

3--
1946



ს. კულინიანი ს.ბ. თბ.
საბუნებისმეტყველო უნივერსიტეტი
საქართველოს
ქ. XXVII-A. XXII-ბ.

1946

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის



ფ. XXVII - ა. XXII B.

შ რ ო მ ა ბ ი

Т Р У Д Ы

TRAVAUX

ТБИССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ СТАЛИНА

DE L'UNIVERSITÉ
STALINE
à TBILISSI (Tiflis)

XXVII

ხვრია A

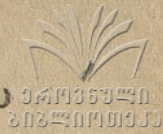
სამათემატიკო-საბუნებისმეტყველო მეცნიერებანი

სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა
Издательство Тбилисского государственного университета им. Сталина

თ ბ ი ლ ი ს ი

1946

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის



შ რ ო მ ე ბ ი

Т Р У Д Ы

ТБИЛИССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ СТАЛИНА

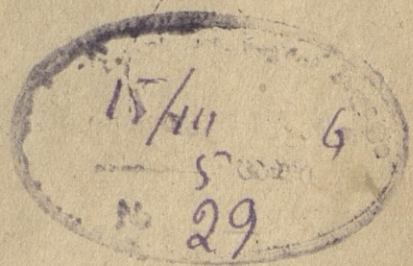
TRAVAUX

DE L'UNIVERSITE
STALINE
à TBILISSI (Tiflis)

XXVII

სერია A

საერთაშორისო-საბუნებისმეტყველო მხსენიარბანი



დაიბეჭდა სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტის სამეცნიერო საბჭოს დადგენილებით

პასუხისმგებელი რედაქტორი პროფ. ნ. კეცხოველი
საქ. მეცნ. აკადემიის ნამდვილი წევრი

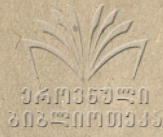
გადაეცა წარმოებას 21/V 45 წ. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 14/II 46 წ. ტირაჟი 300
სასტამბო თაბანი 8^{3/8}. სააღ.-საგამ. თაბანი 9,6. ანაწყოების ზომა 7×11. უფ. 00573
გამომცემლობის შეკვეთა № 9. სტამბის შეკვეთა № 96.

სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტ. გამომც. სტამბა, მარის ქ., 1

შინაარსი

გვ-

1. ივ. ბერიტაშვილი და მ. გოგავა, წურბელის სეგმენტური რეფ- ლექსური რეაქციების კოორდინაციის შესახებ	1
2. ივ. ბერიტაშვილი, წურბელის შუა სომიტების ნერვულ-კუნთოვანი პრეპარატის რეფლექსურ რეაქციებში აღზნებისა და შეკავების შესახებ	29
3. პ. ევსეევი, ხერხემლიან ცხოველთა ნერვული ღეროს პლასტიკური და ელასტიკური თვისების შესახებ	55
4. ლ. კალანდაძე, საქართველოს მავნე მწერების საწინააღმდეგო ბრძო- ლაში მზის რადიაციის გამოყენების შესწავლის მასალები	73
5. გ. პაპალაშვილი, ინბრიდინგის გავლება აბრეშუმის ქისის ზრდაზე, განვითარებაზე და ვოლტინიზმზე	97
6. გ. ზარიძე, მთების წარმოშობა და მასთან მაგმური პროცესების კავშირი	109



СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. И. Бериташвили и М. Гогава, О координации сегментальных рефлекторных реакций у пиявки	1
2. И. Бериташвили, О возбуждениях и торможении в рефлекторных реакциях нервно-мышечного препарата срединных сомитов пиявки	29
3. П. Евсеев, О пластических и эластических свойствах нервного ствола позвоночных животных	55
4. Л. Каландадзе, Материалы к изучению использования солнечной радиации в борьбе против вредных насекомых в Грузии	73
5. Г. Папалашвили, Влияние инбридинга на рост, развитие и вольтинизм у тутового шелкопряда (<i>Bombyx mori</i> L.)	97
6. Г. Заридзе, Образование гор и связанные с ним магматические процессы	109

SOMMAIRE

1. T. Beritoff and M. Gogava, The coordination of the segmental reflexes in the leech	1
2. T. Beritoff, On the excitation and the inhibition at the reflex reactions of the nerve-muscle preparation of the middle segments of a leech	29
3. P. Evseyev, On the plastic and elastic properties of the nerve of vertebrates	55
4. Prof. L. Kalandadze, Materials in the studying of use of the sun radiation in struggle against the injurious insects in Georgia	73
5. G. Papalashvili, The influence of inbreeding on growth, development and voltinism of the mulberry silkworm	97
6. G. Zaridze, Origin of the mountains and the magmatic phenomena connected with it	109

И. Бериташвили (Беритов) и М. Гогова

О координации сегментальных рефлекторных реакций у пиявки

Координация движений у кольчатых червей изучена до сих пор в самых общих чертах. Известно, что у них кольцевая и продольная мускулатуры выступают как антагонисты. В определённых случаях спинная и брюшная продольная мускулатуры могут также выступать как антагонисты. Локомоция в воде осуществляется путём поочередного сокращения то одних, то других мышц (Rogers 1, Jordan 2, Buddenbrock 3). Но неизвестны ещё те нервные механизмы, которые осуществляют рефлекторную иннервацию этих мышц. В частности, ещё не известен сам принцип координации антагонистических мышц. Нами был обнаружен процесс торможения у кольчатых червей — у пиявки. Он появлялся после сильного тетанического раздражения нервных элементов: сейчас после раздражения быстро ослабевало тетаническое сокращение, а вслед за ним ослабевал существующий тонус мышцы (Гогова 4). Это побудило нас более детально изучить явление торможения у пиявок, его проявление на антагонистических мышцах в разных условиях раздражения и состояния нервно-мышечного аппарата. Результаты исследования дали нам возможность ближе подойти к решению основных вопросов координации движений у кольчатых червей.

Методика

Опыты велись на медицинской пиявке (*Hirudo medicinalis*). Наша задача заключалась в выяснении принципа координации движений в обычных сегментах животного. Потому мы брали середину животного: головная и хвостовая части обрезывались. В головном конце — в четырёх головных сегментах, а также в хвостовом конце — в хвостовых сегментах — нервные узлы объединены. Они образуют компактную нервную массу, которая ведаёт регуляцией общих движений животного. Удаление этих узлов, конечно, облегчило нашу задачу, ибо этим самым устранялись нервные влияния со стороны означенных узлов общей регуляции.

Мы предварительно изучили рефлекторную деятельность срединных сегментов без миографической регистрации в свободном состоянии на тарелке

или же при фиксированных концах. Для сравнения аналогичные наблюдения производились на целой пиявке, а также на препаратах с головным или хвостовым концом. Этим путём были установлены характерные формы рефлекторных движений в изолированных сегментах пиявки.

Затем мы приступали к изучению механизма сегментальных реакций путём миографической регистрации сегментальных мышц. Для этой цели из середины пиявки приготавливали треугольного рода препараты. 1. Из передней или задней части препарата пиявки выделялась брюшная цепочка. Она выдвигалась вместе с прилегающими к ней тканями, дабы не повредить её. Другая часть из неповреждённых сегментов служила для кимографической регистрации движений. Один конец этой части со стороны нерва фиксировался, а другой конец соединялся с миографом. В некоторых случаях бралась для регистрации только брюшная или только спинная сторона сегментов. Другая сторона удалялась без повреждения нервной цепочки. Этим способом мы изучали деятельность продольной мускулатуры. Для изучения кольцевой мускулатуры мы поступали так: у фиксированного участка выделялись несколько сегментов путём поперечного разреза кожно-мышечного мешка. При сужении сегментов от сокращения кольцевых мышц миограф поднимался. Механическое взаимодействие между продольными и кольцевыми мышцами было исключено, т. е. сокращение или удлинение одной мышцы не вызывало пассивного передвижения другой. 2. Спинная и брюшная половина кожно-мышечного мешка разобщались на протяжении 2—3 см путём перерезки с боков кожно-мышечного мешка. Чтобы не нарушить нервного взаимодействия, внутренности не перерезывались. Обе половины регистрировались. Кроме этого спереди или сзади этого участка тела выделялась брюшная нервная цепочка для раздражения. 3. Удалялась спинная или брюшная половина кожно-мышечного мешка на протяжении 2—3 см без повреждения внутренних органов. Кроме того удалялась брюшная нервная цепочка, дабы исключить влияние рефлекторных центров. Такой препарат обладает периферической нервной системой. Один конец его фиксировался, а другой соединялся с миографом. Миограф нагружается 5 граммами, чтобы несколько распрямить препарат.

Раздражение производилось отдельными индукционными ударами или фарадическим током из индуктория Дю-Буа Реймона. Частота фарадического тетанического раздражения — 30—40 в сек. На рисунках сила раздражения отмечается над сигнальной линией в сантиметрах расстояния катушек. Время везде по 2".

В некоторых случаях применяется механическое раздражение — щипание кожи пинцетом, прикосновение к ней мягкой щёточки, действие капли воды на кожу.

Результаты опытов

А. Характеристика сегментальных рефлексов пиявки

Как указывали в методике, мы пользовались препаратами из середины пиявки. Головная и хвостовая части, которые содержат наиболее компактные нервные ганглии, были обрезаны. Такой препарат, уложенный на тарелку, обычно не передвигается с места на место, но производит все характерные для сегментов движения: удлиняется и укорачивается.



чивается, изгибается в ту или другую сторону. В редких случаях наблюдалось даже передвижение в головном направлении. Эти движения могут наступать как спонтанно, так и в ответ на механическое или электрическое раздражение. Если один конец укрепить, например, приколоч булавкой к пробке, свободный конец может вытянуться вперёд путём удлинения сегментов и обратно притянуться путём укорочения их, как если бы другой конец был фиксирован нормальным путём — присоской.

При раздражениях кожи на таких препаратах из середины пиявки наблюдаются следующие реакции.

Если оба конца препарата зафиксированы, а раздражается кожа на спинной стороне препарата фарадическим током, то при пороговых силах около 19—20 см расст. катуш. происходит только небольшое местное сокращение в области электродов. При более сильных раздражениях 17—16 см сначала возникает укорочение сегментов в области электродов главным образом на спинной стороне, а потом распрямление, удлинение, которое постепенно распространяется вдоль всего препарата. При ещё большей силе раздражения 12—10 см сокращается сразу весь препарат.

