараты, витамины, трансфузии крови и плазмы и физико-терапевтические процедуры.

Лечение острого дизентерийного больного не представляет собой сложности и любой случай указанного процесса, выявленного в первые 2—3 дня, под действием сульфонамидов и антибиотиков заканчивается полным выздоровлением к концу второй недели. Наш клинический опыт позволяет рекомендовать в начальные дни острого дизентерийного процесса дизентерийный бактериофаг по 30—50 мл нагашак в продолжение 3 дней.

Следующий цикл — на протяжении 6 дней сульфонамид (фталазол, норсульфазол, сульфадимезин) по 1,0 3—4 раза в день. Третий цикл — на протяжении 6 дней антибиотик (синтомицин, левомицетин, хлоромицетин) по 0,5 4 раза в сутки, а тетрациклин по 200000 единиц 3—4 раза в сутки. Параллельно вводятся витамины группы В и С перорально или инъекциями, сердечные средства по показаниям и при резко выраженной интоксикации подкожно физиологический раствор или 5% раствор глюкозы от 500 до 1000 мл.

Гораздо сложнее и ответственнее лечение хронического дизентерийного больного до полного выздоровления и ликвидации резервуара как длительного источника инфекции.

Наши наблюдения показывают, что общеупотребляемые лекарственные средства, эффективные при остром дизентерийном процессе, не дают достаточных результатов при хроническом дизентерийном процессе.

Данное явление, по нашему мнению, объясняется выработкой резистентности дизентерийных бактерий к сульфонамидам и антибиотикам, дисбактериозом кишечника и активизацией сапрофитной кишечной флоры, ставшей патогенной.

Более эффективным следует считать иммуноген, колибактерин, энтеросептол, мицерин, полимиксин и вакцину Чернохвостова. Означенные препараты даем циклично от 7 до 10 дней, но подкожная вакцинотерапия проводится с одно-двухдневным интервалом в нарастающих дозах от 0,25 до 3 мл. Особенно нуждается хронический дизентерийный больной в усиленной витаминотерапии.

Учитывая проявление алиментарной дистрофии в той или иной степени в результате белкового дефицита, необходимым и важнейшим звеном в комплексе лечения считаем повторные переливания донорской нативной крови и плазмы.

При фибринозно-язвенном поражении дистального отрезка толстой кишки в комплекс мероприятий следует включить местное применение лечебных клизмённых процедур (марганцево-кислый калий, таниновая кислота, фурацилин, грамицидин, чесночная настойка и др.).

Питание острых дизентерийных больных строится на принципе щажения воспаленного кишечника при соблюдении необходимого калоража с включением углеводов, белков и жиров. Диега при хроническом дизентерийном процессе должна быть составлена с учетом бродильного процесса в кишечнике, наличия метеоризма, запоров и дефицита белков. Назначаем усиленные мясные блюда (курятина и говядина) с ограничением сладких блюд, серый или черный хлеб, овощные блюда и свежие сырые фрукты.

### Выводы

1. За последние годы в результате плановой борьбы против кишечных инфекций кривая заболеваемости дизентерией и колитом заметно снизилась, но удельный вес кишечных расстройств все же остается высоким.
2. Заболеваемость дизентерией и колитом в основном сохраняет сезонный характер (лето-осень), и кривая колита идентична с кривой дизентерии. Хроническая дизентерия по сравнению с послевоенными годами значительно сократилась и составляет 16,5%.
3. Бактериологическое подтверждение на дизентерийном контингенте больных составляет в группе острых 57,8%, в группе хроников — 35,8%. Низкие цифры высевоов следует объяснить широким применением сульфонамидов и антибиотиков как на дому, так и в стационарах.
4. В пейзаже дизентерийных бактерий ведущее место занимает микроб Флекснера — 73,6%, но за последние 4 года намечается относительный рост бактерий Зонне — с 9,9% до 21,7%.
5. Клинический симптомокомплекс колитов и энтероколитов, за исключением бактериологического подтверждения, мало отличается от такового при дизентерии, в связи с чем большинство их следует рассматривать как дизентерийный процесс.
6. Раннее патогенетическое лечение острых дизентерийных больных сульфонидами и антибиотиками двумя-тремя циклами обеспечивает полное излечение больных. Однако эффекта в лечении хронических дизентерийных больных можно достигнуть применением иммунопрепаратов, энтеросептола, колибактерина, мицерина, повторными переливаниями нативной крови и плазмы, усиленным белковым питанием.

Тбилисский государственный  
медицинский институт

ბ. კვიციანი

დიზენტერიულ ავადმყოფთა დიაგნოსტიკის და მკურნალობის  
საკითხისათვის

რეზიუმე

დაკვირვებაში იმყოფებოდა სტაციონარში გატარებული დაავადებულები 1961—64 წლის განმავლობაში, ძირითადად მოზრდილი ასაკის ავადმყოფები. ნაწლავის აშლილობის მქონე ავადმყოფებიდან მწვავე დიზენტერიით იყო 58,5%, ქრონიკული დიზენტერიით—16,5%, კოლიტითა და ენტეროკოლიტით—25%.

გამოვიყენეთ თანამედროვე დიაგნოსტიკის ყველა ტესტი და რაციონალური მკურნალობა, რის შემდეგ გამოგვაქვს შემდეგი დასკვნები:

1. ნაწლავთა ინფექციების საწინააღმდეგო გეგმიანი ბრძოლის შედეგად უკანასკნელ წლებში მკვეთრად შემცირდა დაავადებათა შემთხვევები, მაგრამ ნაწლავთა ფუნქციის მოშლის ინფექციები შედარებით მაღალ დონეზე დგას.

2. დიზენტერიითა და კოლიტით დაავადება ძირითადად ინარჩუნებს სეზონურ ხასიათს, ხოლო ქრონიკული დიზენტერიის ხვ. წონა 22,5%-დან 16,5%-მდე მცირდება.

3. დიზენტერიის ბაქტერიების ამოთესვა მწვავე ავადმყოფებში შეადგენს 57,8%-ს, ქრონიკულში კი—35,8%-ს. ამოთესვის დაბალი მაჩვენებლები უნდა აიხსნას სულფონამიდებისა და ანტიბიოტიკების ფართო ხმარებით ბანაზე და სტაციონარში.

4. დიზ. ბაქტერიების სახეებში წამყვანი ადგილი უჭირავს ფლექსერიის მიკრობს (73,6%), ხოლო უკანასკნელი 4 წლის განმავლობაში ადგილი აქვს ზონეს ბაქტერიის ზრდას — მატებას 9,9%-დან 21,5%-მდე.

5. კოლიტებისა და ენტეროკოლიტების სიმპტომოკომპლექსი, გარდა ბაქტერიოლოგიური უარყოფითი მაჩვენებლისა, მცირედ განსხვავდება დიზენტერიისაგან, რის გამო უმრავლესობა კოლიტებისა და ენტეროკოლიტებისა, განხილულ უნდა იქნეს როგორც დიზენტერიული პროცესი.

6. მწვავე დიზენტერიული ავადმყოფების ადრეული პათოგენეტური მკურნალობა 2—3 ციკლით სულფონამიდებითა და ანტიბიოტიკებით უზრუნველყოფს სრულ განკურნებას ავადმყოფებისას, მაგრამ ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებულების თერაპიული ეფექტისათვის აუცილებლობას წარმოადგენს იმუნოპრეპარატების ჩართვა, კოლიბაქტერინის, ენტეროსეპტოლის, მეცერინისა და განმეორებითი ტრანსფუზიები დონორის სისხლის ან პლაზმისა, გაძლიერებულ ცილოვან კვებასთან ერთად.



ორმოცდამესამე ტომის შინაარსი  
 СОДЕРЖАНИЕ СОРОК ТРЕТЬЕГО ТОМА  
 CONTENTS OF THE FORTY THIRD VOLUME

ფილოსოფია—ФИЛОСОФИЯ—PHILOSOPHY

Л. П. Гоктели (член-корреспондент АН ГССР). Парадоксы теории множеств . . . . . 529  
 \*ლ. გოკელი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). სიმრავლეთა თეორიის პარადოქსები . . . . . 534

მათემატიკა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATICS

В. М. Кокилашвили. О структурных и конструктивных характеристиках одного класса периодических функций . . . . . 3  
 \*ვ. კოკილაშვილი. პერიოდულ ფუნქციათა ერთი კლასის სტრუქტურული და კონსტრუქციული მახასიათებლების შესახებ . . . . . 8  
 Г. Б. Чикоидзе. Абстрактная машина для перевода. Система команд . . . . . 9  
 \*გ. ჩიკოიძე. აბსტრაქტული მანქანა თარგმანისათვის. ბრძანებათა სისტემა . . . . . 16  
 Г. С. Дадунашвили. О некоторых функциональных уравнениях в пространстве Гильберта . . . . . 17  
 \*გ. დადუნაშვილი. ზოგიერთი ფუნქციონალური განტოლების შესახებ ჰილბერტის სივრცეში . . . . . 21  
 В. М. Кокилашвили. О приближении периодических функций некоторыми линейными операторами . . . . . 257  
 \*ვ. კოკილაშვილი. ზოგიერთი წრფივი ოპერატორით პერიოდულ ფუნქციათა მიახლოების შესახებ . . . . . 260  
 Ю. Л. Родин. К теории многозначных обобщенных аналитических функций . . . . . 261  
 \*ი. როდინი. მრავალსახა განზოგადებულ ანალიზურ ფუნქციათა თეორიის ზოგიერთი საკითხისათვის . . . . . 267  
 И. Н. Карцивалдзе. Об одном порожденном потенциалом функционале . . . . . 269  
 \*ი. ქარცივაძე. პოტენციალით წარმოქმნილი ერთი ფუნქციონალის შესახებ . . . . . 274  
 Р. А. Кордзадзе. Об одной красовой задаче, встречающейся в теории оболочек . . . . . 275  
 \*რ. კორძაძე. ერთი სასაზღვრო ამოცანის შესახებ, რომელიც გვხვდება გარსთა თეორიაში . . . . . 281  
 Л. В. Жижиашвили. Сопряженные функции и ряды Фурье . . . . . 283  
 \*ლ. ჯიჯიაშვილი. ფურიეს მწკრივები და შეუღლებული ფუნქციები . . . . . 286  
 Г. Д. Беришвили. О прямых и обратных пределах . . . . . 535  
 \*გ. ბერიშვილი. პირდაპირი და შებრუნებელი ზღვრების შესახებ . . . . . 541  
 П. Г. Айзенгендлер. Об особых решениях нелинейных уравнений . . . . . 543  
 \*პ. აიზენგენდლერი. არაწრფივ განტოლებათა განსაკუთრებული ამოხსნები . . . . . 550

ღრეპაზობის თეორია—ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ—  
 THEORY OF ELASTICITY

И. А. Зоненашвили. Об одной смешанной задаче изгиба эксцентричного кольца . . . . . 23  
 \*ი. ზონენაშვილი. ექსცენტრული რგოლის ღუნვის ერთი შერეული ამოცანის შესახებ . . . . . 29

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წინა წერილის რეზიუმეს ან თარგმანს.  
 \* Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме или к переводу предшествующей статьи.  
 \* A title marked with an asterisk applies to a summary or translation of the preceding article.