Если концы препарата не фиксированы, тогда при средних силах раздражения (17—16 см) наблюдаются и другого рода реакции: если раздражается кожа на спинной стороне переднего конца препарата, тогда передний конец удлиняется, спина выпячивается, а задний конец изгибается в брюшную сторону. Если же раздражается кожа на спине, на другом конце препарата, тогда спина выпячивается на этом конце, но теперь передний конец изгибается в брюшную сторону. Если раздражается кожа на брюшной стороне, тогда препарат изгибается в спинную сторону. Иначе говоря, во всех случаях на слабое и умеренное раздражение кожи на раздражаемой стороне продольные мышцы расслабевают, а на другой стороне они сокращаются, т. е. обнаруживают реципрокные отношения. При сравнительно сильных раздражениях наступает общее укорочение всего препарата.

Все вышеприведённые характерные реакции наблюдаются и при механическом раздражении кожи. Наприм., лёгкое механическое раздражение кожи вызывает выпячивание её в раздражённую сторону с изгибанием препарата в противоположную сторону, как это наблюдается при электрическом раздражении 17—16 см. Сильное механическое раздражение, как уколы, производит общее сокращение всего препарата.

Эти рефлекторные реакции на раздражение кожи на препаратах из середины пиявки совершенно такие же, как у целой пиявки. Отсюда следует, что если установить принцип координации мышечных движений сред-

них сегментов пиявки, то это будет являться принципом сегментарной синхронизированной иннервации мышц у нормальных животных.

На основании анатомических данных известно, что у пиявки каждый сомит имеет свой нервный узел, который входит в нервную цепочку, свою собственную мышечную систему, которая прерывается на границе сомита. В каждом сомите при рефлекторных реакциях мышечная система получает импульсы возбуждения исключительно через соответствующий нервный узел.

Нервная система каждого сомита и отношение её к мышечной системе совершенно одинаковы. Отсюда следует, что когда мы берём препарат из комплекса сегментов совершенно однородных по своему строению и изучаем их рефлекторную иннервацию, мы можем рассматривать эти реакции, как если бы они происходили из одного сегмента.

Как удлинение, так и укорочение сегмента является результатом антагонистической деятельности продольных и кольцевых мышц сегмента. Удлинение обусловлено сокращением кольцевых мышц и расслаблением продольных, а укорочение — сокращением продольных и расслаблением кольцевых. Значит, оба процесса активны: удлинение обусловлено сокращением кольцевых мышц, а укорочение — сокращением продольных. Поэтому при миографической регистрации удлинения и укорочения комплекса срединных сегментов или одной брюшной или спинной половинки их, мы имеем дело с результатом деятельности тех или других мышц. Нельзя было вести регистрацию этих мышц в условиях полной изоляции продольного слоя от кольцевого. Оба эти слоя так тесно связаны друг с другом, что их нельзя разъединить без нарушения нервных связей и даже без основательного повреждения мышечных элементов. Следовательно, у нас не было иного выхода, как изучить рефлекторную реакцию продольного и кольцевого слоя при их совокупном действии.

Однако, на основании всей совокупности наших наблюдений мы пришли к убеждению, что при миографической регистрации препарата пиявки мы можем рассматривать укорочение как проявление сокращения продольных мышц, а удлинение как проявление её расслабления. Разумеется, при удлинении сокращается кольцевой слой мышц. Собственно говоря, это сокращение и обуславливает активное удлинение пиявки. Но удлинение пиявки не может осуществиться без расслабления продольной мускулатуры. Продольная пять-шесть раз мощнее кольцевой, а потому расслабление её обязательно для того, чтобы кольцевая мускулатура произвела активное удлинение. Следовательно, мы можем рассматривать удлинение препарата как выражение расслабления продольной мускулатуры.

В. Миографическое изучение сегментальных рефлексов на продольной мускулатуре

Для кимографической записи эффектов продольной мускулатуры мы поступали так: на оба конца вырезанной серединки пиявки навязывали нитку. Этой ниткой один конец фиксировался, а другой конец соединялся с миографом. Последний конец имел возможность свободно двигаться и поэтому удлинение и укорочение сегментов записывалось на кимографе. Обычно часть нервной цепочки была выделена для раздражения. В таких случаях фиксация происходила в том участке, где начиналась изолированная цепочка. В некоторых опытах мы брали только спинную или брюшную половинку сомитов. Другая половинка удалялась без повреждения брюшной нервной цепочки. Такие изолированные препараты дают удлинение и укорочение как спонтанно, так и в ответ на раздражение нервной цепочки или кожной поверхности препарата. В последнем случае рефлекторная реакция вызывалась раздражением кожных рецепторов. Если же рефлекторная реакция вызывалась путём пропускания электрического тока через весь препарат или только через часть его, тогда, конечно, эта реакция могла возникнуть как от раздражения кожных рецепторов, так и нервной цепочки.

Мы сперва изложим результаты наших наблюдений над рефлекторной реакцией продольных мышц. Больше всего опытов было с этой мышцей и мы установили основные формы рефлекторной реакции в ответ на электрическое раздражение нервной цепочки и кожно-мышечного мешка на этой мышце. Когда регистрируемая продольная мышца находится в состоянии тонического сокращения, тогда пороговое или околопороговое тетаническое раздражение нервной цепочки вызывает расслабление этого сокращения. Часто перед расслаблением наступает очень небольшое усиление тонуса. Но это не обязательно. Существующий тонус может уменьшаться без предварительного усиления. Так, на рис. 1—А и на рис. 3 расслабление начинается с самого начала, а на рис. 1—С, при более сильном раздражении расслаблению предшествует небольшое повышение тонуса. По прекращении раздражения тонус сейчас же начинает восстанавливаться (рис. 2, 3), но может и оставаться некоторое время на том уровне, который был в конце раздражения (рис. 1—С).

Если берётся более сильное тетаническое раздражение, тогда сокращение наступает во время раздражения. Оно будет тем выше, чем сильнее раздражение. По прекращении раздражения это сокращение быстро прекращается. Одновременно ослабевает тонус, как, например, это дано на рис. 1—В или на рис. 2—D.

Когда же препарат находится в спонтанном удлинении, то пороговое тетаническое раздражение нерва обязательно производит небольшое сокращение (рис. 2—E, 3—B).

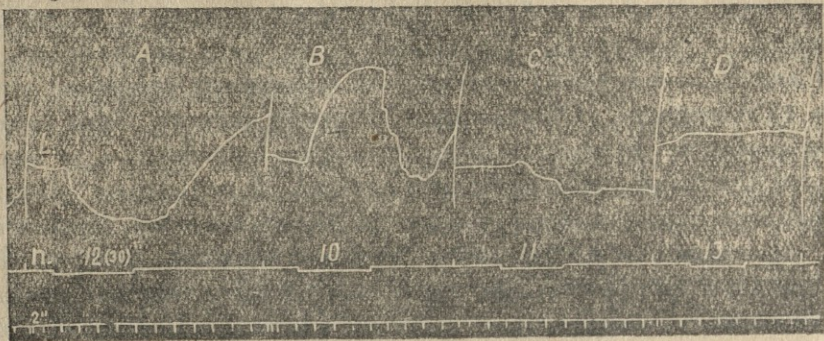


Рис. 1. Продольный препарат пиявки в состоянии тонуса. Раздражается тетанически изолированная нервная цепочка. Частота раздражения 30 в 1°. Сила раздражения разная: при 13 см расст. катуш. нет эффекта (опыт D). При 12 и 11 см происходит расслабление тонуса (A и C). При 10 см во время раздражения наступает сокращение, а после него происходит расслабление; расслабевает и тонус (B).

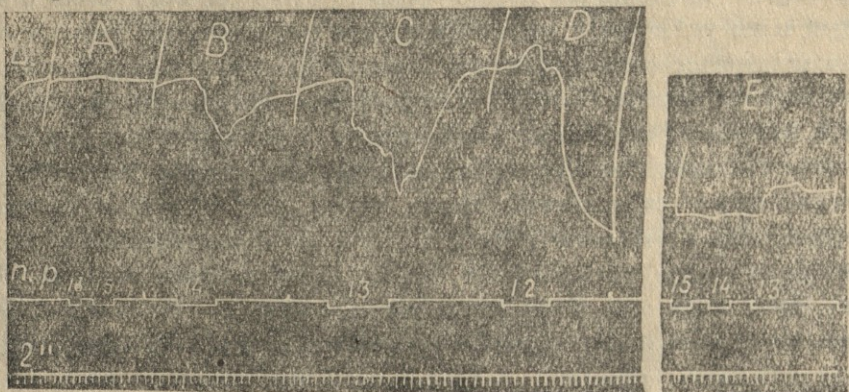


Рис. 2. Продольный препарат в состоянии тонуса при 16° С. Нервная цепочка раздражается тетанически: A—подпороговое раздражение 16—15 см расст. кат. не даёт эффекта, B—пороговое раздражение 14 см понижает тонус. C—раздражение 13 см понижает тонус ещё больше. D—раздражение 12 см вызывает небольшое сокращение, которое вместе с тонусом расслабевает после раздражения. E—те же раздражения при отсутствии тонуса дают только небольшое сокращение.