Г. П. Квиникадзе. О приближенном решении некоторых смешанных граничных задач плоской теории упругости . . . . .	287
*გ. კვინიკაძე. დრეკადობის ბრტყელი თეორიის ზოგიერთი შერეული სასაზღვრო ამოცანის მიახლოებითი ამოხსნების შესახებ . . . . .	294

კიბერნეტიკა—КИБЕРНЕТИКА—CYBERNETICS

А. Г. Мамиствалов. Об устранении избыточности в кодах плоских изображений . . . . .	31
*ა. მამისტვალოვი. ბრტყელი გამოსახულებების კოდებში სიჭარბის აცილების შესახებ . . . . .	36
М. А. Алексидзе. Об аффинном опознавании образа . . . . .	555
*მ. ალექსიძე. სახეთა აფინური ამოცნობის შესახებ . . . . .	560
О. В. Купатадзе, Э. В. Кордзая. Решение систем линейных алгебраических уравнений модифицированным методом Гаусса—Зейделя на аналоговых вычислительных машинах (АВМ) . . . . .	561
*ო. კუპატაძე, ე. კორძაია. წრფივ ალგებრულ განტოლებათა ამოხსნა ანალოგიურ გამოთვლულ მანქანებზე გაუს—ზეიდელის მოდულიცირებულ მეთოდით . . . . .	568

ჰიდრომექანიკა—ГИДРОМЕХАНИКА—HYDROMECHANICS

Дж. В. Шарикадзе. Об одной задаче магнитной гидродинамики . . . . .	295
*ჯ. შარიკაძე. მაგნიტური ჰიდროდინამიკის ერთი ამოცანის შესახებ . . . . .	300
Д. В. Шарикадзе. О приближенном решении некоторых стационарных задач пограничного слоя с учетом магнитного поля . . . . .	551
*ჯ. შარიკაძე. სასაზღვრო ფენის ზოგიერთი სტაციონარული ამოცანის მიახლოებითი ამოხსნა მაგნიტური ველის გათვალისწინებით . . . . .	554

ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSICS

Л. Л. Буишвили, М. Д. Звиададзе. К квантовой теории магнитного резонанса в антиферромагнетиках . . . . .	37
*ლ. ბუიშვილი, მ. ზვიადაძე. ანტიფერომაგნეტიკებში მაგნიტური რეზონანსის ქვანტური თეორიისათვის . . . . .	43
А. Д. Гурчумелия. Корреляционная энергия электронов в атомах . . . . .	45
*ა. დურჩუმელია. ატომებში ელექტრონების კორელაციური ენერჯია . . . . .	50
В. С. Кирия, А. Б. Кереселидзе. О тормозном излучении заряженной частицы в кулоновском поле . . . . .	51
*ვ. ქირია, ა. კერესელიძე. დამუხტული ნაწილაკის დამუხრუჭებითი გამოსხივება კულონურ ველში . . . . .	56
И. Д. Кирвалидзе. Фигуры удара в монокристалле кремния . . . . .	57
*ი. კირვალიძე. დარტყმითი ფიგურები სილიციუმის მონოკრისტალში . . . . .	62
О. М. Намичейшвили, Ш. Л. Бебиашвили. К сравнению методов повышения надежности сложных систем . . . . .	301
*ო. ნამიჩეიშვილი, შ. ბებიაშვილი. რთული სისტემის საიმედობის გაზრდის საშუალებათა შედარების შესახებ . . . . .	307
Т. И. Ефремидзе. Об асимптотике мнимой части одночастичной функции Грина . . . . .	309
*თ. ეფრემიძე. ერთნაწილაკოვანი გრინის ფუნქციის წარმოსახვითი ნაწილის ასიმპტოტიკის შესახებ . . . . .	315
И. Д. Кирвалидзе. Изменение сопротивления и инверсия знака проводимости... . . . .	317
*ი. კირვალიძე. წინააღმდეგობის ცვლილება და გამტარებლობის ნიშნის ინვერსია... . . . .	320
В. С. Кирия. О преобразовании скорости и ускорения в общей теории относительности . . . . .	321



\*ე. ქირია. სიჩქარისა და აჩქარების გარდაქმნის შესახებ ზოგადი ფარდობითობის თეორიაში . . . . . 326

Э. В. Гедалин. К теории электронно-фотонных ливней . . . . . 569

\*ე. გელალინი. ელექტრონულ-ფოტონური ღვარების თეორიის საკითხისათვის . . . . . 575

E. Ю. Роннишвили, Н. Н. Тавхелидзе. К вопросу об аддитивности теплоемкости растворов поливинилового спирта . . . . . 577

\*ე. როინიშვილი, ნ. თავხელიძე. პოლივინილის სპირტის ხსნარების სითბოტევადობის ადიტიურობის შესახებ . . . . . 578

გიოფიზიკა—ГЕОФИЗИКА—GEOPHYSICS

М. А. Алексидзе, Т. Г. Белтадзе. Об одном способе контроля геологических интерпретаций гравитационных наблюдений . . . . . 63

\*მ. აღუქსიძე, თ. ბელთაძე. გრავიმეტრული მონაცემების გეოლოგიური ინტერპრეტაციის შემოწმების შესახებ . . . . . 69

Б. И. Стыро, Э. Ю. Вебра, К. К. Шопанускас и Т. Г. Хунджа. К вопросу об определении коэффициента турбулентной диффузии по вертикальным профилям концентрации дочерних продуктов радона . . . . . 327

\*ბ. სტირო, ე. ვებრა, კ. შოპანუსკასი, თ. ხუნჯა. რადონის დაშლის პროდუქტების ვერტიკალური განაწილების მიხედვით ტურბულენტური დიფუზიის კოეფიციენტის განსაზღვრის საკითხისათვის . . . . . 333

Л. С. Чоторлишвили. Расчет температуры почвы, покрытой снегом . . . . . 335

\*ლ. ჭოტორლიშვილი. თოვლით დაფარული ნიადაგის ტემპერატურის გამოთვლა . . . . . 341

Л. С. Чоторлишвили. О периодических колебаниях температуры почвы, покрытой снегом . . . . . 579

\*ლ. ჭოტორლიშვილი. თოვლით დაფარული ნიადაგის ტემპერატურის პერიოდული რხევების შესახებ . . . . . 585

მეტეოროლოგია—МЕТЕОРОЛОГИЯ—METEOROLOGY

К. А. Таварткиладзе. К вычислению содержания водяного пара в атмосфере . . . . . 71

\*კ. თავართკილაძე. ატმოსფეროში წყლის ორთქლის რაოდენობის გამოთვლის შესახებ . . . . . 73

ზ. ხვედელიძე. კავკასიის ტერიტორიისათვის გეოპოტენციური ველის პროგნოზური სქემების სხვადასხვა ვარიანტი ბაროტროპიული მოდელის მიხედვით . . . . . 587

\*З. В. Хведелидзе. Вариант рабочей схемы прогноза поля геопотенциала для территории Кавказа по баротропной модели . . . . . 592

ქიმია—ХИМИЯ—CHEMISTRY

М. В. Панчвидзе, Г. Г. Чиракадзе, Е. М. Нанобашвили. Радиолиз додецилмеркаптана . . . . . 75

\*მ. ფანჩიძე, გ. ჭირაქაძე, ე. ნანობაშვილი. დოდეცილმერკაპტანის რადიოლიზი . . . . . 80

Х. И. Гаприндашвили, Г. Г. Мшвелидзе, М. И. Бродзели, А. А. Прокопчук, Э. Л. Керцман. К вопросу о магнитооптическом вращении в стеклах . . . . . 83

\*ხ. გაფრინდაშვილი, გ. მშველიძე, მ. ბროძელი, ა. პროკოპჩუკი, ე. კერცმანი. მინებში მაგნიტო-ოპტიკური ბრუნვის საკითხისათვის . . . . . 88

Ш. В. Пичхадзе, С. М. Соснина. Взаимодействие нитронового волокна с гидроклоридом гидроксилamina . . . . . 89

\*შ. ფიჩხაძე, ს. სოსინა. ნიტრონის ბოჭკოს ურთიერთქმედება ჰიდროქსილამინის ჰიდროქლორიდთან . . . . . 95

Т. С. Шакарашвили, Н. Г. Бекаури. Каталитические превращения алкилароматических и алкилнафтеновых углеводородов состава  $C_{14}$  . . . . . 97

\*თ. შაკარაშვილი, ნ. ბეკაური.  $C_{14}$  შედგენილობის ალკილარომატული და ალკილნაფტენური ნახშირწყალბადების კატალიზური გარდაქმნა . . . . . 102

Р. Н. Ахведиани, А. И. Двалишвили, И. Г. Абесадзе, Р. М. Лагидзе. Синтез бромистого триметил-(3-фенилбутил)-аммония и его аналогов . . . . . 343

\*რ. ახვლედიანი, ა. დვალიშვილი, ი. აბესაძე, რ. ლაღიძე. ტრიმეთილ-(3-ფენილბუტილ)-ამონიუმის ბრომიდისა და მისი ანალოგების სინთეზი . . . . . 348

Г. Ш. Павава, Н. А. Майсурадзе, П. Д. Цискаришвили, В. В. Коршак (член-корреспондент АН СССР), С. В. Виноградова. О смешанных блок-полиарилатах на основе кремнийорганического олигомера . . . . . 349

\*გ. პაპავა, ნ. მაისურაძე, პ. ცისკარიშვილი, ვ. კორშაკი (სსრკ აკადემიის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ს. ვინოგრადოვა. პოლიორგანოსილოქსანური ოლიგომერის ბაზაზე მიღებული ხარვეი ბლოკ-პოლიარილატების შესახებ . . . . . 354

Л. Д. Меликадзе, Г. Ш. Челидзе, М. К. Чарквиани, К. Г. Годердзишвили, И. И. Абхазава, Р. П. Цискаришвили. О содержании антрацена в норийской нефти . . . . . 355

\*ლ. მელიკაძე, გ. ჭელიძე, მ. ჩარკვიანი, კ. გოდერძიშვილი, ი. აფხაზავა, რ. ცისკარიშვილი. ნორიის ნავთობში ანტრაცენის შემცველობის შესახებ . . . . . 360

Б. А. Джанашвили, Е. Н. Богоявленский, Х. Г. Пурцеладзе. Окисление гидрата закиси марганца . . . . . 361

\*ბ. ჯანაშვილი, ე. ბოგოიავლენსკი, ჰ. ფურცელაძე. მანგანუმის ჰიდროქსიდის დაჟანგვა . . . . . 368

Г. Ш. Павава, Л. Д. Агладзе, П. Д. Цискаришвили, В. В. Коршак (член-корреспондент АН СССР), С. В. Виноградова. О смешанных блок-полиарилатах на основе пентона . . . . . 593

\*გ. პაპავა, ლ. აგლაძე, პ. ცისკარიშვილი, ვ. კორშაკი (სსრკ აკადემიის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ს. ვინოგრადოვა. პენტონის ბაზაზე მიღებული ხარვეი ბლოკ-პოლიარილატების შესახებ . . . . . 598

Е. М. Бенашвили. Разделение парафино-циклопарафиновой части бензина с применением тиомочевины и молекулярных сит . . . . . 599

\*ე. ბენაშვილი. ბენზინის პარაფინულ-ციკლოპარაფინული ნაწილის გაყოფა თიოშარლოვანასა და მოლეკულური სივრცის გამოყენებით . . . . . 605

Н. Г. Сихарулидзе, О. А. Джаошвили, Р. В. Джанджгава, В. П. Мосидзе, В. М. Мдивани, Л. П. Гулуа. Способ получения циклогексанона . . . . . 607

\*ნ. სიხარულიძე, ო. ჯაოშვილი, რ. ჯანჯღავა, ვ. მოსიძე, ვ. მდივანი, ლ. გულუა. ციკლოპექსანონის მიღების მეთოდი . . . . . 613

ფარმაკოქიმია—ФАРМАКОХИМИЯ—PHARMACEUTICAL CHEMISTRY

П. З. Беридзе, Ш. М. Шаламберидзе, М. А. Мгебришвили, П. А. Явич. Изучение оптимальных условий получения фармакопейного бензоата натрия непосредственно из технической бензойной кислоты . . . . . 615

\*პ. ბერიძე, შ. შალამბერიძე, მ. მღებრიშვილი, პ. იავიჩი. ოპტიმალური პირობების შესწავლა ფარმაკოპეის ბენზომეფავ ნატრიუმის მიღებისათვის უშუალოდ ტექნიკურ ბენზომეფადან . . . . . 619

ბიოქიმია—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY

Б. Н. Цупридзе, Б. Дагвითაშვილი. აზოტის სხვადასხვა წყაროს გავლენა ამინომეფავების წარმოქმნაზე ვაზის ფესვისა და ფოთლის პომოგენატებში . . . . . 109



\*Н. Н. Нуцубидзе, Н. А. Давиташвили. Влияние различных источников азота на образование аминокислот в гомогенатах корней и листьев виноградной лозы . . . . . 113

Н. И. Татишвили. Гистохимическая характеристика кислых мукополисахаридов при бруцеллезной инфекции . . . . . 115

\*6. ტ ა ტ ი შ ვ ი ლ ი. შეჯეე მუკოპოლისახარიდების ჰისტოქიმიური დახასიათება ბრუცელოზური ინფექციის დროს . . . . . 120

3. П. Кометиани, А. А. Картвелишвили. Распределение  $Na^{+}-K^{+}$  и  $Mg^{++}$  АТФ-аз в субклеточных фракциях головного мозга крыс и влияние ацетона на их ферментативную активность . . . . . 375

\*ზ. ქ რ მ ე თ ი ა ნ ი, ა. კ ა ლ ა ნ დ ა რ ი შ ვ ი ლ ი.  $Na^{+}-K^{+}$  და  $Mg^{++}$  ატფ-აზის განაწილება ვირთავის თავის ტვინის სუბცელულარულ ფრაქციებში და აცეტონის გავლენა მათ ფერმენტულ აქტივობაზე . . . . . 380

М. М. Заалишвили, Н. А. Гаччиладзе, И. А. Курдованидзе. Влияние температуры на АТФ-азную активность миозина гладкой и поперечно-полосатой мышц . . . . . 383

\*მ. ზ ა ლ ი შ ვ ი ლ ი, ნ. გ ა ჩ ე ჩ ი ლ ა ძ ე, ც. ქ უ რ დ ვ ა ნ ი ძ ე. ტემპერატურის გავლენა გლუვი და განვიზოლიანი კუნთის მიოზინის ატფ-აზურ აქტივობაზე . . . . . 387

ბ. ნ უ ც უ ბ ი ძ ე, ნ. დ ა ვ ი თ ა შ ვ ი ლ ი. კვების გავლენა ამინომჟავების წარმოქმნაზე ვაზში . . . . . 621

\*Н. Н. Нуцубидзе, Н. А. Давиташвили. Влияние подкормки на образование аминокислот в виноградной лозе . . . . . 627

ქიმიური ტექნოლოგია—ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ—

CHEMICAL TECHNOLOGY

Г. П. Митагвария, Х. И. Гаприндашвили. Стеклокристаллический материал с пьезоэлектрическими свойствами . . . . . 105

\*გ. მ ი თ ა გ ვ ა რ ი ა, ხ. გ ა ფ რ ი ნ დ ა შ ვ ი ლ ი. მინაკრისტალური მასალა პიეზოელექტრული თვისებებით . . . . . 108

И. Г. Хизанишвили, Г. Г. Гаприндашвили. Декоративная сениновая глазурь . . . . . 369

\*ი. ხ ი ზ ა ნ ი შ ვ ი ლ ი, გ. გ ა ფ რ ი ნ დ ა შ ვ ი ლ ი. სიენიტის დეკორატიული ჭიქური . . . . . 373

გეოგრაფია—ГЕОГРАФИЯ—GEOGRAPHY

Э. Д. Кобахидзе. Сравнительный анализ экономико-географического положения малых городов Грузинской ССР в связи с перспективами их развития . . . . . 123

\*ე. კ ო ბ ა ხ ი ძ ე. საქართველოს სსრ მცირე ქალაქების ეკონომიურ-გეოგრაფიული მდებარეობის შედარებითი ანალიზი მათი განვითარების პერსპექტივებთან დაკავშირებით . . . . . 128

შ. ც ხ რ ე ბ ა შ ვ ი ლ ი. ახალი მასალები აჭარა-იმერეთის ქედის ჩრდილო ფერდობის მთისწინეთის გეომორფოლოგიის შესახებ . . . . . 389

\*შ. А. Цховребашвили. Новые материалы о геоморфологии предгорий северного склона Аджаро-Имеретского хребта . . . . . 393

გეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGY

ლ. გ ა ბ უ ნ ი ა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), კ. შ ა ც ხ ო ნ ა შ ვ ი ლ ი, დ. ჩ ხ ე ი ძ ე. იაღლუჯის კონტინენტური ნალექების ასაკის შესახებ . . . . . 129

\*Л. К. Габуниа (член-корреспондент АН ГССР), К. Г. Мацхонашвили, Д. В. Чхендзе. О возрасте континентальных отложений горы Яг-луджа . . . . . 131



Т. П. Эбралидзе. О генезисе грязевых вулканов Восточной Грузии . . . . . 133  
 \*თ. ებრაღიძე. აღმოსავლეთ საქართველოს ტალახის ვულკანების გენეზისის შესახებ . . . . . 138

**პეტროგრაფია—ПЕТРОГРАФИЯ—PETROGRAPHY**

М. А. Кекелия. Основные черты петрохимии и петрологии Зекарской интрузии . . . . . 139  
 \*მ. კეკელია. ზეკარის ინტრუზიების ძირითადი პეტროქიმიური და პეტროლოგიური ნიშნები . . . . . 145

С. Ш. Саркисян. О проявлении гравитационной дифференциации в лавах Машаверского потока (Грузинская ССР) . . . . . 629

\*ს. სარკისიანი. მაშავერის ლავურ ნაკადში გრავიტაციული დიფერენციაციის გამოვლენების შესახებ . . . . . 633

**პალეობიოლოგია—ПАЛЕОБИОЛОГИЯ—PALAEOBIOLOGY**

И. И. Соколов, А. К. Векуа. Винторогая антилопа... из нижнепалеоценовых отложений Ахалкалаки . . . . . 147

\*ი. სოკოლოვი, ა. ვეკუა. გრენილოქიანი ანტილოპა... ახალქალაქის ქვედაპლენსტოტენური ნალექებიდან . . . . . 150

Т. А. Ломинадзе. К вопросу о филогенетических связях подсемейства... . . . . 395

\*თ. ლომინაძე. ...ფილოგენეტიკური კავშირი საკითხისათვის... . . . . 400

И. И. Шатилова, Ц. И. Бадзошвили. Новые данные о карангатских отложениях Западной Грузии . . . . . 403

\*ი. შათილოვა, ც. ბაძოშვილი. ახალი მონაცემები დასავლეთ საქართველოს კარანგატული ნალექების შესახებ . . . . . 407

**საშენებლო მექანიკა—СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА—STRUCTURAL MECHANICS**

Л. Г. Рабухин. Расчет трансформации максимальных расходов регулирующей емкостью воздухохранилищ . . . . . 151

\*ლ. რაბუხინი. მარგველირებელი წყალსაცავების მაქსიმალური დანახარჯების ტრანსფორმაციის გაანგარიშება . . . . . 158

Г. Н. Размадзе, О. И. Кацитадзе. Инженерный метод определения критической силы при кратковременном продольном нагружении тонкого стержня . . . . . 409

\*გ. რაზმაძე, ო. კაციტაძე. კრიტიკული ძალის განსაზღვრის საინჟინრო მეთოდის თეორეტიკული დროს ხანმოკლე გრძელი დატვირთვის დროს . . . . . 413

Л. И. Сагирашвили, Ан. А. Лосаберидзе. Определение частот свободных колебаний круговых арок, лежащих на сплошном упругом основании . . . . . 635

\*ლ. საღირაშვილი, ან. ლოსაბერიძე. დრეკად ფუძეზე მდებარე წრიული თაღების თავისუფალი რხევების სისწორეთა განსაზღვრა . . . . . 639

А. В. Одишария. Вопрос о нормативных величинах коэффициента сейсмичности . . . . . 641

\*ა. ოდიშარია. სეისმური კოეფიციენტის ნორმატიული სიდიდეების საკითხი . . . . . 644

**ენერგეტიკა—ЭНЕРГЕТИКА—POWER ENGINEERING**

А. А. Цомаია, А. А. Замков. Экспериментальное исследование распределения индукции в зазоре тягового двигателя ТЛ-2 . . . . . 159

\*ა. ცომაია, ა. ზამკოვი. წვეის ძრავის ТЛ-2-ის დრეკოში ინდუქციის განაწილების ექსპერიმენტული კვლევის შესახებ . . . . . 164

Б. З. Вайнштейн. Экономически оптимальная надежность тяговых электрических аппаратов . . . . . 165

\*ბ. ვაინშტეინი. წვეის ელექტრომწიობილობის აპარატების ოპტიმალური ეკონომიური საიმედობა . . . . . 172

А. П. Миндиашвили. Об одном способе программирования для моделирования гидрологических рядов методом Монте-Карло . . . . . 419

\*ა. მინდიაშვილი. მონტე-კარლოს მეთოდით ჰიდროლოგიური რიგების მოდელირებისათვის პროგრამის შედგენის ერთი მეთოდის შესახებ . . . . . 425

**ჰიდროტექნიკა—ГИДРОТЕХНИКА—HYDROTECHNICS**

კ. პაპელიშვილი. კოლხიდის დაბლამდებარე ადიღების დაშრობის საკითხისათვის . . . . . 645

\*კ. ა. პაპელიშვილი. К вопросу осушения низкорасположенных земель Колхидской низменности . . . . . 649



მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

A. С. Вашакидзе, Д. А. Шарашенидзе. Исследование давления на вальки при прокатке в ящичных калибрах 173

\*ა. ვაშაკიძე, შ. შარაშენიძე. ძალების გამოკვლევა ყუთოვან კალიბრებში გლინვის დროს 177

A. И. Тутберидзе, Л. Н. Оклей. Исследование распределения удельного давления при прокатке на автоматстане 415

\*ა. თუბერიძე, ლ. ოკლეი. ხვედრითი წნევის განაწილების გამოკვლევა ავტომატ-დგანზე გლინვის დროს 417

Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР), Н. А. Енукидзе. Антифрикционные и механические свойства нового антифрикционного чугуна „Тавен“ 665

\*ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), ნ. ენუქიძე. ახალი ანტიფრიქციული თუჯის „თავენის“ მექანიკური თვისებები 666

T. A. Чубинидзе, М. А. Кекелидзе. Вязкость и удельная электропроводность расплавов системы закись марганца-окись кальция-кремнезем при 10% глинозема 667

\*თ. ჩუბინიძე, მ. კეკელიძე. სისტემის—მანგანუმის ქვევანგო-კალციუმის უანვი-კაჟ-მიწა—ნალღობების სილანტე და ელექტროვარობა მათში 10% თხამინის შეტულობისას 674

მანანათმშობლო—МАШИНОВЕДЕНИЕ—MECHANICAL ENGINEERING

P. P. Двали (академик АН ГССР), Б. С. Фалькевич, И. В. Матикашвили, Н. В. Гулиа. К вопросу использования энергии торможения для разгона автомобиля 559

\*პ. დვალი (საქართველოს სსრ მეც. აკადემიის აკადემიკოსი), ბ. ფალკევიჩი, ი. მათიკაშვილი, ნ. გულია. დამუხრუჭების დროს გამოყოფილი ენერჯის გამოყენება ავტომობილის გაქანებისას 664

სამთო საქმე—ГОРНОЕ ДЕЛО—MINING

T. И. Матикашвили. Моделирование волновых процессов вентиляционных систем 179

\*თ. მათიკაშვილი. სავენტილაციო სისტემების ტალღური პროცესების მოდელირება 184

Ш. И. Ониани. К вопросу определения тепловыделений от окислительных процессов в выработках глубоких шахт 651

\*შ. ონიანი. ღრმა შახტების სამთო გამონამუშევრებში უანგიით პროცესების შედეგად სითბოს გამოყოფის განსაზღვრის საკითხისათვის 658

ავტომატიკა და ტელემეხანიკა—АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА—AUTOMATICS AND TELEMЕCHANICS

И. Г. Зедгинидзе, Н. Р. Момцелидзе, Н. Н. Ломинадзе. О статистической оптимизации сложных технологических процессов 185

\*ი. ზედგინიძე, ნ. მომცელიძე, ნ. ლომინაძე. რთული ტექნოლოგიური პროცესების სტატისტიკური ოპტიმიზაციის შესახებ 192

Ш. Л. Бебиашвили, И. А. Гольдштейн. Об оптимальном количестве испытаний на надежность сложных устройств 427

\*შ. ბებიაშვილი, ი. გოლდშტეინი. რთულ სისტემათა სიმდროობაზე გამოცდის ოპტიმალური რიცხვის შესახებ 432

Г. Н. Церцвадзе. О стохастических автоматах, асимптотически оптимальных в случайной среде 433

\*გ. ცერცვაძე. შემთხვევით გარემოში ასიმპტოტურად ოპტიმალურ-სტოქასტური ავტომატების შესახებ 438

Н. Н. Ломинадзе, Н. Р. Момцелидзе, И. Г. Зедгинидзе, Б. К. Мелбук. О решении некоторых задач планирования с использованием сетевых графиков 675

\*ნ. ლომინაძე, ნ. მომცელიძე, ი. ზედგინიძე, ბ. მებუკე. ქსელური გრაფიკების გამოყენებით პლანირების ზოგიერთი ამოცანის გადაწყვეტის შესახებ 681

M. M. Готшия. Применение метода динамического программирования к одной задаче оптимизации режимов ГЭС с вероятностным заданием стока 683



\*მ. გოთოშია. დინამიური პროგრამირების გამოყენება ჰეს-ების ოპტიმალური მართვის ერთი ამოცანისათვის, როდესაც მდინარის ჩამონადენი წარმოდგენილია როგორც სტოქასტიკური პროცესი . . . . . 689

X. И. Гаприндашвили, Л. Т. Хелая. Люминесцирующее оптическое волокно для экранов электроннолучевых трубок . . . . . 691

\*მ. გაფრინდაშვილი, ლ. ხელაია. ლუმინესცენტური ოპტიკური ბოქო სხიურ-ველექტრონული მილაკის ვერანისათვის . . . . . 692

Н. Г. Харатишвили. К вопросу о переходном процессе в колебательном контуре с подмагничиваемым сердечником катушки индуктивности . . . . . 695

\*მ. ხარატიშვილი. დამაგნიტებელი გულანის რხევადი კონტურის გარდამავალი პროცესის საკითხისათვის . . . . . 698

**ბოტანიკა—БОГАНИКА—ВОТАNY**

კ. ქიმერიძე. კავკასიაში ჰობოიანი მცენარეულობის გავრცელების კანონზომიერების საკითხისათვის . . . . . 439

\*K. Р. Кимеридзе. К вопросу закономерности распространения болотной растительности на Кавказе . . . . . 445

Г. Е. Гваладзе. К вопросу структуры и функции клеток и ядер зародышевого мешка . . . . . 699

\*გ. ლვალაძე. ჩანასახის პარკის უჯრედებისა და ბირთვების სტრუქტურისა და ფუნქციის შესწავლისათვის . . . . . 705

**ბენარათა ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ—**

**PHYSIOLOGY OF PLANTS**

მ. კიკვიძე. ზოგიერთი ფაქტორის გავლენა ვაზის ფესვის მიერ ნიტრატების აღდგენაზე . . . . . 193

\*M. В. Киквидзе. Влияние некоторых факторов на восстановление нитратов корнями виноградной лозы . . . . . 196

ა. ბერიძე. სიმბიოზური კვების ფიზიოლოგიის შესწავლისათვის . . . . . 713

\*A. Г. Беридзе. К изучению физиологии симбиозного питания . . . . . 715

T. С. Сулакадзе, С. М. Шамцян. О влиянии зимы 1963/64 г. на перезимовку некоторых вечнозеленых растений . . . . . 717

\*თ. სულაკაძე, ს. შამციანი. ზამთრის გავლენა ზოგიერთი მარადმწვანე მცენარის გელაზმობაზე . . . . . 722

ბ. კაპაძე. ულტრაიისფერი რადიაციის გავლენა სინათლისმოყვარულ და ჩრდილისამტან მცენარეთა ფოტოსინთეზზე . . . . . 723

\*Н. Ф. Качарава. Влияние ультрафиолетовой радиации на фотосинтез светлюбивых и теневыносливых растений . . . . . 726

**სელექცია—СЕЛЕКЦИЯ—SELECTION**

И. С. Капанадзе. Явление многозародышевости у померанцевых . . . . . 447

\*ი. კაპანაძე. ნარინჯოვანებში პოლიემბრიონის მოვლენა . . . . . 452

**მიკრობიოლოგია—МИКРОБИОЛОГИЯ—MICROBIOLOGY**

Н. И. Якобашвили. К вопросу о питании водных беспозвоночных дрожжевыми грибами . . . . . 453

\*მ. იაკობაშვილი. წყლის უხერხემლო ცხოველების საფუარა სოკოებით კვების საკითხისათვის . . . . . 457

T. Л. Кобахидзе. Результаты изучения некоторых вопросов морфологических и биологических свойств вибрионов, выделенных от кур . . . . . 729

\*თ. კობახიძე. ქათმებიდან გამოყოფილი ვიბრიონების მორფოლოგიური და ბიოლოგიური თვისებების საკითხის შესწავლის შედეგები . . . . . 735

**მეცენარეობა—РАСТЕНИЕВОДСТВО—PLANT-GROWING**

შ. ობოლაძე. პამიდვის მკვანე ნაყოფების აღებისშემდგომი მომწიფების მარტივი მეთოდების შესახებ . . . . . 707

\*შ. ობოლაძე. Простейшие методы послеуборочного дозревания незрелых плодов помидора . . . . . 711

**ენტომოლოგია—ЭНТОМОЛОГИЯ—ENTOMOLOGY**

ი. ჯამბაზიშვილი. მასალები ყაზბეგის რაიონში გავრცელებული ულვაშფირფიტოვანთა (Scarabaeidae) შესწავლისათვის . . . . . 197

\***ყ. ს. ჯამბაზიშვილი.** Материалы к изучению фауны пластинчатоусых (Scarabaeidae), распространённых в Казбегском районе . . . . . 201

ა. გეგეჭკორი. ახალი მონაცემები საქართველოში გავრცელებული ფსილიდების (Homoptera, Psylloidea) ფუნის შესწავლისათვის . . . . . 203

\***А. М. Гегечкори.** Новые данные изучения фауны псиллид (Homoptera, Psylloidea) . . . . . 209

გ. დოლიძე. აბლაბუდიანი ტიპის რიცხოვრობობის ცვალებადობის მიზეზები და მისგან გამომწვეული დაზიანების გაგენა ვაზზე . . . . . 459

\***Г. В. Долидзе.** Причины изменения численности виноградного паутинного клещика и влияние вызванного им повреждения на растение . . . . . 464

ი. დუმბაძე. მასალები შოაშებული ჩოფურა ბრინჯაოსანას ბიოლოგიის შესწავლისათვის აღმოსავლეთ საქართველოში . . . . . 737

\***А. И. Думбадзе.** Материалы к изучению биологии окаймленной рябкой бронзовки в Восточной Грузии . . . . . 743

ბ. ჯანელიძე. მასალები საქართველოს იხნემონიდების ფუნისათვის... . . . . 745

\***Б. М. Джanelidze.** Ихневмониды..., впервые найденные в Грузии . . . . . 746

**М. Г. Гуджабидзе.** Два новых вида саркофагин... из Грузинской ССР . . . . . 747

\***მ. გუჯაბიძე.** სარკოფაგინების... ორი ახალი სახეობა საქართველოდან . . . . . 751

**ზოოლოგია—ЗООЛОГИЯ—ZOOLOGY**

**Р. Г. Жордания.** Новый вид птицы для фауны Грузии . . . . . 211

\***რ. ჯორდანია.** საქართველოს ფუნისათვის ახალი ფრინველი . . . . . 211

ე. ბალავაძე. საქართველოს შხამიანი გველების შესწავლისათვის . . . . . 213

\***Е. С. Балавадзе.** К изучению ядовитых змей Грузии . . . . . 215

**И. С. Даревский, Т. А. Мухелишвили.** Ареалы различных подвидовых форм скальной ящерицы... в Восточной и Южной Грузии . . . . . 471

\***ი. დარევსკი, თ. მუხელიშვილი.** კლდის ხელოის... სწვადასხვა ქვესახეობრივი ფორმის არელები აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოში . . . . . 479