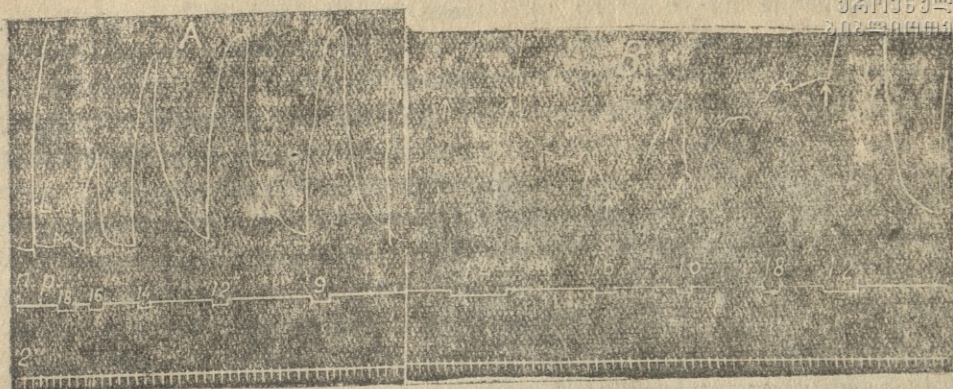
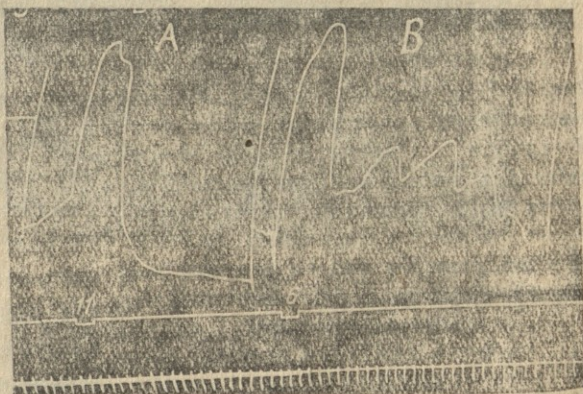


Рис. 3. А. Продольный препарат в отсутствии тонуса. Раздражается нервная цепочка при разных силах раздражения от 18 до 12 см; наступает только сокращение. В. Тот-же препарат в присутствии тонуса. Раздражается нервная цепочка. При 18 см существующее тоническое сокращение усиливается. При 16 см расст. катуш. получается расслабление тонуса. При 14 и 12 см возникает сильное сокращение. После сокращения сейчас же ослабление тонуса. Стрелки показывают начало и конец раздражения.

При особенно сильном раздражении нервной цепочки происходит сильное сокращение с длительным рефлекторным последствием сокращения. Но это последствие обычно начинается после расслабления вслед за прекращением раздражения и протекает клонически (рис. 4).

Рис. 4. Продольная брюшная половина кожно-мышечного мешка с нервной цепочкой. Часть нервной цепочки изолирована для раздражения. А—сильное тетаническое сокращение и последующее расслабление тонуса при сильном тетаническом раздражении (11 см.); В—сильное сокращение с клоническим последствием при более сильном тетаническом раздражении (6 см).



Раздражение кожного покрова дало такие же результаты, как раздражение нервной цепочки: пороговое и околопороговое раздражение, которое в отсутствии тонуса вызывало повышение сокращения, при наличии тонуса производило его расслабление.

Удлинение продольного препарата при пороговых раздражениях должно было произойти от расслабления продольной мускулатуры и сокращения кольцевой. Одно сокращение кольцевой без расслабления продольной не было бы в состоянии произвести удлинение препарата, ибо оно не могло бы преодолеть напряжение сокращения продольной мускулатуры. Отсюда следует, что при пороговых раздражениях происходит активное расслабление продольной мускулатуры в результате торможения.

Но если при наличии тонического сокращения продольная мускулатура приходит в состояние торможения при раздражениях нервной цепочки, то она должна испытывать её и при отсутствии тонического

сокращения. Нужно было предположить, что то небольшое сокращение, которое наступает в отсутствии тонуса в ответ на раздражение, сопровождается торможением. Как известно по работам на позвоночных животных, в таких случаях торможение может обнаружиться по усилению сокращения после раздражения. Это явление „отдачи“ наблюдалось также у пиявки и у неё в некоторых случаях по прекращении раздражения, которое не даёт или производит слабое сокращение, наступало более или менее значительное сокращение „отдачи“ (рис. 5).

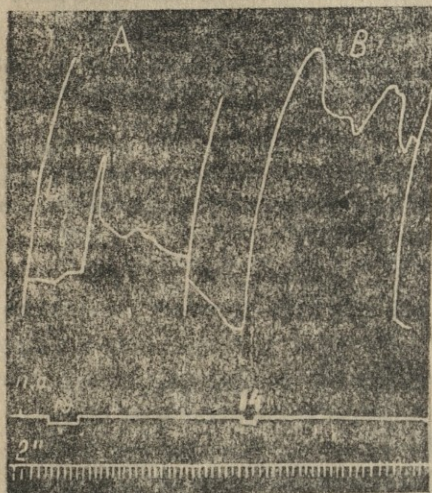


Рис. 5. Продольный препарат. Раздражается передняя часть нервной цепочки. А—слабое тетаническое раздражение вызывает небольшое сокращение во время раздражения и значительное усиление его после раздражения. В—сильное раздражение той-же цепочки вызывает сильное сокращение ещё во время раздражения.

раздражения полнее, чем при более слабых раздражениях 14—15 см.

Торможение при пороговых раздражениях в отсутствии тонуса лучше всего выявляется путём комбинации с другим раздражением, которое даёт значительное сокращение. Такие опыты мы также производили. Мы вызывали значительное сокращение раздражением передней нервной цепочки, т. е. части нервной цепочки из передних сегмен-



тов, и во время него производили пороговое раздражение нервной цепочки из задних сегментов; сокращение расслабевало, хотя в отдельности раздражение задней цепочки давало небольшое укорочение (рис. 7). Этими опытами, между прочим, было обнаружено, что торможение продольной мышцы легче и сильнее вызывается раздражением задней цепочки, чем передней.

В других случаях мы вызывали сокращение тетаническим раздражением кожных рецепторов, а пороговое раздражение прикладывалось к нервной цепочке. Результат был тот-же. Во время комбинации сокращение ослабевало. То-же самое получалось, если значительное сокращение вызывалось от раздражения цепочки, а пороговое раздражение прикладывалось к кожному покрову.

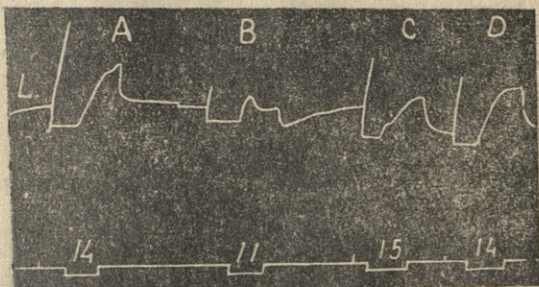


Рис. 6. Продольный препарат без тонуса. Раздражается тетанически нервная цепочка из задних сегментов при разных силах раздражения. Объяснение см. в тексте.

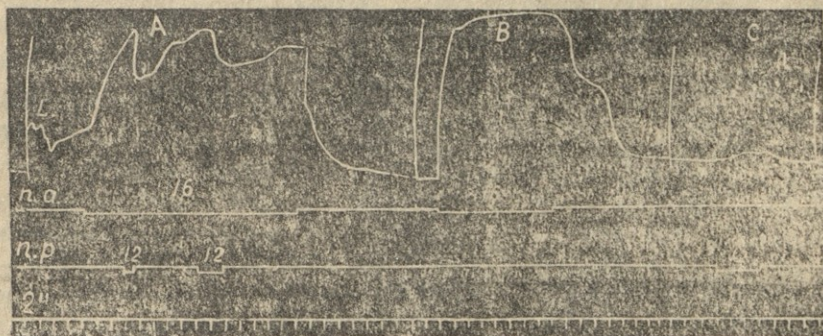


Рис. 7. Продольный препарат без тонуса с изолированной нервной цепочкой впереди и позади регистрируемых сегментов. А—длительным раздражением передней цепочки вызывается длительное сокращение. Во время этого сокращения производится два раза пороговое тетаническое раздражение задней цепочки. Оба раза сокращение ослабло. В—раздражение передней цепочки в отдельности. С—раздражение задней цепочки в отдельности.

Эти опыты на препаратах без тонуса хорошо доказывают, что удлинение продольного препарата под влиянием порогового раздражения обуславливается именно активным расслаблением продольной мускулатуры в силу

торможения, а не растягиваем от сокращения кольцевых мышц. Мы видели, что пороговое раздражение в отдельности вызывает сокращение продольной мускулатуры. Если, несмотря на это, оно производит ослабление существующего сокращения или оно даёт явление „отдачи“ — усиленное сокращение после раздражения, то всё это могло случиться только от торможения, сопровождающего сокращение.

Мы привели фактический материал, который свидетельствует, что небольшое сокращение, вызываемое раздражением нервной цепочки или кожных рецепторов, всегда сопровождается торможением. При сильных рефлекторных сокращениях торможение также наступает и при том с большою интенсивностью, чем при слабых сокращениях: оно прояв-

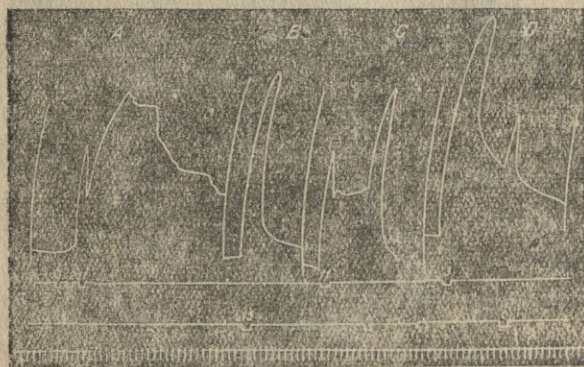


Рис. 8. Продольная спинная мышца пиявки с нервной цепочкой. Часть нервной цепочки изолирована для раздражения. А — прямое раздражение кожно-мышечного мешка сравнительно слабым фарадическим током (11 см расст. катуш.). Оно даёт сильное сокращение с длительным последствием. В — умеренное раздражение нервной цепочки фарадическим током: сильное сокращение с быстрым расслаблением после раздражения, которое происходит от торможения. С — комбинация того и другого раздражения: последствие исчезает после раздражения нервной цепочки под влиянием торможения. D — сильное раздражение кожно-мышечного мешка (3 см расст. катуш.); в ответ наступает очень сильное сокращение с длительным контрактурным последствием. Раздражение нервной цепочки не производит расслабления.

Это последствие не меняется под влиянием торможения. Это, например, хорошо видно на рис. 8—D. При некоторых слабых раздражениях кожно-мышечного мешка также наблюдается длительное сократительное

является после раздражения в устранении рефлекторного последствия и существующего тонуса. На основании этих данных мы приходим к заключению, что вообще возбуждение продольной мускулатуры пиявки всегда сопровождается торможением, что это торможение с усилением раздражения усиливается.

При раздражении кожно-мышечного мешка электрическим током безусловно должно происходить также прямое раздражение мышц. Но пороги раздражения мышц значительно выше, чем у кожных рецепторов. Вследствие этого прямой эффект может быть наблюдаем только при очень сильных раздражениях, как 1—3 см расст. катушек. Он выявляется в виде длительного контрактурного последствия.