**Т. А. Мухелишвили.** О распространении полосатой ящерицы... и средней ящерицы... в Восточной Грузии . . . . . 753

\***თ. მუხელიშვილი.** ზოლიანი ხელოის... და საშუალო ხელოის... გავრცელების შესახებ აღმოსავლეთ საქართველოში . . . . . 756

**პარაზიტოლოგია—ПАРАЗИТОЛОГИЯ—PARASITOLOGY**

ი. გოგებავილი. მდინარე მტკვრის პარაზიტული უმარტივესები (საქართველოს ფარგლებში) . . . . . 465

\***И. В. Гогобашвили.** Паразитические простейшие рыб р. Куры (в пределах Грузии) . . . . . 472

**ანატომია—АНАТОМИЯ—ANATOMY**

**Г. И. Мансая.** О гистохимических особенностях адреналина и норадреналина в стенке матки и плаценте в различные сроки беременности у белых крыс . . . . . 217

\***გ. მაისია.** ადრენალინისა და ნორადრენალინის ჰისტოქიმიური თავისებურებანი მაკრობის სხვადასხვა პერიოდში მყოფი თეთრი ვირთაგების პლაცენტასა და საშვილოსნოს პლაცენტარულ არეში . . . . . 219

**М. В. Лбадзе.** Некоторые цитологические особенности нейронов симпатических узлов собаки . . . . . 481

\***მ. ლაბაძე.** ძალის სიმპატიკური კვანძის ნეირონების ზოგიერთი ციტოლოგიური თავისებურება . . . . . 485

**ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ—PHYSIOLOGY**

ბ. თევზაძე. სარტყლისებური ხვეულის (*G. Cinguli*) უშუალო გადღიზიანებით გამოწვეული რეაქციები და მათი გავლენა ზოგიერთ რეფლექსზე . . . . . 487

\***В. Г. Тевзадзе.** Реакции, вызванные прямым раздражением поясной извилины (*G. Cinguli*), и их влияние на некоторые рефлексы . . . . . 493

**Г. Ш. Немсидверидзе.** Исследование слуха глухонемых школьников с помощью условных речедвигательных рефлексов . . . . . 495

\***გ. ნემსიძვერიძე.** ყრუ-მუნჯ ბავშვების სმენის გამოკვლევა სიტყვიერ-მამოძრავებელი რეფლექსების საშუალებით . . . . . 500

ბ. სისხარულიძე. რეპტილების (კუ) ქცევის თავისებურებათა შესწავლისათვის . . . . . 757

\***Н. И. Сихарулидзе.** К изучению особенностей поведения рептилий (черепаха) . . . . . 763



მასპარეზობის მდივანი — ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА —

EXPERIMENTAL MEDICINE

T. H. Джапаридзе. К вопросу защитных и восстановительных реакций организма при разных дозах облучения . . . . . 221

\*თ. ჯაპარიძე. ორგანიზმის დაცვითი და აღდგენითი რეაქციის საკითხისათვის სხვადასხვა დოზით დასხივების დროს . . . . . 224

O. B. Милонов. О причинах морфологической перестройки стенок сосудов, образующих травматические артерио-венозные аневризмы . . . . . 227

\*ო. მილონოვი. ტრავმატიული არტერიო-ვენური ანევრიზმის შექმნელის სისხლის ძარღვების კედლის მორფოლოგიური გარდაქმნის მიზეზების შესახებ . . . . . 233

E. И. Удинцов. Данные о заболеваемости населения глаукомой . . . . . 235

\*ე. უდინცოვი. მონაცემები მოსახლეობის გლაუკომით დაავადების შესახებ . . . . . 247

M. C. Мачабели, Т. Г. Джибладзе, М. Г. Гачециладзе, Г. Д. Пагава. Новая модель инфаркта миокарда, полученная путем местного введения тромبوобразующего агента без механического повреждения сосудистой стенки . . . . . 501

\*მ. მაჩაბელი, თ. ჯიბლაძე, მ. გახეცილაძე, გ. ვალაძე. მიოკარდის ინფარქტის ახალი მოდელი მიღებული სისხლძარღვის კედლის მექანიკური დაზიანების გარეშე, თრომბოზომომქმნელი აგენტის ადგილობრივი შეყვანის გზით . . . . . 505

B. P. Нанейшвили, Зиг. А. Зурабашвили. К экспериментальному изучению шизофренического токскоза . . . . . 507

\*ბ. ნანეიშვილი, ზიგ. ზურაბაშვილი. შიზოფრენიული ტოქსიკოზის ექსპერიმენტული შესწავლისათვის . . . . . 511

P. B. Булусашвили. К изучению гистохимических особенностей аминокислот в нейронах центральной системы белых мышей . . . . . 513

\*რ. ბულუსაშვილი. ამინომჟავების ჰისტოქიმიური შესწავლისათვის თეთრი თაგვების ცენტრალური ნერვული სისტემის ნეირონებში . . . . . 517

მ. მაჩაბელი, ნ. მელიქაძე. ერთრემიული ინტექსი და ჰემოსტაზი ანემიების დროს . . . . . 765

\*M. C. Мачабели, Н. Л. Меликадзе. Эритермический индекс и гемостаз при анемиях . . . . . 770

ე. ინასარიძე, ბ. იაშვილი. პერიფერიული სისხლისა და ძვლის ტვინის ცვლილებათა საკითხისათვის დამწერლობით გამოწვეული შოკის დროს . . . . . 771

\*E. B. Инасаридзе, Б. П. Яшвили. К вопросу изменений периферической крови и костного мозга при ожоговом шоке . . . . . 774

კლინიკური მდივანი — КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА —

CLINICAL MEDICINE

ვ. კერესელიძე. პერიფერიული ლიმფური კვანძების ტუმბერკულოზის მკურნალობის საკითხისათვის . . . . . 243

\*V. V. Кереселидзе. Лечение периферических лимфатических узлов . . . . . 246

გ. სოლოლაშვილი, ბ. კაპანაძე. ნარჩენი მოვლენების ფილტვის ტუმბერკულოზის ექსტრაპლევრული ოლეფოთორაქსით მკურნალობის შემდეგ . . . . . 247

\*Г. С. Сологашвили, Б. Б. Капанадзе. Остаточные явления после лечения туберкулеза легких экстраплеуральным олеотораксом . . . . . 249

ბ. კიკაბიძე, მ. დოღონაძე. დუშეთის რაიონში თანდაყოლილი ორთოპედიული დეფორმაციის გაგრძელების საკითხისათვის . . . . . 253

\*Н. И. Кикабидзе, М. А. Догонадзе. К вопросу распространения врожденных ортопедических деформаций в Душетском районе . . . . . 256

პ. ჩაველიშვილი, შ. გუგუშაშვილი, პ. ნიშნიანიძე. პერიფერიული სისხლზე ასკობიტი ზეგავლენის საკითხისათვის კრუპოზული პნემონიის დროს . . . . . 518

\*П. М. Чавлейшвили, Ш. И. Гугешашвили, П. Г. Нишнанидзе. К вопросу о возрастном влиянии на изменения периферической крови при крупозной пневмонии . . . . . 522

Г. В. Квиташвили. К вопросу диагностики и лечения дизентерийных больных . . . . . 777

\*გ. კვიტაშვილი. დიზენტერიულ ავადმყოფთა დიაგნოსტიკის და მკურნალობის საკითხისათვის . . . . . 783

ფსიქოლოგია — ПСИХОЛОГИЯ — PSYCHOLOGY

Г. Н. Кечхуашвили. Мера информации и восприятие . . . . . 257

\*გ. კეჩუაშვილი. ინფორმაციის ოდენობა და აღქმა . . . . . 260



ავტორთა საკიბავლი—УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ—AUTOR INDEX

- აბესაძე ი. 348  
 აგლაძე ლ. 598  
 აიზენგენდლერი პ. 550  
 ალექსიძე მ. 69, 560  
 აღმაზაია ი. 360  
 ახვლედიანი რ. 348  
  
 ბალავაძე ე. 213  
 ბაძოშვილი ე. 407  
 ბებიაშვილი შ. 307, 432  
 ბელთაძე თ. 69  
 ბენაშვილი ე. 605  
 ბერიშვილი გ. 541  
 ბერიძე ა. 713  
 ბერიძე პ. 519  
 ბეჭაური ნ. 102  
 ბოგოიავლეწკი ე. 368  
 ბროძელი მ. 88  
 ბუიშვილი ლ. 43  
 ბულუსაშვილი რ. 517  
  
 გაბუნია ლ. 129  
 გაფრინდაშვილი გ. 373  
 გაფრინდაშვილი ხ. 88, 108  
 გაჩეჩილაძე გ. 505.  
 გაჩეჩილაძე ნ. 387  
 გავაშვილი ა. 203  
 გეღაიანი ე. 575  
 გოგებაშვილი ი. 465  
 გოდერძიშვილი ე. 360  
 გოთოშია მ. 575  
 გოციელი ლ. 534  
 გოლდშტეინი ი. 432  
 გუგუშაშვილი შ. 41  
 გულია ნ. 664  
 გულუა ლ. 613  
 გუჯაბიძე გ. 751  
  
 დადუნაშვილი გ. 21  
 დავითაშვილი ნ. 109, 621  
 დარეესკი ი. 479  
 დვალი რ. 664  
 დვალიშვილი ა. 348  
 დოლიძე გ. 459  
 დოლონაძე მ. 253  
 დუმბაძე ა. 737  
  
 ებრალიძე თ. 138  
 ენუქიძე ნ. 666  
 ეფრემიძე თ. 315  
  
 ვაინშტეინი ბ. 172  
 ვაშაკიძე ა. 177  
  
 ვებრა ე. 333  
 ვეკუა ა. 147  
 ვინოგრადოვა ს. 354, 598  
  
 ზაალიშვილი მ. 387  
 ზამკოვი ა. 164  
 ზედგინიძე ი. 192, 681  
 ზვიადაძე მ. 43  
 ზონენაშვილი ი. 29  
 ზურაბიშვილი ზიგ. 511  
  
 თავართქილაძე ე. 73  
 თავაძე ფ. 666  
 თავაშვილი ნ. 578  
 თევზაძე ბ. 487  
 თუთბერიძე ა. 417  
  
 იაფიჩი პ. 619  
 იაკობაშვილი ნ. 457  
 იაშვილი ბ. 771  
 ინასარიძე ე. 771  
  
 კალანდარიშვილი ა. 380  
 კაპანაძე ბ. 247  
 კაპანაძე ი. 452  
 კაციტაძე თ. 413  
 კაპარაია ნ. 723  
 კერცმანი ე. 88  
 კეკელია მ. 145  
 კეკელიძე მ. 674  
 კერესელიძე ა. 56  
 კერესელიძე ე. 243  
 კერესელიძე ე. 260  
 კვინიკაძე გ. 294  
 კვიციანიშვილი გ. 783  
 კიკაბიძე ნ. 253  
 კიკვიძე მ. 193  
 კირვალიძე ი. 62, 320  
 კობახიძე ე. 128  
 კობახიძე თ. 735  
 კოკილაშვილი ე. 8, 260  
 კორშაკი ე. 354, 598  
 კორძაია ე. 568  
 კორძაძე რ. 281  
 კუპატაძე თ. 568  
  