последствие, но оно рефлекторного происхождения и потому может целиком устраниться при центральном торможении (рис. 8 — А и С). Само течение сократительного эффекта в том и другом случае неодинаково. При контрактуре сокращение имеет вид сплошного постепенно падающего тетануса; при рефлекторном же последствии сокращение протекает неровно: оно то усиливается, то ослабевает.

В вышеприведенных опытах продольный препарат пиявки был с нервной цепочкой. Отсюда можно было заключить, что торможение обуславливается деятельностью центральной нервной системы. Между тем по опытам Гогава (4) нам было известно, что продольный препарат пиявки без нервной цепочки также показывает торможение, если применить сильное тетаническое раздражение. Оно проявлялось в ослаблении существующего тонуса по прекращении раздражения.

Теперь мы поставили специальные опыты для обнаружения торможения при разных силах раздражения кожно-мышечного мешка без нервной цепочки. Мы обнаружили, что в этом препарате возникает процесс торможения и во время сокращения, вызванного пороговым раздражением. Чтобы обнаружить его, нужно пробовать тетаническое раздражение кожно-мышечного препарата во время тонического последствия, какое обычно вызывается раздражением препарата отдельными индукционными ударами. Во время комбинации последствие расслабевает и вновь усиливается по прекращении тетанического раздражения (рис. 9).

Итак, из опытов на препаратах без нервной цепочки ясно следует, что торможение мышечной деятельности может возникнуть первично не только в центральных нервных узлах, но и в периферической нервной системе кожно-мышечного мешка без нервной цепочки. Но только как эффект возбуждения — сокращение, так и эффект торможения — расслабление мускулатуры наступает в кожно-мышечном мешке без нервной цепочки от более сильных раздражений, чем в том же мешке при наличии нервной цепочки. Так, в одной серии опытов при фара-

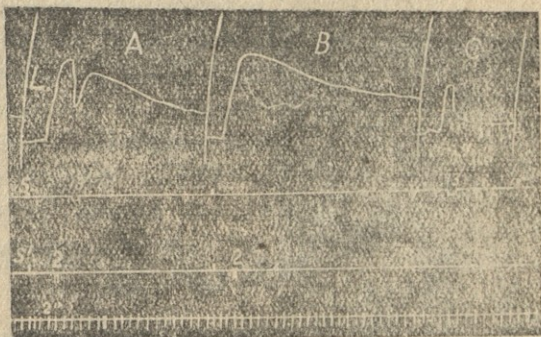


Рис. 9. Продольный препарат без нервной цепочки. В опыте А раздражением всего кожно-мышечного мешка двумя индукционными ударами (нижний сигнал — ток пропускается через весь препарат) вызывается длительное сокращение. Во время последствия производится тетаническое раздражение одного небольшого участка, которое вызывает расслабление последствия. В оп. В записан обычный эффект от раздражения кожно-мышечного мешка индукционными ударами, а в оп. С эффект тетанического раздражения в отдельности.

дическом раздражении кожно-мышечного мешка с нервной цепочкой двигательные эффекты получались при 17—18 см расст. кат., а после удаления нервной цепочки пороговый эффект получался при 12—13 см расст. кат. Ещё больше разницы наблюдалось в отношении механического раздражения: кожно-мышечный мешок с нервной цепочкой возбуждался при щипании кожи пинцетом, при прикосновении влажной кисточкой и даже при падении капли физиологического раствора. После же удаления нервной цепочки возбуждение кожно-мышечного мешка получалось только от щипания; прикосновение, капля физиологического раствора, не влияли совсем.

Эти наблюдения свидетельствуют, что слабые раздражения кожных рецепторов, как слабый фарадический ток, прикосновение — вызывают ответные реакции исключительно через нервную цепочку, сильные же раздражения их, как сильный фарадический ток и щипание, вызывают ответные реакции и без нервной цепочки прямо через периферический механизм.

Для выявления процесса торможения мы обычно применяли тетаническое раздражение. Мы пытались выявить его также при раздражениях отдельными индукционными ударами. Мы производили раздражение отдельными индукционными ударами как на препаратах с нервной цепочкой, так и на препаратах без этой цепочки. Как известно было по опытам Гогава, нередко одиночное сокращение распадается на две фазы — на начальное быстрое сокращение небольшой высоты и на последующее сокращение большей высоты с тоническим последствием. Если новый одиночный эффект вызывать во время такого тонического последствия, то иногда можно наблюдать кратковременное расслабление последнего во время первой быстрой фазы (рис. 10).

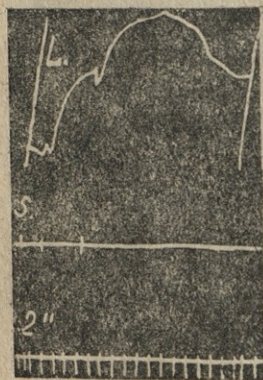


Рис. 10. Продольный препарат без нервной цепочки. Раздражается весь препарат двумя отдельными индукционными ударами. Второе раздражение производится во время тонического последствия от первого раздражения. При этом происходит уменьшение последнего во время быстрой фазы эффекта.

Раздражением нервной цепочки отдельными индукционными ударами можно вызвать значительно длительное торможение тонуса. При этом торможение тонуса может наступить с самого начала без каких-либо признаков сокращения. Это, например, хорошо видно на рис. 11, где одновременно регистрируется один участок спинной мышцы с нервной цепочкой, а другой — его продолжение без этой цепочки. Пропус-

вание индукционного удара через оба участка на первом препарате производит торможение, а на другом вызывает только длительное сокращение (оп. А и В).

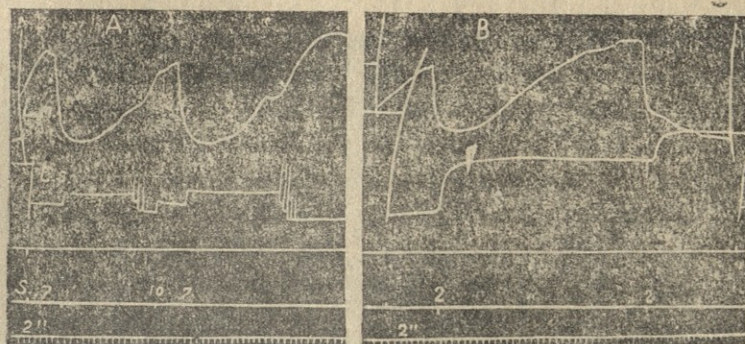


Рис. 11. Верхняя кривая от участка спинной мышцы с нервной цепочкой, нижняя от другого участка той-же мышцы без нервной цепочки. Нервная цепочка отсюда вырезана и служит для раздражения. На границе между ними мышца зафиксирована, а свободные концы связаны с миографом. В оп. А и В через оба участка пропускаются отдельные индукционные удары разной силы. От каждого удара наверху происходит длительное расслабление тонуса, а внизу длительное пластическое укорочение. Путём пассивного поднятия и опускания миографа устраняется это пластическое укорочение.

Итак, торможение может быть наблюдаемо в нервно-мышечном препарате пиявки и при раздражениях отдельными индукционными ударами как через нервную цепочку, так и помимо неё.

С. Миографическое исследование сегментальных рефлексов на кольцевой мускулатуре

Реакция кольцевых мышц нервно-мышечного препарата пиявки в ответ на то или другое раздражение нами не изучалась отдельно. Серию опытов мы провели при одновременной регистрации кольцевого и продольного препаратов из срединных сегментов пиявки. Эти опыты показали, что кольцевые препараты подобно продольным при наличии тонуса реагируют расслаблением на то самое пороговое или умеренное раздражение, которое давало небольшое сокращение при отсутствии тонуса. Торможение наступало на кольцевом препарате и при сильном раздражении. Оно хорошо выявлялось при наличии тонуса в виде расслабления тонуса до и после сокращения. Хорошая иллюстрация дана на рис. 12. Околопороговое раздражение нервной це-

почки произвело расслабление тонуса на обоих мышцах (12—А), а сравнительно сильное раздражение производит антагонистический эффект: продольная расслабевает, а кольцевая сокращается (12 В и С), но и то сокращение сопровождается торможением.

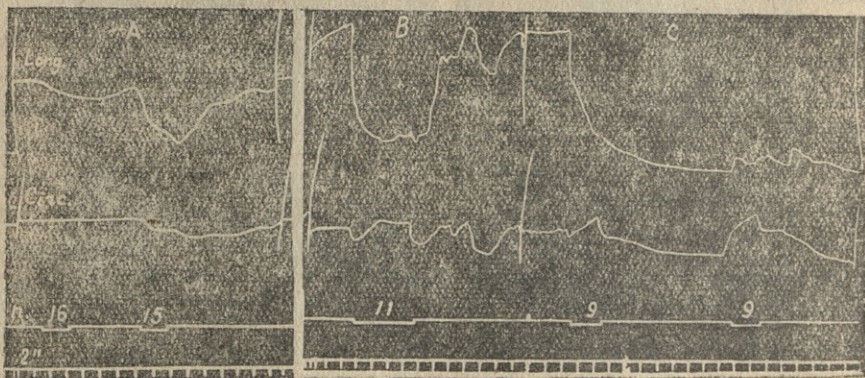


Рис. 12. Верхняя кривая от продольной мышцы, нижняя — от кольцевой. Раздражается задняя часть нервной цепочки. А—при пороговых раздражениях: обе мышцы расслабевают. В—при более сильном раздражении: продольная опять расслабевает, а кольцевая сокращается. Но как до начала сокращения, так и сейчас же после него проявляется торможение — тонус ослабевает. С—при ещё более сильном раздражении: продольная мышца расслабевает, если она была в тонусе, а в отсутствии его даёт небольшое сокращение; кольцевая — при тонусе даёт небольшое сокращение с расслаблением тонуса до и после сокращения, а при отсутствии тонуса даёт значительное сокращение.

Если кольцевой препарат без тонуса, тогда, то-же пороговое или умеренное раздражение нервной цепочки вызывает сокращение препарата. Если это сокращение при отсутствии тонуса достаточно большое, то может получиться, что при тонусе во время самого раздражения не будет значительного изменения. Оно наступает по прекращении раздражения в виде ослабления тонуса (рис. 12—В и С).