 ლაბაძე გ. 485  
 ლალიძე რ. 348  
 ლომინაძე თ. 400  
 ლომინაძე ნ. 192, 681  
 ლოსაბერიძე ან. 639  
  
 მისიათა გ. 219  
 მისურაძე ნ. 354

- მათიკაშვილი თ. 184  
მათიკაშვილი ი. 664  
მამისტვალაძე ა. 30  
მაჩაბელი მ. 505, 765  
მაცხონაშვილი ე. 129  
მდივანი ვ. 613  
მებუჯე ბ. 681  
მელიქაძე ლ. 360  
მელიქაძე ნ. 770  
მითაგვარია გ. 108  
მილონოვი თ. 233  
მინდიაშვილი ა. 425  
მომცელიძე ნ. 192, 681  
მოსიძე ვ. 613  
მუსხელიშვილი თ. 479, 756  
მღებრიშვილი მ. 619  
მშველიძე გ. 88  
ნამიჩეიშვილი თ. 307  
ნანეიშვილი ბ. 511  
ნანობაშვილი ე. 80  
ნემსიწვერიძე გ. 500  
ნიშნინაძე პ. 41  
ნუცუბიძე ნ. 109, 621  
ობოლაძე შ. 707  
ოდნობაია ა. 644  
ოკლეი ლ. 417  
ონიანი შ. 638  
პაპავა გ. 354, 598  
პაპელიშვილი ე. 645  
პროკოპჩუკი ა. 88  
ყიფიაშვილი ლ. 286  
ჟორდანიას რ. 211  
რაბუხინი ლ. 158  
რაზმაძე ვ. 413  
როდინი ი. 267  
როინიშვილი ე. 578  
სარქისიანი ს. 633  
სალირაშვილი ლ. 639  
სიხარულიძე ნ. 613, 797  
სოკოლოვი ი. 150  
სოლოლაშვილი გ. 247  
სოშნა ს. 95  
სტირო ბ. 333  
სულაკაძე თ. 722  
ტატიშვილი ნ. 120  
აბესაძე პ. ნ. 343  
აბხაზავა ი. ი. 355  
აგლადე ა. დ. 593  
უდინცოვი უ. 247  
ფალკეიზი ბ. 664  
ფანჩვიძე მ. 80  
ფალავა გ. 505  
ფიჩხაძე შ. 95  
ფურცულაძე ქ. 368  
ქარცივაძე ი. 274  
ქიმერიძე ე. 439  
ქირია ვ. 56, 326  
ქომეთიანი ზ. 380  
ქურდოვანიძე ც. 387  
ღვალაძე გ. 705  
ღურქუშელიას ა. 50  
შალამბერიძე შ. 619  
შამციანი ს. 722  
შარაშენიძე ვ. 177  
შარიქაძე ვ. 300, 554  
შატილოვა ი. 407  
შაქარაშვილი თ. 102  
შოპაუსკასი კ. 333  
ჩავლეიშვილი პ. 41  
ჩარკვიანი მ. 360  
ჩიკოიძე გ. 16  
ჩუბინიძე თ. 674  
ჩხეიძე დ. 129  
ცერცვაძე გ. 438  
ცისკარიშვილი პ. 354, 598  
ცისკარიშვილი რ. 360  
ცომაია ა. 164  
ცხოვრებაშვილი შ. 389  
ჭელიძე გ. 360  
ჭირაქაძე გ. 80  
ჭოტორღიშვილი ლ. 341, 585  
ხარატიშვილი ნ. 698  
ხელაია ლ. 692  
ხვედელიძე ზ. 587  
ხიზანიშვილი ი. 373  
ხუნჯუა თ. 333  
ჯამბაზიშვილი ი. 197  
ჯანაშვილი ბ. 368  
ჯანელიძე ბ. 745  
ჯანჭღავა რ. 613  
ჯაოშვილი თ. 613  
ჯაფარიძე თ. 224  
ჯიბლაძე თ. 613  
აიზენგენდლერ პ. ტ. 543  
ალექსიძე მ. ა. 63, 555  
ახვლედიანი პ. ნ. 343

- Бадзошвили Ц. И. 403  
 Балавадзе Е. С. 215  
 Бебиашвили Ш. Л. 301, 427  
 Бекаури И. Г. 97  
 Белтадзе Т. Т. 63  
 Бенашвили Е. М. 599  
 Беридзе А. Г. 715  
 Беридзе П. З. 615  
 Беришвили Г. Д. 535  
 Богоявленский Е. Н. 361  
 Бродзели М. И. 83  
 Буишвили Л. Л. 37  
 Булусашвили Р. В. 513  
 Вайнштейн Б. З. 165  
 Вашакидзе А. С. 173  
 Вебра Э. Ю. 327  
 Векуа А. К. 147  
 Виноградова С. В. 593, 349  
 Габунია Л. К. 131  
 Гаприндашвили Г. Г. 369  
 Гаприндашвили Х. И. 83, 691  
 Гачечиладзе М. Г. 501  
 Гачечиладзе Н. А. 383  
 Гваладзе Г. Е. 699  
 Гегечкори А. М. 209  
 Гедалин Э. В. 569  
 Гогешашвили И. В. 472  
 Годердзишвили К. Г. 355  
 Гокцели Л. П. 529  
 Гольдштейн И. А. 427  
 Готошья М. М. 683  
 Гугешашвили Ш. И. 522  
 Гуджабидзе М. Г. 747  
 Гулиа Н. В. 599  
 Гулуа Л. П. 607  
 Гурчумелия А. Д. 45  
 Давиташвили Н. А. 113, 627  
 Дадунашвили Г. С. 17  
 Даревский И. С. 47  
 Двали Р. Р. 559  
 Двалишвили А. И. 343  
 Джембазишвили Я. С. 201  
 Джанашвили Б. А. 361  
 Джанджгава Р. В. 607  
 Джанелидзе Б. М. 746  
 Джаошвили О. А. 607  
 Джапаридзе Т. Н. 221  
 Джибладзе Т. Г. 501  
 Догонაძე Н. А. 256  
 Долоидзе Г. В. 464  
 Думбадзе А. И. 743  
 Енукидзе Н. А. 665  
 Жижинашвили Л. В. 283  
 Жордания Р. Г. 211  
 Заалишвили М. М. 383  
 Замков А. А. 159  
 Звиададзе М. Д. 37  
 Зедгинидзе И. Г. 185, 675  
 Зоненашвили И. А. 23  
 Зурабашвили Зиг. А. 507  
 Инасаридзе Е. В. 774  
 Каландаришвили А. А. 375  
 Капанაძე Б. Б. 249  
 Капанაძე И. С. 447  
 Карцивадзе И. Н. 269  
 Кацитадзе О. И. 409  
 Качарава Н. Ф. 729  
 Квиникадзе Г. П. 287  
 Квицашвили Г. В. 777  
 Кекელიдзе М. А. 667  
 Кекелия М. А. 139  
 Кереселидзе А. Б. 51  
 Кереселидзе В. В. 246  
 Керцман Э. Л. 83  
 Кечхуашвили Г. И. 257  
 Кикабидзе Н. И. 256  
 Киквидзе М. В. 196  
 Кимеридзе К. Р. 445  
 Кирваллидзе И. Д. 57, 317  
 Кириа В. С. 51, 321  
 Кобахидзе Т. Л. 729  
 Кобахидзе Э. Д. 123  
 Коклашвили В. М. 3, 257  
 Кометиани З. П. 375  
 Кордзадзе Р. А. 275  
 Кордзая Э. В. 561  
 Коршак В. В. 349, 593  
 Купатадзе О. В. 561  
 Курдованидзе И. А. 383  
 Лабაძე М. В. 481  
 Лагидзе Р. М. 343  
 Ломинаძე Н. Н. 185, 675  
 Ломинаძე Т. А. 395  
 Лосаберидзе Ан. А. 635  
 Маисая Г. И. 217  
 Майсураძე Н. А. 349  
 Мамиствалов А. Г. 31  
 Матикашвили И. В. 559  
 Матикашвили Т. И. 179  
 Мацхонашвили К. Г. 131

Мачабели М. С. 501, 770  
Мгебришвили М. А. 615  
Мдивани В. М. 607  
Мебуке Б. К. 675  
Меликадзе Л. Д. 355  
Меликадзе П. Л. 770  
Милонов О. Б. 227  
Миндиашвили А. П. 419  
Митагвария Г. П. 105  
Момцелидзе Н. Р. 185, 675  
Мосидзе Л. П. 607  
Мухелишвили Т. А. 47, 753  
Мшвелидзе Г. Г. 83  
Намичейшвили О. М. 301  
Нанейшвили Б. Р. 507  
Нанобашвили Е. М. 75  
Немсишверидзе Г. Ш. 495  
Нишнанидзе П. Г. 522  
Нупубидзе Н. Н. 113, 627  
Оболадзе Ш. Т. 711  
Одишария А. В. 641  
Оклей Л. Н. 415  
Ониани Ш. И. 651  
Пагава Г. Д. 501  
Панчвидзе М. В. 75  
Папава Г. Ш. 349, 593  
Папелишвили К. А. 649  
Пичхадзе Ш. В. 89  
Прокопчук Л. А. 83  
Пурцеладзе Х. Г. 361  
Рабухин Л. Г. 151  
Размадзе Г. Н. 409  
Родин Ю. Л. 261  
Роннишвили Е. Ю. 577  
Сагирашвили Л. И. 635  
Саркисян С. Ш. 629  
Сихарулидзе И. Г. 607  
Соколов И. И. 147  
Сологашвили Г. С. 249  
Сошина С. М. 89

Стыро Б. И. 327  
Сулакадзе Т. С. 717  
Тавадзе Ф. Н. 665  
Таварტიладзе К. А. 71  
Тавхелидзе Н. Н. 577  
Татишвили Н. И. 115  
Тевзадзе В. Г. 493  
Тутберидзе А. И. 415  
Удинцов Е. И. 235  
Фалькевич Б. С. 559  
Харатишвили Н. Г. 695  
Хведелидзе З. В. 592  
Хелая Л. Т. 691  
Хизанишвили И. Г. 369  
Хунджуа Т. Г. 327  
Церцвадзе Г. Н. 433  
Цискаришвили П. Д. 349, 593  
Цискаришвили Р. П. 355  
Цома А. А. 159  
Цховребашвили Ш. А. 393  
Чавлейшвили П. М. 522  
Чарквиანი М. К. 355  
Челидзе Г. Ш. 355  
Чикоидзе Г. Б. 9  
Чиракадзе Г. Г. 75  
Чотораишвили Л. С. 335, 579  
Чубинидзе Т. А. 667  
Чхеидзе Д. В. 131  
Шакарашвили Т. С. 97  
Шаламберидзе Ш. М. 615  
Шамцян С. М. 717  
Шарашенидзе Д. А. 173  
Шарикадзе Д. В. 295, 551  
Шатилова И. И. 403  
Шонаускас К. К. 327  
Эбралндзе Т. П. 133  
Эфремидзе Т. И. 209  
Явич П. А. 615  
Якобашвили Н. И. 453  
Яшвили Б. П. 774

მთ. რედ აქტორი—საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
აკადემიკოსი რ. დვალაი  
Гл. редактор—академик Академии наук Грузинской ССР  
Р. Р. Двали

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 30.8.1966; შუკვ. № 1198; ანაწყოების ზომა 7×11;  
ქალაქის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 19,0;  
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 17,0; უფ 02381; ტირაჟი 1300  
Подписано к печати 30.8.1966; зак. № 1198; размер набора 7×11; размер  
бумаги 70×108; количество уч.-изд. листов 19,0; количество печатных  
листов 17,0; УЭ 02381; тираж 1300

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი 60, კეტუხოვის ქ. № 15.  
Типография Издательства «Мецниереба», Тбилиси 60, ул. Кутузова 15.