Из этих наблюдений следует, что *кольцевая мышца подобно продольной как при пороговых, так и при сильных раздражениях отвечает возбуждением и торможением вместе.*

Д. Исследование сегментальных рефлексов на антагонистических мышцах

Исходя из того факта, что оба антагониста — кольцевая и продольная мышцы — ведут одинаково при определённых условиях раздражения, ещё не следует заключать, что эти мышцы не могут вести себя подлинно антагонистически. При спонтанной деятельности, а также в

ответ на раздражение нервной цепочки сокращение одной мышцы обычно совпадает с расслаблением другой. Так, например, на рис. 13 и 14 хорошо видно, что фазные реакции, как спонтанного происхождения, так и в ответ на раздражение нервной цепочки являются вполне антагонистическими: сокращение одной мышцы более или менее совпадает с расслаблением другой. Чистые антагонистические отношения можно наблюдать, когда одна мышца находится в спонтанном сокращении, а другая расслаблена. В этом случае при раздражениях сокращённая мышца расслабляется, а расслабленная сокращается (рис. 13 и 14). Если обе мышцы более или менее сокращены, то во время раздражения обе мышцы расслабляются, но после раздражения может возникнуть антагонистический эффект: мышца с малым сокращением сократится, а другая мышца с большим сокращением, наоборот, расслабнет (рис. 13—В).

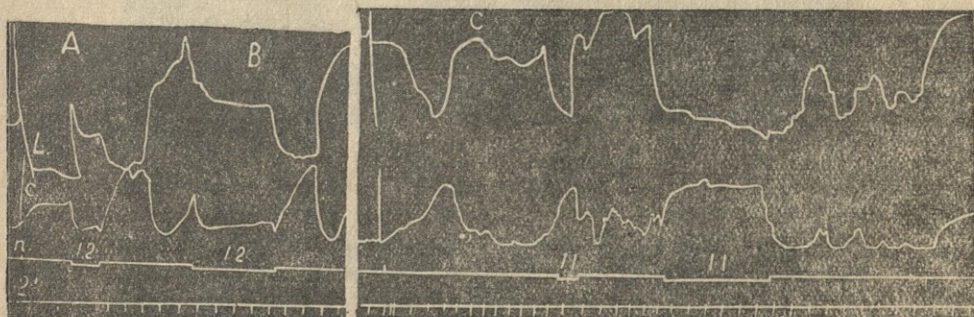


Рис. 13. Верхняя кривая от продольной мышцы, нижняя от кольцевой. Раздражается задняя часть нервной цепочки. Спонтанные антагонистические реакции. Раздражение цепочки происходит во время этих реакций: в оп. А при отсутствии сокращения на продольной мышце и при наличии его на кольцевой; в оп. В—обе мышцы находятся в сокращении; в оп. С значительное сокращение на продольной мышце. Прочие объяснения см. в тексте.

Аналогичные результаты получаются, если в момент раздражения та или другая мышца тонически сокращена: именно, тонически сокращённая мышца расслабляется, а расслабленная, без тонуса, наоборот, сокращается (рис. 14—В).

Антагонистические отношения между кольцевой и продольной мускулатурой можно наблюдать в том случае, когда данные мышцы к моменту раздражения не находятся в тонусе и спонтанно не сокращены. Это дано на рис. 15, где при пороговом раздражении нервной цепочки антагонистические реакции устанавливаются с самого начала, а

при несколько большем раздражении — сейчас после раздражения (рис. 15—А и В). При особенно сильных раздражениях антагонистическая реакция отсутствует; сокращаются обе мышцы, после раздражения обе расслабляются. Это бывает как в отсутствии тонуса, так и в присутствии его. В последнем случае при расслаблении тонус выпадает на долгое время (рис. 15—С и D).

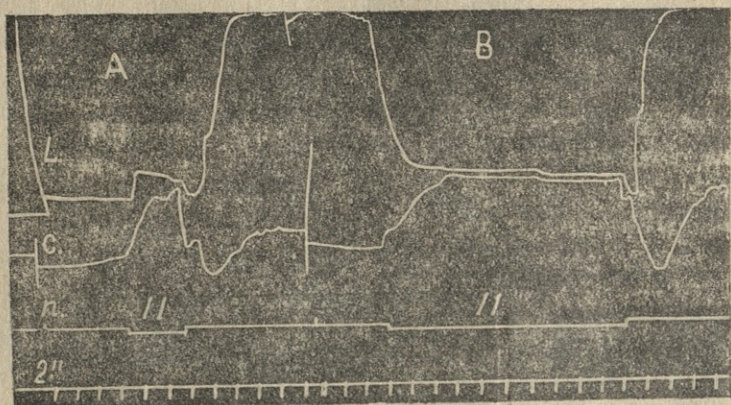


Рис. 14. Тот-же препарат, что и на рис. 12. В оп. А — обе мышцы без тонуса. В оп. В — продольная мышца находится в тоническом сокращении, а кольцевая нет. В первом случае умеренное раздражение нервной цепочки производит сокращение обеих мышц, сильное — на кольцевой; в оп. В при наличии тонуса на продольной мышце при том же раздражении продольная расслабляется, а кольцевая сокращается.

Применяя длительное раздражение нервной цепочки во время спонтанных сокращений, мы убедились, что то состояние, которое создаётся пороговым раздражением в периферическом аппарате, очень устойчивое. Оно может продолжаться минутами без изменения; та реакция, которая устанавливается в начале, может удержаться в течение многих минут. Всё это время спонтанные реакции отсутствуют. Они появляются сейчас же по прекращении раздражения. Так, например, на рис. 16 умеренное раздражение даёт небольшое сокращение на кольцевом препарате, а расслабление на продольном, и это состояние продолжалось 8 минут.

Итак, продольная и кольцевая мускулатуры при одних двигательных реакциях, а именно, при периодическом удлинении и укорочении сегментов вступают в антагонистические отношения: в одной мускулатуре верх берёт возбуждение, а в другой — торможение, благодаря чему сокращение одной мускулатуры совпадает преимущественно с расслаблением другой. В других реак-

циях обе мускулатуры возбуждаются или преимущественно тормозятся совершенно одновременно, благодаря чему они сокращаются одновременно и одновременно расслабляются, как это бывает при сильных раздражениях.

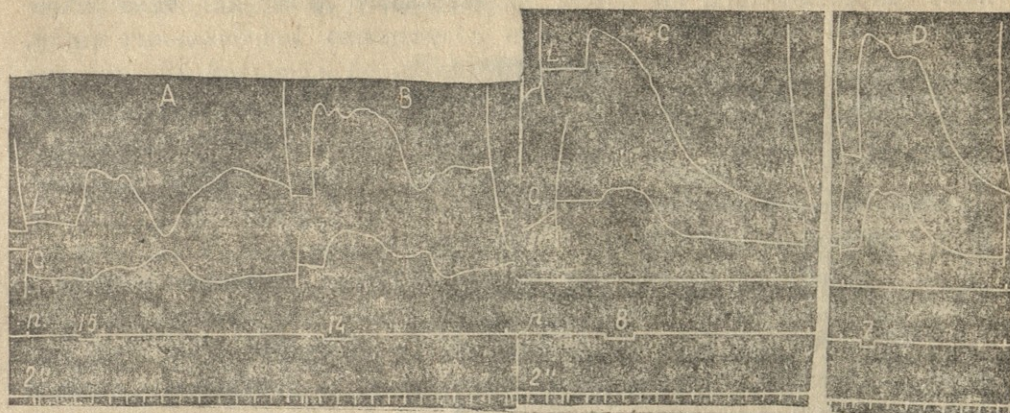


Рис. 15. Тот-же препарат, что и на рис. 12. *A* и *B* пороговое раздражение нервной цепочки вызывает ряд антагонистических реакций с самого начала. *B*—во время раздражения сокращаются обе мышцы, а после раздражения наступают антагонистические реакции. *C*—сильное раздражение при тоне на обеих мышцах, *D*—то-же при отсутствии тонуса; в этих опытах во время раздражения сокращаются обе мышцы, а затем обе расслабляются.

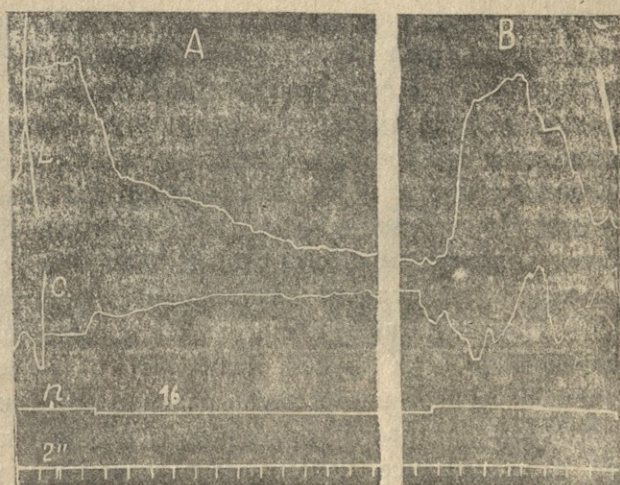


Рис. 16. Тот-же препарат, что и на рис. 14. *A*—начало длительного раздражения нервной цепочки; *B*—конец его через 8 минут. Характер эффектов всё время раздражения был такой, как на рисунке *A*: спонтанные движения всё время отсутствовали; они появились сейчас же после раздражения.

Некоторое количество опытов было произведено на брюшной и спинной половинках срединных сегментов пиявки.

Как известно, спинная и брюшная продольные мускулатуры выступают как антагонисты во время плавательного движения: тело уплотняется дорсо-вентрально благодаря сокращению диагональных мышц, а благодаря антагонистической работе брюшной и спинной мускулатуры тело изгибается то в брюшную, то в спинную сторону. Координации этих плавательных движений не зависят от головных или хвостовых ганглий, ибо они происходят и после удаления головы и хвоста. Следовательно, координация плавательных движений в основном обуславливается деятельностью сегментальных нервных узлов.

На суше или на воздухе в определённых условиях спинная и брюшная продольные мышцы также выступают как антагонисты. Это бывает при спонтанных изгибаниях тела в брюшную и спинную сторону, а также в ответ на раздражение кожи на брюшной и спинной стороне. Как уже указывалось выше, большей частью на стороне раздражения продольная мускулатура расслабевает, а на другой она сокращается, например, при раздражении кожи на спинной стороне вследствие такой реакции спина выпячивается, концы препарата изгибаются в брюшную сторону.