УТВЕРЖДЕНО  
 Президиумом Академии наук  
 Грузинской ССР  
 28.3.1963

**ПОЛОЖЕНИЕ О «СООБЩЕНИЯХ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР»**

1. В «Сообщениях Академии наук Грузинской ССР» публикуются статьи научных работников Академии наук Грузинской ССР и других ученых, содержащие сжатое изложение основных результатов их исследований.

2. «Сообщениями» руководит редакционная коллегия, избираемая общим собранием Академии наук Грузинской ССР.

3. «Сообщения» выходят ежемесячно отдельными выпусками приблизительно в объеме 16 печатных листов каждый. Выпуски каждого квартала (три выпуска) составляют один том.

4. Статьи должны быть представлены на двух языках: на грузинском и русском. На одном из них, по желанию автора,—полный текст, а на другом языке—краткое изложение основного текста.

5. Объем статьи, включая иллюстрации, не должен превышать 20 000 типографских знаков (8 страниц журнала). Разделение статьи на отдельные части для опубликования в разных выпусках «Сообщений» не допускается.

6. Статьи действительных членов и членов-корреспондентов Академии наук Грузинской ССР сдаются непосредственно в редакцию «Сообщений» для опубликования, а статьи других авторов публикуются только по представлению действительных членов или членов-корреспондентов Академии. Статьи, поступившие без представления, направляются редакцией одному из действительных членов или членов-корреспондентов Академии на рассмотрение, с тем чтобы в случае положительной оценки статья была представлена для опубликования.

7. Статьи (а также соответствующие иллюстрации и чертежи) должны быть представлены автором в одном экземпляре, в совершенно готовом для печатания виде. Формулы должны быть четко вписаны в текст от руки. Текстовые части на иллюстрациях должны быть выполнены на обоих языках. Никакие исправления и добавления после принятия к печати не допускаются.

8. Данные о цитированной литературе должны быть по возможности полными: необходимо указать полное заглавие статьи, название журнала, в котором опубликована статья, номер серии, тома, выпуска, год издания; если имеется ссылка на книгу, то необходимо указать полное наименование книги, место и год издания.

9. Цитируемая литература должна приводиться в конце статьи в виде списка. При ссылке на литературу в тексте статьи или в подстрочных примечаниях следует указывать номер по списку, заключая его в квадратные скобки.

10. В конце текста статьи автор на соответствующем языке должен указать название и местонахождение того научного учреждения, где выполнена работа.

Статья датируется днем поступления ее в редакцию.

11. Автору представляется одна корректура в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или напечатать ее без взыскания автора.

12. Автор получает бесплатно 10 оттисков своей статьи.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:** ТБИЛИСИ, ул. КУТУЗОВА, 15  
 Телефон 7-18-05, доб. 3-42

Условия подписки: на 1 год—12 руб., на 6 месяцев—6 руб.



დ ბ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა  
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
პრეზიდიუმის მიერ 28.3.1963

„საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“  
დ ე ბ უ ლ ე ბ ა

1. „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ იბეჭდება აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბე“ გამოდის თვეში ერთხელ, ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 16 ბეჭდური თაბახი. ყოველი კვარტალის ნაკვეთები (სამი ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. „მოამბეში“ დასაბუქდად წერილები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ორ ენაზე: ქართულად და რუსულად. ერთ-ერთ მათგანზე, ავტორის სურვილისამებრ, —სრული ძირითადი ტექსტი, ხოლო მეორეზე —ძირითადი ტექსტის შემოკლებული გამოცემა.
5. წერილის მოცულობა (ორივე ტექსტისა), ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 20.000 სასტამბო ნიშანს (ჟურნალის 8 გვერდს); არ შეიძლება წერილის დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბუქდად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორების წერილები იბეჭდება აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარდგინებით. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად, რათა მან, დადებითად შეფასების შემთხვევაში, წარმოადგინოს იგი დასაბუქდად.
7. წერილები (ავრთვედ სათანადო ილუსტრაციები და ნახაზები) ავტორმა უნდა წარმოადგინოს თითო ცალად, დასაბუქდად სავსებით მომზადებული. ფორმულები ხელით უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტში მკაფიოდ. ილუსტრაციებზე ტექსტობარივი წარწერები ორივე ენაზე უნდა იყოს შესრულებული. წერილის დასაბუქდად მიღების შემდეგ ტექსტში შესწორებებისა და დამატებების შეტანა ალარ შეიძლება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები შეძლებისდა გვარად სრული უნდა იყოს: საჭიროა აღინიშნოს წერილის სრული სათაური, სახელწოდება ჟურნალისა, რომელშიც დაბეჭდილია წერილი, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის ადგილისა და წლის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის სია წერილს ერთვის ბოლოში. ლიტერატურის მითითებლად ტექსტში თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ჩაჩვენები უნდა იქნეს შესაბამისი ნომერი სიის მიხედვით.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა შესაბამის ენაზე უნდა აღნიშნოს იმ დაწესებულების სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად არა უმეტეს ორი დღისა). თუ კორექტურა დადგენილი ვადისათვის არ იქნა წარმოდგენილი, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

რ ე დ ა ბ ტ კ ი ი ს მ ი ს ა მ ა რ თ ი: თბილისი, კუბთუჯოვის ქ. 15

ტელეფონი 7-18-05, დამ. 3-42

ხ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: 1 წლით—12 მან., 6 თვით—6 მან.

ИНДЕКС 76181



# შინაარსი — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENTS

## ფილოსოფია—ФИЛОСОФИЯ—PHILOSOPHY

Л. П. Гокиели (член-корреспондент АН ГССР). Парадоксы теории множеств . . . . .	529
*ლ. გოკიელი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). სიმრავლეთა თეორიის პარადოქსები . . . . .	534

## მათემატიკა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATICS

Г. Д. Бершвили. О прямых и обратных пределах . . . . .	535
*გ. ბერიშვილი. პირდაპირი და შებრუნებული ზღვრების შესახებ . . . . .	541
П. Г. Айзенгендлер. Об особых решениях нелинейных уравнений . . . . .	543
*პ. აიზენგენდლერი. არაწრფივ განტოლებათა განსაკუთრებული ამოხსნები . . . . .	550

## ჰიდრომეხანიკა—ГИДРОМЕХАНИКА—HYDROMECHANICS

Д. В. Шарикадзе. О приближенном решении некоторых стационарных задач пограничного слоя с учетом магнитного поля . . . . .	551
*ჯ. შარიქაძე. სასაზღვრო ფენის ზოგიერთი სტაციონარული ამოცანის მიხედვითი ამოხსნა მაგნიტური ველის გათვალისწინებით . . . . .	554

## კიბერნეტიკა—КИБЕРНЕТИКА—CYBERNETICS

М. А. Алексидзе. Об аффинном опознавании образа . . . . .	555
*მ. ალექსიძე. სახეთა აფინური ამოცნობის შესახებ . . . . .	560
О. В. Кунатадзе, Э. В. Кордзя. Решение систем линейных алгебраических уравнений модифицированным методом Гаусса-Зейделя на аналоговых вычислительных машинах (АВМ) . . . . .	561
*ო. კუპატაძე, ე. კორძია. წრფივ ალგებრულ განტოლებათა ამოხსნა ანალოგიურ გამოთვლულ მანქანებზე გაუს-ზეიდელის მოდიფიცირებული მეთოდით . . . . .	568

## ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSICS

Э. В. Гедални. К теории электрошо-фотошнх ливней . . . . .	569
*ე. გედალინი. ელექტროშო-ფოტონური ღვარების თეორიის საკითხისათვის . . . . .	575
Е. Ю. Роишвили, Н. Н. Тавхелидзе. К вопросу об аддитивности теплоемкости растворов поливинилового спирта . . . . .	577
*ე. როინიშვილი, ნ. თავხელიძე. პოლივინილის სპირტის ხსნარების სითბოტევადობის ადიტიურობის შესახებ . . . . .	578

## გეოფიზიკა—ГЕОФИЗИКА—GEOPHYSICS

Л. С. Чоторлишвили. О периодических колебаниях температуры почвы, покрытой снегом . . . . .	579
*ლ. ქოტორლიშვილი. თოვლით დაფარული ნიადაგის ტემპერატურის პერიოდული რხევების შესახებ . . . . .	585

## მეტეოროლოგია—МЕТЕОРОЛОГИЯ—METEOROLOGY

ზ. ხვედელიძე. კავკასიის ტრიტობრიისათვის გეოპოტენციური ველის პროგნოზური სქემების სხვადასხვა ვარიანტი ბაროტროპიული მოდელის მიხედვით . . . . .	587
*ზ. В. Хведелидзе. Вариант рабочей схемы прогноза поля геопотенциала для территории Кавказа по баротропной модели . . . . .	592

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წინა წერილის რეზიუმეს ან თარგმანს.

\* Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме или к переводу предшествующей статьи.

\* A title marked with an asterisk applies to a summary or translation of the preceding article.