Для изучения координированной иннервации брюшной и спинной мускулатуры миографическим путём мы поступали, как было указано в методике. Активное состояние вызывалось на них как спонтанно, так и в ответ на раздражение кожи или нервной цепочки. Характер реакций в одних случаях был антагонистический, а в других — синергетический. В случае тетанического раздражения характер реакции зависел от силы раздражения и от тонуса той и другой мышцы, как это было отмечено выше насчёт антагонистической пары из продольной и кольцевой мускулатуры. Но, как это уже указывалось выше, большое значение имеет также раздражаемая сторона. В большинстве случаев на раздражаемой стороне происходит удлинение, а на другой укорочение (рис. 17—А и В). Однако бывает и так, что на раздражаемой стороне происходит сокращение, а на другой, наоборот, сокращения нет или оно расслабевает и наступает вновь после раздражения (рис. 17—С).

При механическом раздражении кожных рецепторов, как прикосновение кисточкой и приложение капли физиологического раствора, на антагонистических мышцах наступают такие реакции, как от слабого фарадического раздражения. Если обе мышцы находились в сильном тонусе, то обе они расслабевают с самого начала, или после небольшого начального усиления тонуса (рис. 18—А и В). При этом не имеет значения, где происходит раздражение: на брюшной или на спинной стороне: в обоих случаях реакция расслабления тонуса может наступить на

обеих мышцах. В отсутствие тонуса или при слабом тонусе может получиться антагонистический эффект от такого же слабого механического раздражения, ибо наименее тоничная мышца только сократится, а более тоническая даст расслабление (рис. 18).

Рис. 17. Верхняя кривая от продольной спинной мышцы, а нижняя от брюшной. Раздражается тетанически кожа на брюшной стороне. В оп. А—сокращаются обе мышцы, но брюшная мышца начала расслабевать ещё во время раздражения. В оп. В—при более слабом раздражении брюшная мышца начинает расслабление ещё раньше. По прекращении раздражения расслабление резко увеличилось. В оп. С—раздражается кожа на спинной стороне. Во время раздражения спинная мышца сокращается, а брюшная даёт небольшое начальное вздрагивание; после раздражения спинная мышца расслабевает, а брюшная сокращается.

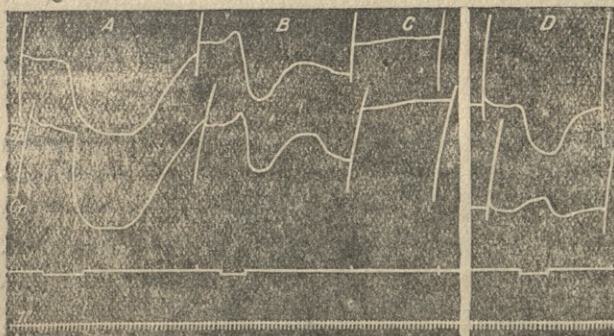
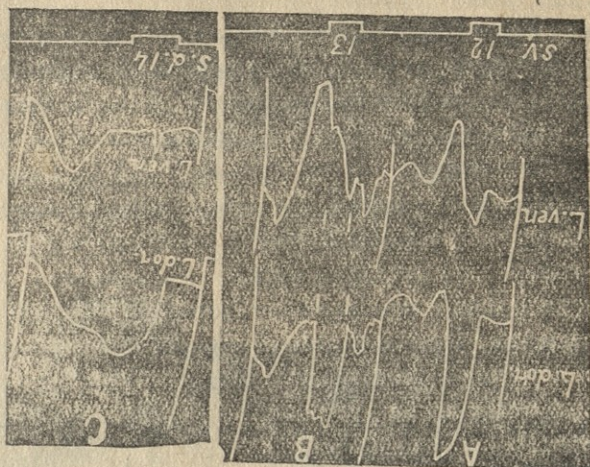


Рис. 18. Верхняя кривая от брюшной половины средних сегментов, нижняя кривая от спинной половинки. А—капля физиологического раствора на брюшную половинку: расслабление тонуса с самого начала; В—капля физиологического раствора на спинную половинку: сначала усиление тонуса, а затем расслабление; С—состояние высокого тонуса без раздражения; D—состояние низкого тонуса с раздражением спинной половинки кисточкой: на брюшной стороне расслабление, а на спинной—сокращение. Моменты механического раздражения обозначаются сигнальной линией.

Итак, миографическое изучение брюшной и спинной мускулатуры показывает, что эти мышцы также могут показывать чисто антагонистические отношения, что эти отношения устанавливаются благодаря преимущественному возбуждению одной продольной мускулатуры и преимущественному торможению

нию другой. Благодаря этому должно происходить координированное изгибание сегментов в брюшную или спинную сторону, как это бывает при плавательных движениях.

Е. О влиянии кураре на сегментальные рефлексы

После того как установили, что во время рефлекторных реакций торможение может складываться и в периферическом нервном аппарате, мы попытались воздействовать на этот аппарат путём кураре.

Кураре, как известно, у позвоночных животных парализует двигательные нервные окончания в мышцах и вообще синаптическую передачу. В отношении беспозвоночных, наоборот, отрицается такое влияние кураре (Straub 5, Biederman 6, Furst 7). Мы один раз испытали влияние 1% раствора кураре и оказалось, что после длительного действия кураре раздражение нервной цепочки перестаёт влиять на мускулатуру. Поэтому мы провели серию опытов для выяснения вопроса — на что именно действует кураре.

Мы брали препарат, где нервная цепочка была изолирована только из одной половины его. В одних случаях регистрировались обе половинки препарата, а в других та половина, которая ещё содержала нервные узлы. Раздражению подвергалась как нервная цепочка, так и кожно-мышечный мешок.

После определения порогов для обоих раздражений и записи рефлекторных реакций при разных силах раздражения, весь препарат кроме раздражаемой части нервной цепочки опускался в 1% раствор кураре. Временами раздражалась нервная цепочка, часть которой оставалась вне раствора кураре.

Когда эффекты от этого раздражения почти исчезали, препарат вынимался из раствора кураре и раздражался весь кожно-мышечный мешок.

Опыты показали, что в течение 20—30 минут после погружения в раствор кураре раздражение нервной цепочки производит двигательный эффект всё слабее и слабее, но даже после 30 минут можно было наблюдать небольшие сокращения даже при умеренных раздражениях. Причём эти сокращения не усиливались с усилением раздражения (см. рис. 19—А до отравления и рис. 19—D после отравления).

Одновременно с падением рефлекторной деятельности на раздражение цепочки ослабевает и спонтанная деятельность, а также центральный тонус. Первоначально, сейчас же после погружения в раствор, спонтанная деятельность усиливается (рис. 19—С). Но мы установили, что это происходит не от действия кураре, а от раздражения кожных рецепторов от прикосновения воды. Аналогичное усиление получается от погружения в воду или в физиологический раствор.

Если мы сравним эффекты прямого раздражения кожно-мышечного мешка до погружения в кураре и после извлечения из него, то оказывалось, что в этом случае двигательные эффекты наступали после кураре

и хорошо усиливались с усилением раздражения как и до действия кура-
раре (рис. 19—В и Е). При этом порог раздражения повышался очень
немного — на 2—3 см расст. кат. Несмотря на это под влиянием кура-
раре безусловно происходят определённого рода изменения в перифериче-
ском эффекте: а именно, сильное раздражение нервно-мышечного мешка
более не производит длительного тормозящего последствия. Так,
например, на рис. 20 до отравления раздражение кожно-мышечного
мешка при 9 и 7 см производит сильное сокращение с сильным тормо-
озящим последствием, а после отравления, когда нервная цепочка
перестала давать эффекты, то же раздражение мешка и даже ещё боль-
шее — 4 см вызывало сильное сокращение с длительным возбуждаю-
щим последствием.

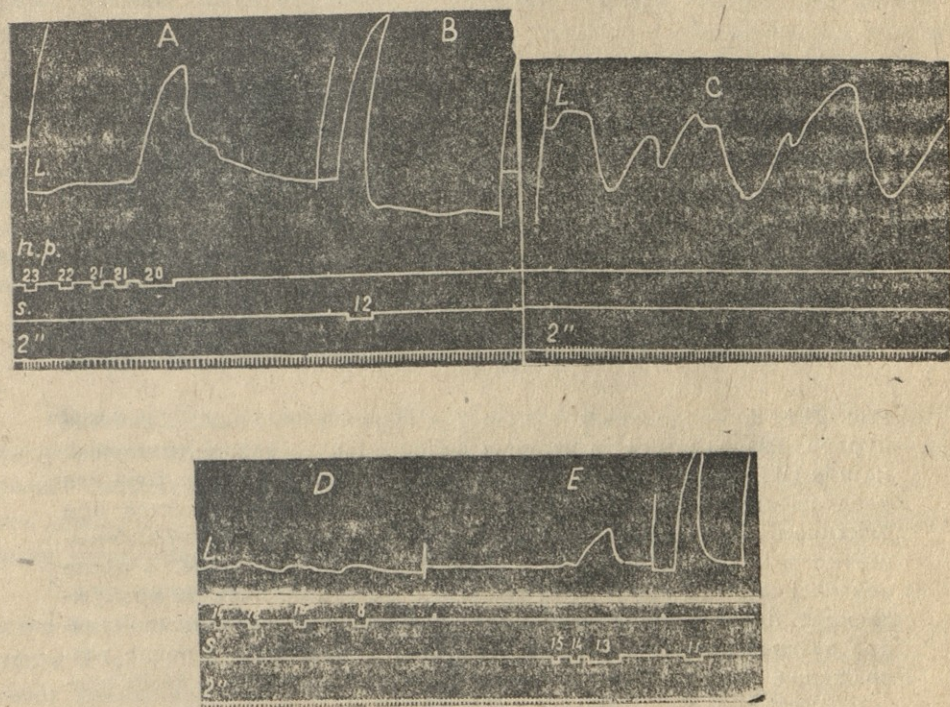


Рис. 19 1—II. Продольный препарат с нервной цепочкой. Действие 1% раствора кура-
раре. Раздражается тетанически нервная цепочка (верхний сигнал) и кожно-
мышечный мешок (нижний сигнал). А и В до погружения в раствор кура-
раре. Определяется порог раздражения цепочки (около 20 см) и испытывается силь-
ное раздражение кожно-мышечного мешка (12 см). С—сейчас после погружения
в раствор кура-раре — усиленная спонтанная деятельность. D—через 25 мин. после
погружения — спонтанная деятельность отсутствует, тоническое состояние
сильно ослабло; порог раздражения цепочки 14 см, но такой малый эффект
получается и при 8 см. E—через 27 мин. порог раздражения кожно-мышечного
мешка около 14 см, эффект усиливается с усилением раздражения. Препарат
был вынут из раствора кура-раре.

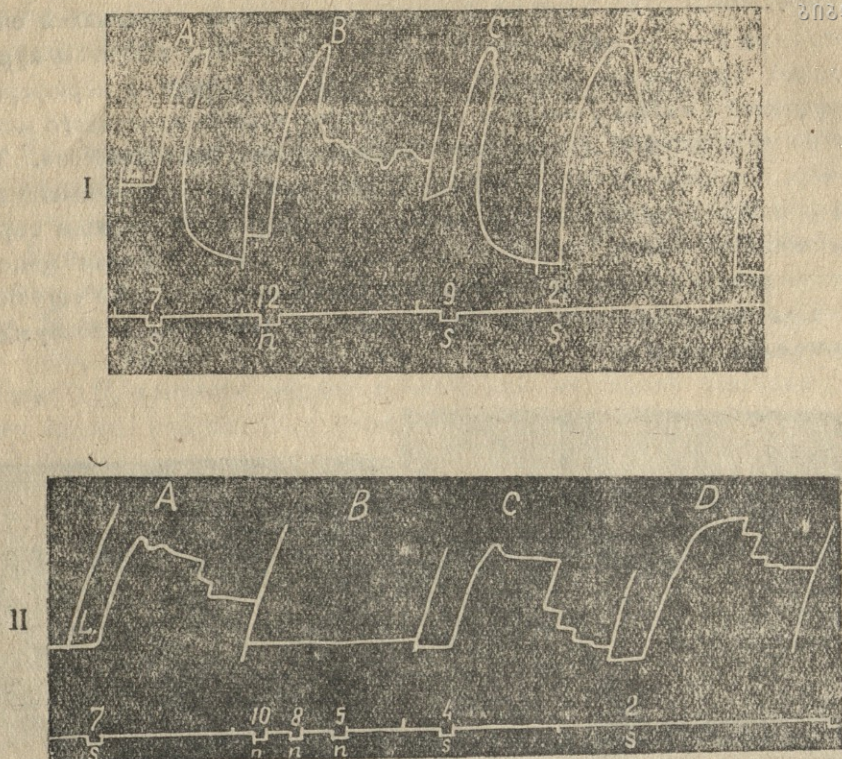


Рис. 20 I—II. Продольный препарат с нервной цепочкой. Действие кураре. Раздражается то нервная цепочка (n), то кожно-мышечный мешок (s). I—до погружения в раствор кураре. II—после того как раздражение нервной цепочки перестало вызывать реакцию под влиянием кураре. До отравления сильное раздражение кожно-мышечного мешка производило тормозящее последствие, а после отравления такое же и даже большее, наоборот, сильное возбуждающее последствие. Одновременно пробуеться сверх-максимальное раздражение (2 см) кожно-мышечного мешка до и после раздражения. Оно вызывает одинаково сильные эффекты с возбуждающим последствием.

Из этих наблюдений можно было заключить, что кураре парализует передачу возбуждения на мускулатуру, но не устраняет прямого действия электрического тока на мускулатуру. Но дело в том, что в норме двигательные эффекты не должны вызываться прямым действием электрического тока на мышцу, если только не применялись сверхмаксимальные силы раздражения. Пороговое, умеренное и даже довольно сильное раздражение кожно-мышечного препарата с нервной цепочкой

производили эффекты возбуждения и торможения, как раздражение та-кого же препарата без нервной цепочки. Это свидетельствует, что в обоих случаях двигательные эффекты наступают, как уже указывалось выше, путём возбуждения периферического нервного аппарата. Прямое действие электрического раздражения на мускулатуру видимо происходит при таких сверхмаксимальных раздражениях, как 2—3 см. На рис. 20—I D и 20—II D приводятся эффекты от такого сильного раздражения до и после отравления. Они действительно оказались не изменёнными. В обоих случаях получились сильные эффекты с длительным последствием сокращения.

Если бы кураре действовало на двигательные окончания, тогда умеренные и даже значительной силы раздражения кожно-мышечного мешка должны были перестать вызывать вообще эффект. Но фактически раздражения вызывали такие же по существу эффекты, как в норме. Произошло только усиление возбуждающего последствия, благодаря выпадению торможения. Из этого анализа явлений для нас стало ясно, что прекращение ответных реакций на раздражение нервной цепочки после отравления кураре обуславливается не параличем двигательных окончаний в мышечных клетках, а действием его на нервную цепочку, на передачу возбуждения в нервных узлах от чувствительных или ассоциационных нейронов, которые раздражаются в нервной цепочке вне отравленной области, на двигательные клетки, которые находятся в отравленной области.

В ы в о д ы

Исследуется механический эффект кожно-мышечного мешка медицинской пиявки, в ответ на механическое и электрическое раздражение кожных рецепторов брюшной нервной цепочки. Цель работы — выяснить принцип координации антагонистических (продольных и кольцевых) мышц срединных сомитов пиявки.

Было установлено, что при раздражении нервной цепочки или кожно-мышечного мешка возбуждение продольной мышцы происходит вместе с торможением и что характер внешнего эффекта обуславливается взаимодействием этих двух противоположных процессов.

При механическом и электрическом раздражении кожной поверхности на препаратах без нервной цепочки точно также наступает как сокращение, так и торможение. Сокращение получается почти при таких силах раздражения, как на препаратах с нервной цепочкой. Торможение же получается на них при сравнительно сильных тетанических раздражениях или при сильных индукционных ударах.

Торможение, вызванное раздражением, может длиться долго как и сокращение. В это время прекращаются спонтанные движения. Но они наступают сейчас же после прекращения раздражения.

При одновременной регистрации антагонистических мышц продольной и кольцевой мускулатуры можно наблюдать на них настоящие антагонистические реакции: сокращение одной мышцы и удлинение другой, вызванное торможением. Эти реакции наступают как спонтанно, так и в ответ на пороговое или умеренное раздражение кожи или нервной цепочки. Антагонистические реакции наступают как при наличии тонуса на мышцах, так и в отсутствии его. При пороговых раздражениях можно наблюдать торможение обеих мышц. При очень сильных раздражениях, наоборот, сокращаются обе антагонистические мышцы. Но после раздражения обе мышцы расслабляются более или менее быстро, увлекая за собой и существующий центральный тонус.

Отсюда следует, что при всякого рода раздражениях торможение одновременно наступает как на продольных, так и на кольцевых мышцах, что, следовательно, торможение является общим.

При одновременной регистрации брюшной и спинной половинок кожно-мышечного мешка также можно наблюдать антагонистические реакции. Они наступают при сравнительно слабых раздражениях кожной поверхности. Обычно спинная половинка укорачивается, а брюшная удлиняется.

● Погружение препарата в 1% раствор кураре на 25—30 мин. устраняет двигательные реакции в ответ на раздражение нервной цепочки, но не устраняет их от прямого раздражения нервно-мышечного мешка. В последнем случае наблюдается только небольшое повышение порогов и ещё полное исчезновение торможения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rogers Ch. G., Textbook of Comparative Physiology, London 1927.
2. Jordan H. L., Allgemeine vergleichende Physiologie der Tiere, Berlin u. Leipzig 1929.
3. v. Buddenbrock W., Grundriss d. vergleichenden Physiol., Berlin 1928.
4. Гогава М., Сообщ. Акад. Наук Груз. ССР, 5, 711, 1944.
5. Straub W., Pflüger's Arch., 79, 389, 1900.
6. Biederman W., Pfl. Arch., 46, 398, 1890.
7. Furst M., Pfl. Arch., 43, 367, 1890.

J. Beritoff and M. Gogava

The coordination of the segmental reflexes in the leech

Summary and Conclusions

Investigations were carried out on the mechanical effects of the body wall of *Hirudo medicinalis*, in response to the mechanical and electric stimulation of the skin receptors and of the ventral nerve chain. The aim was to study the fundamental nerve processes by which the antagonistic reactions of the longitudinal and circular muscles are coordinated. These muscles were isolated together with the skin without destroying the nerve connections. Their mechanical effect was studied by observing by the eye and by means of myographic registration. In the latter case one end of a muscle was fixed and the other was connected with the myograph.

In the back and front half of the leech, and also in preparations from the middle segments of a leech, i. e. without the head and tail end, at some moderate mechanical and electric stimulations of the skin, a series of coordinated movements can be observed such as elongation and shortening with bending to the spinal or ventral side. Such movements may take place spontaneously both on land and in water. At some strong stimulations, such as a pin prick or faradisation with a distance of 5 cm between the induction coils, a general shortening of the animal sets in.

When studying the reflex reactions in the dorsal body wall myographically, we ascertained that threshold and moderate stimulation of the nerve chain or directly of the skin, evokes in the first place contraction in the longitudinal muscle, after which follows relaxation, if the preparation has been in a state of tonus (fig. 1 and 2 in the Russian text). If stimulation is produced in the absence of tonus, then the response of the muscle consists only of a small contraction (fig. 2—E). But this small contraction is sometimes replaced after stimulation by a rebound contraction (fig. 5—A).

A more considerable stimulation in the presence of tonus produces, in the beginning, contraction or strengthening of tonus, and afterwards a weakening of it (fig. 1—B, 3—B). In the absence of tonus these same strong stimulations only gave contraction, with a more or less considerable after-action of contraction (fig. 5—A, 4—B). In some cases a strengthening of the stimulation produces not a strengthened contraction but, on the contrary, a weakened one (fig. 6).



When two tetanic stimulations are combined, one of which causes a considerable contraction of the longitudinal muscle, and the other—a very slight contraction, the large contraction weakens. This happens in the case when one stimulation is applied to the ventral nerve chain from the head part of the body and the other—to that same chain from the tail part (fig. 7) and also in the case when one stimulation is applied to the chain and the other to some part of the surface of the skin.

When the surface of the skin is stimulated by single induction shocks a considerable fall of tonic contraction may also be observed (fig. 11).

On the basis of the facts stated, we concluded that when the nerve chain or skin receptors are stimulated, excitation of the longitudinal muscle arises along with inhibition, and that the nature of the external effect is conditioned by the interaction of these contrary processes.