მეცნიერება — ХИМИЯ — CHEMISTRY

Г. Ш. Папава, Л. Д. Агладзе, П. Д. Цискаришвили, В. В. Коршак (член-корреспондент АН СССР), С. В. Виноградова. О смешанных блок-полиарилах на основе пентона . . . . . 593

\*გ. პაპაევა, ლ. აგლაძე, პ. ცისკარიშვილი, ვ. კორშაკი (სსრკ აკადემიის მეცნი. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ს. ვინოგრადოვა. პენტონის ბაზაზე მიღებული ნარევი ბლოკ-პოლიარილატების შესახებ . . . . . 598

Е. М. Бенашвили. Разделение парафино-циклопарафиновой части бензина с применением тиомочевины и молекулярных сит . . . . . 599

\*ე. ბენაშვილი. ბენზინის პარაფინულ-ციკლოპარაფინული ნაწილის გაყოფა თიოშარდოვანასა და მოლეკულური სიბრტყის გამოყენებით . . . . . 605

Н. Г. Сихарулидзе, О. А. Джаошвили, Р. В. Джанджгава, В. П. Мосидзе, В. М. Мдивани, Л. П. Гулуа. Способ получения циклогексана . . . . . 607

\*ნ. სიხარულიძე, ო. ჯაოშვილი, რ. ჯანჯღავა, ვ. მოსიძე, ვ. მდივანი, ლ. გულუა. ციკლოპექსანონის მიღების მეთოდი . . . . . 613

ფარმაკოქიმია — ФАРМАКОХИМИЯ — PHARMACEUTICAL CHEMISTRY

П. З. Беридзе, Ш. М. Шаламберидзе, М. А. Мгебришвили, П. А. Явич. Изучение оптимальных условий получения фармакопейного бензоата натрия непосредственно из технической бензойной кислоты . . . . . 615

\*პ. ბერიძე, შ. შალამბერიძე, მ. მგებრიშვილი, პ. იაჯიჩი. ოპტიმალური პირობების შესწავლა ფარმაკოპეის ბენზომეჯეა ნატრიუმის მიღებისათვის უშუალოდ ტექნიკურ ბენზომეჯეადან . . . . . 619

ბიოქიმია — БИОХИМИЯ — BIOCHEMISTRY

Б. Н. Гуцубидзе, Н. А. Давиташвили. Квевის გავლენა ამინომჟავების წარმოქმნაზე ვაშლში . . . . . 621

\*Н. Н. Нуцубидзе, Н. А. Давиташвили. Влияние подкормки на образовании аминокислот в виноградной лозе . . . . . 627

პეტროგრაფია — ПЕТРОГРАФИЯ — PETROGRAPHY

С. Ш. Саркисян. О проявлении гравитационной дифференциации в лавах ма-шаверского потока (Грузинской ССР) . . . . . 629

\*ს. სარქისიანი. მაშავერის ლავურ ნაკადში გრავიტაციული დიფერენციაციის გამოვლინების შესახებ . . . . . 633

საშენებლო მეცნიერება — СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА — STRUCTURAL MECHANICS

Л. И. Сагирашвили, А. А. Лосабериძე. Определение частот свободных колебаний круговых арок, лежащих на сплошном упругом основании . . . . . 635

\*ლ. საღირაშვილი, ა. ა. ლოსაბერიძე. დრეკად ფუძეზე მდებარე წრიული თაღების თავისუფალი რხევების სისშირეთა განსაზღვრა . . . . . 639

А. В. Одишария. Вопрос о нормативных величинах коэффициента сейсмичности . . . . . 641

\*ა. ოდიშარიია. სეისმური კოეფიციენტის ნორმატიული სიდიდეების საკითხი . . . . . 644

ჰიდროტექნიკა — ГИДРОТЕХНИКА — HYDROTECHNICS

კ. პაპელიშვილი. კოლხიდის დაბალმდებარე ადგილების დაშრობის საკითხისათვის . . . . . 645

\*კ. ა. პაპელიშვილი. К вопросу осушения низкорасположенных земель Колхидской низменности . . . . . 649





სამთო სამუშაო—ГОРНОЕ ДЕЛО—MINING

III. И. Ониани. К вопросу определения тепловыделений от окислительных процессов в выработках глубоких шахт . . . . . 651

\*შ. ონიანი. ღრმა შახტების სამთო გამონამუშევრებში ენგვიითი პროცესების შედეგად სითბოს გამოყოფის განსაზღვრის საკითხისათვის . . . . . 658

მანქანათმშობველობა—МАШИНОВЕДЕНИЕ—MECHANICAL ENGINEERING

P. P. Двали (академик АН ГССР), Б. С. Фалькевич, И. В. Матикашвили, Н. В. Гулиа. К вопросу использования энергии торможения для разгона автомобиля . . . . . 559

\*რ. დვალი (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ბ. ფალკევიჩი, ი. მათიკაშვილი, ნ. გულია. დამუხრუჭების დროს გამოყოფილი ენერჯის გამოყენება ავტომობილის გაქანებისას . . . . . 664

მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР), Н. А. Енукидзе. Антифрикционные и механические свойства нового антифрикционного чугуна „Тавен“ . . . . . 665

\*ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), ნ. ენუქიძე. ახალი ანტიფრიქციული თვისების „თავენის“ მექანიკური თვისებები . . . . . 666

T. A. Чубинидзе, М. А. Кекелидзе. Вязкость и удельная электропроводность расплавов системы закис марганца-окись кальция-кремнезем при 10% глинозема . . . . . 667

\*თ. ჩუბინიძე, მ. კეკელიძე. სისტემის—მანგანუმის ქვექანგი-ვალციუმის ეანგი-კაფ-მწვა—ნალღობების სიბლანტე და ელექტროგამტარობა მათში 10% თხამიწის შეტულობისას . . . . . 674

ავტომატიკა და ტელემექანიკა—АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА—AUTOMATICS AND TELEMCHANICS

Н. Н. Ломинадзе, Н. Р. Момцелидзе, И. Г. Зедгинидзе, Б. К. Мелбуке. О решении некоторых задач планирования с использованием сетевых графиков . . . . . 675

\*ნ. ლომინაძე, ნ. მომცელიძე, ი. ზედგინიძე, ბ. მებუქე. ქსელური გრაფიკების გამოყენებით პლანირების ზოგერთი ამოცანის გადაწყვეტის შესახებ . . . . . 681

M. M. Готышия. Применение метода динамического программирования к одной задаче оптимизации режимов гЭС с вероятностным заданием стока . . . . . 683

\*მ. გოთოშია. დინამიური პროგრამირების გამოყენება ჰეს-ების ოპტიმალური მართვის ერთი ამოცანისათვის, როდესაც მდინარის ჩამონადენი წარმოდგენილია როგორც სტოქასტიკური პროცესი . . . . . 689

X. И. Гаприндашвили, Л. Т. Хелая. Люминесцирующее оптическое волокно для экранов электроннолучевых трубок . . . . . 691

\*ხ. გაჟინდაშვილი, ლ. ხელაია. ლუმინესცენტური ოპტიკური ბოკო სხივურ-ელექტრონული მილაკის ეკრანისათვის . . . . . 692

Н. Г. Харатишвили. К вопросу о переходном процессе в колебательном контуре с подмагничиваемым сердечником катушки индуктивности . . . . . 695

\*ნ. ხარატიშვილი. დამაგნიტებელი გულანის რხევადი კონტურის გარდამავალი პროცესის საკითხისათვის . . . . . 698

ბოტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY

G. E. Гваладзе. К вопросу структуры и функции клеток и ядер зародышевого мешка . . . . . 699

\*გ. გვალაძე. ჩანასახის პარკის უჯრედებისა და ბირთვების სტრუქტურისა და ფუნქციის შესწავლისათვის . . . . . 705



**მეცნიერებათა აკადემია — РАСТЕНИЕВОДСТВО — PLANT-GROWING**

შ. ბ. ლ. ა. ძე. პამიროზების მკვებ ნაყოფების აღების შემდგომი მომწიფების მართვით მეთოდების შესახებ	707
*შ. ტ. ობოლადზე. Простейшие методы послеуборочного дозревания незрелых плодов номидора	711

**მეცნიერებათა ფიზიოლოგია — ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ — PHYSIOLOGY OF PLANTS**

ა. ბერძეძე. სიმბიოზური კვების ფიზიოლოგიის შესწავლისათვის	713
*А. Г. Беридзе. К изучению физиологии симбиозного питания	715
Т. С. Сулакадзе, С. М. Шамцян. О влиянии зимы 1963/64 г.г. на перезимовку некоторых вечнозеленых растений	717
*თ. სულაქაძე, შ. შამციანი. ზამთრის გავლენა ზოგიერთი მარადმწვანე მცენარის ვალაზამორებაზე	722
ბ. ჯაქარაძე. ულტრაიისფერი რადიაციის გავლენა სინათლისმომკვირტულ და ჩრდილისამტან მცენარეთა ფოტოსინთეზზე	723
*Н. Ф. Качаравა. Влияние ультрафиолетовой радиации на фотосинтез светлюбивых и теневыносливых растений	726

**მიკრობიოლოგია — МИКРОБИОЛОГИЯ — MICROBIOLOGY**

Т. Л. Кобахидзе. Результаты изучения некоторых вопросов морфологических и биологических свойств вибрионов, выделенных от кур	729
*თ. კობახიძე. ქათამებიდან გამოყოფილი ვიბრიონების მორფოლოგიური და ბიოლოგიური თვისებების საკითხის შესწავლის შედეგები	735

**ენტომოლოგია — ЭНТОМОЛОГИЯ — ENTOMOLOGY**

ი. დუმბაძე. მასალები მთავრებული ჩოფრა ბრინჯაოსანას ბიოლოგიის შესწავლისათვის აღმოსავლეთ საქართველოში	737
*А. И. Думбадзе. Материалы к изучению биологии окаймленной рябей бронзовки в Восточной Грузии	743
ბ. ჯანელიძე. მასალები საქართველოს ინსექტოზიდების ფაუნისათვის	745
*Б. М. Джanelidze. Ихневмониды... впервые найденные в Грузии	746
М. Г. Гуджабидзе. Два новых вида саркофаги... из Грузинской ССР	747
*მ. გუჯაბიძე. სარკოფაგიების... ორი ახალი სახეობა საქართველოდან	751

**ზოოლოგია — ЗООЛОГИЯ — ZOOLOGY**

Т. А. Мусхелишвили. О распространении полосатой ящерицы... в средней ящерицы... в Восточной Грузии	753
*თ. მუსხელიშვილი. ზოლიანი ზღოების... და საშუალო ზღოების... გავრცელების შესახებ აღმოსავლეთ საქართველოში	756

**ფიზიოლოგია — ФИЗИОЛОГИЯ — PHYSIOLOGY**

ბ. სინარულიძე. რეპტილების (კუ) ქცევის თავისებურებათა შესწავლისათვის	757
*Н. И. Сихарулидзе. К изучению особенностей поведения рептилий (черепаха)	763

**მეცნიერებათა აკადემია — ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА — EXPERIMENTAL MEDICINE**

მ. მანაბელი, ნ. მელიქიძე. ერითრომეტული ინდექსი და ჰემოსტაზი ანემიების დროს	765
*М. С. Мачабели, Н. Л. Меликдзе. Эритрометрический индекс и гемостаз при анемиях	770
ე. ინასარიძე, ბ. იაშვილი. პერიფერიული სისხლისა და ძვლის ტენიის ცვლილებათა საკითხისათვის დამწვრობით გამოწვეული შოკის დროს	771
*Е. В. Инасаридзе, Б. П. Яшвили. К вопросу изменения периферической крови и костного мозга при ожоговом шоке	774

**კლინიკური მედიცინა — КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА — CLINICAL MEDICINE**

Г. В. Квиташидзе. К вопросу диагностики и лечения дизентерийных больных	777
*გ. კვიტაშვილი. დინამიკური ავადმყოფთა დიაგნოსტიკის და მკურნალობის საკითხისათვის	783

ორმოცდამესამე ტომის შინაარსი — Содержание сороктретьего тома Contents of the forty third volume

ავტორთა საძიებელი — Указатель авторов — Autor Indexes

696/210



ფასი 1 ლავ.  
ЦЕНА 1 РУБ.