When the skin surface in preparations without a nerve chain is stimulated mechanically and electrically, in exactly the same way both contraction and inhibition are produced (fig. 9 and 10). Contraction is produced by such strengths of stimulation as it is in preparations with a nerve chain. Inhibition is obtained in them by comparatively strong faradisation or by strong single induction shocks (fig. 11).

Inhibition induced by a prolonged stimulation may last a long time, i. e. for many minutes. During this time spontaneous movements cease. But they appear again at once after stimulation ceases (fig. 16).

During the simultaneous recording of the longitudinal and circular musculature, it is possible to observe a real antagonistic action in them; the contraction of one musculature and the elongation of another, due to inhibition. These reactions appear as spontaneously as they do in response to threshold or moderate stimulation of the skin or nerve chain (fig. 13—14). Antagonistic reactions arise both in the presence of tonus in muscles and in its absence (fig. 15—A and B). At threshold stimulations inhibition can be observed in both muscles (fig. 12—A). At very strong stimulations, on the contrary, both antagonistic muscles are contracted. But after stimulation both muscles relax more or less quickly, and with this the existing tonus also weakens (fig. 15—C and D).

When the ventral and dorsal half of the body wall are registered simultaneously, antagonistic reactions can be observed in the same way. They appear at comparatively weaker stimulations of the surface of the skin. Usually the dorsal half shortens and the ventral half lengthens (fig. 17).

The immersion of the preparation in a solution of curare for 25—30 minutes removes the motor reactions in response to stimulation



of the nerve chain (fig. 19—A before the action of curare and fig. 19—D 25 minutes after curare), but does not remove those due to direct stimulation of the body wall (fig. 19—B and E). In the latter case, only a small rise of the threshold is noticed and also the complete disappearance of inhibition; the inhibiting after-action after strong tetanic stimulation is absent as well (fig. 20—I before curare, fig. 20—II after curare where s denotes the stimulation of the body wall and n—of the ventral nerve chain).

И. Бериташвили (Беритов)

О возбуждении и торможении в рефлекторных реакциях нервно-мышечного препарата серединных сомитов пиявки

В работе, произведённой нами совместно с М. Гогава, установили принципы координации антагонистических мышц срединных сомитов пиявки. Нами было показано, между прочим, что при пороговых (механических, электрических) раздражениях нервной цепочки или кожно-мышечного мешка наступает общее торможение продольной и кольцевой мускулатуры. При усиленном раздражении наступает также сокращение. Но при этом общее торможение усиливается. При некоторых значительных раздражениях сокращаются все мышцы более или менее значительно, но в этих случаях и торможение наступает в ещё более значительной форме. Оно проявляется после раздражения в виде расслабления тонуса, существующего до раздражения.

Торможение мускулатуры пиявки двойкого рода — центральное, происходящее через нервные узлы, и периферическое, помимо нервной цепочки. Как одно, так и другое торможение может наступить не только при тетаническом раздражении, но и при раздражении отдельными индукционными ударами.

При одновременной записи антагонистических мышц выяснилось, что продольная и кольцевая мускулатуры в определённых двигательных реакциях, а именно, при периодическом удлинении и укорочении сомитов, вступают в антагонистические отношения: в одной мускулатуре верх берёт возбуждение, а в другой торможение, благодаря чему сокращение одной мускулатуры совпадает преимущественно с расслаблением другой. Точно также брюшная и спинная мускулатуры в определённых условиях показывают чисто антагонистические отношения.

Задача настоящей работы выяснить те основные нервные процессы, которые обуславливают вышеприведённые координированные реакции. Для этой цели было предпринято осциллографическое исследование биотоков нервно-мышечного препарата пиявки.

Мы отводили биотоки от кожной поверхности сомитов и от нервной цепочки в осциллограф катодных лучей. Отведение биопотенциалов через рез усилитель переменного тока с емкостной связью.

Результаты осциллографического исследования

Электрическая активность нервной цепочки изучалась путём отведения небольшого участка в 5 мм, который включал всего один узел. Если нервная цепочка не подвергалась специальному раздражению, электрическая активность выражалась в очень небольших колебаниях высокой частоты — не более $15 \mu V$ или же она совершенно не была заметна. Когда электрическая активность была хорошо заметна, продолжительность отдельных колебаний была довольно мала, около 0,005 сек. (рис. 1—А). При раздражении замыканием постоянного тока нарастала амплитуда колебаний электрического потенциала. Если раздражение производилось поблизости на расстоянии 5 мм — через один узел — амплитуда колебаний нарастала до $100 \mu V$. При раздражении более отдалённых участков на расстоянии 30—50 мм, через несколько узлов, амплитуда колебаний повышалась меньше. Размыкание постоянного тока также усиливало электрический эффект, но значительно слабее. Так, например, на рис. 1—А, при раздражении на расстоянии 5 мм, амплитуда колебаний около $70 \mu V$, а на расстоянии 40 мм не более $20 \mu V$. Частота колебаний в обоих случаях 150—200 в сек.

В одних случаях электрические колебания протекали по двойному ритму — большие колебания большой длительности по ритму 40—60 в сек. и мелкие колебания низкой частоты до 200 в сек. Последние колебания располагались на фоне медленных, как это, например, видно на рис. 2—В.

Рис. 1, табл. I. 2/XI—1940. Осциллограмма брюшной нервной цепочки. А — один отводящий электрод на нервном узле, другой на расстоянии 5 мм на коннективе. Раздражается соседний нервный узел на расстоянии 5 мм замыканием и размыканием постоянного тока в 1 вольт. В — отводится через 4 нервных узла на расстоянии 40 мм от раздражаемого участка. Раздражается замыканием и размыканием постоянного тока. Момент замыкания и размыкания отмечается артефактом — большим колебанием. Прочие объяснения см. в тексте. Время по 0,05 сек.

Рис. 2, табл. I. Осциллограмма брюшной нервной цепочки. Отводится посередине нервной цепочки: один полюс на нервном узле, а другой на коннективе. Раздражается через узел на расстоянии 5 мм замыканием постоянного тока 0,5 вольта. А — до раздражения. В — во время раздражения. Время 0,05 сек. Прочие объяснения см. в тексте.

Тот факт, что чем дальше отводимый участок от раздражённого, тем слабее амплитуда биотоков, указывает, что возбуждение распространяется по нервной цепочке с декрементом. Но этот декремент дол-

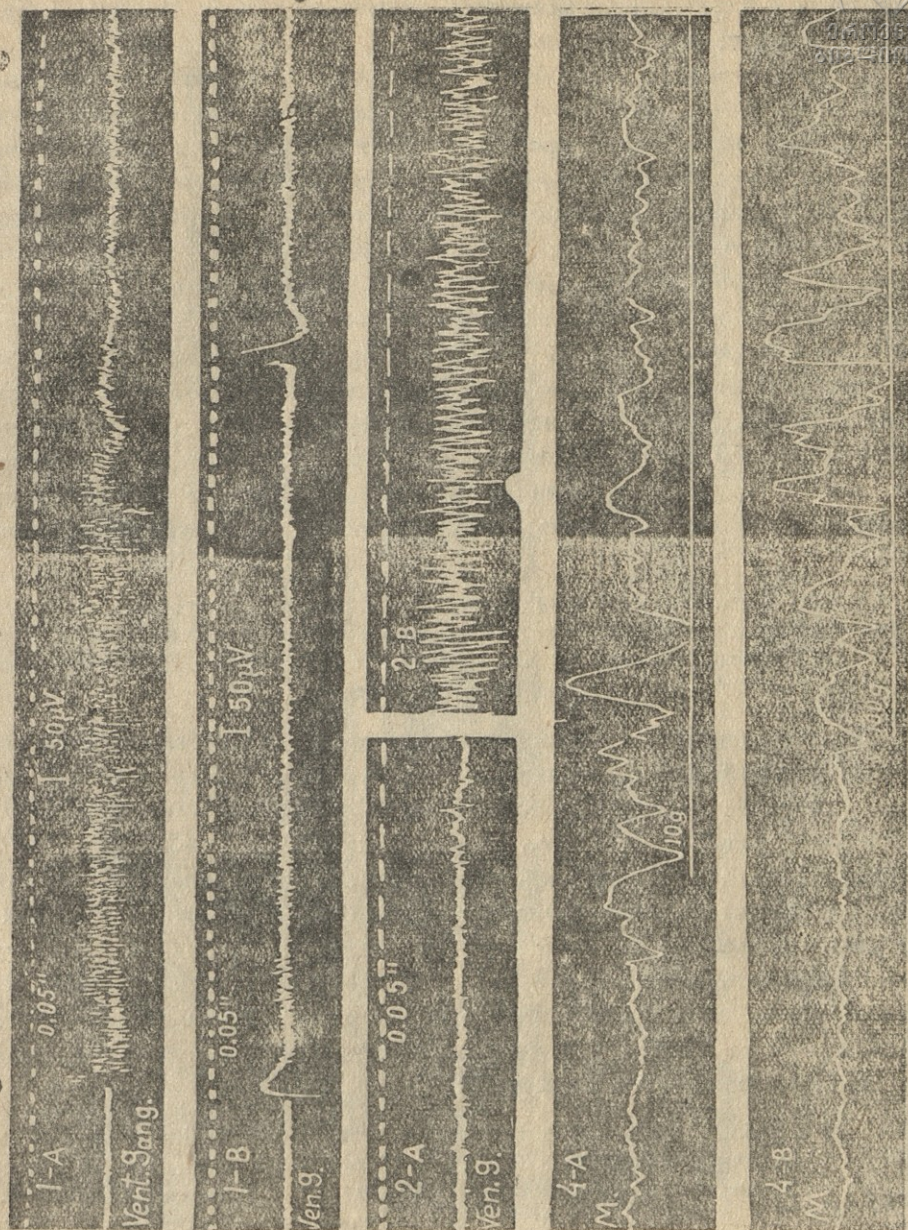


Табл. 1.

жен быть иного происхождения, чем в обычном нервном стволе беспозвоночных. Возбуждение по цепочке может распространяться по чувствительным и ассоциативным волокнам. В нервных узлах прерываются эти пути. Вследствие этого при раздражении одного узла и одного

коннектива в ближайшем коннективе должно оказаться больше возбужденных волокон, чем в дальнейших.

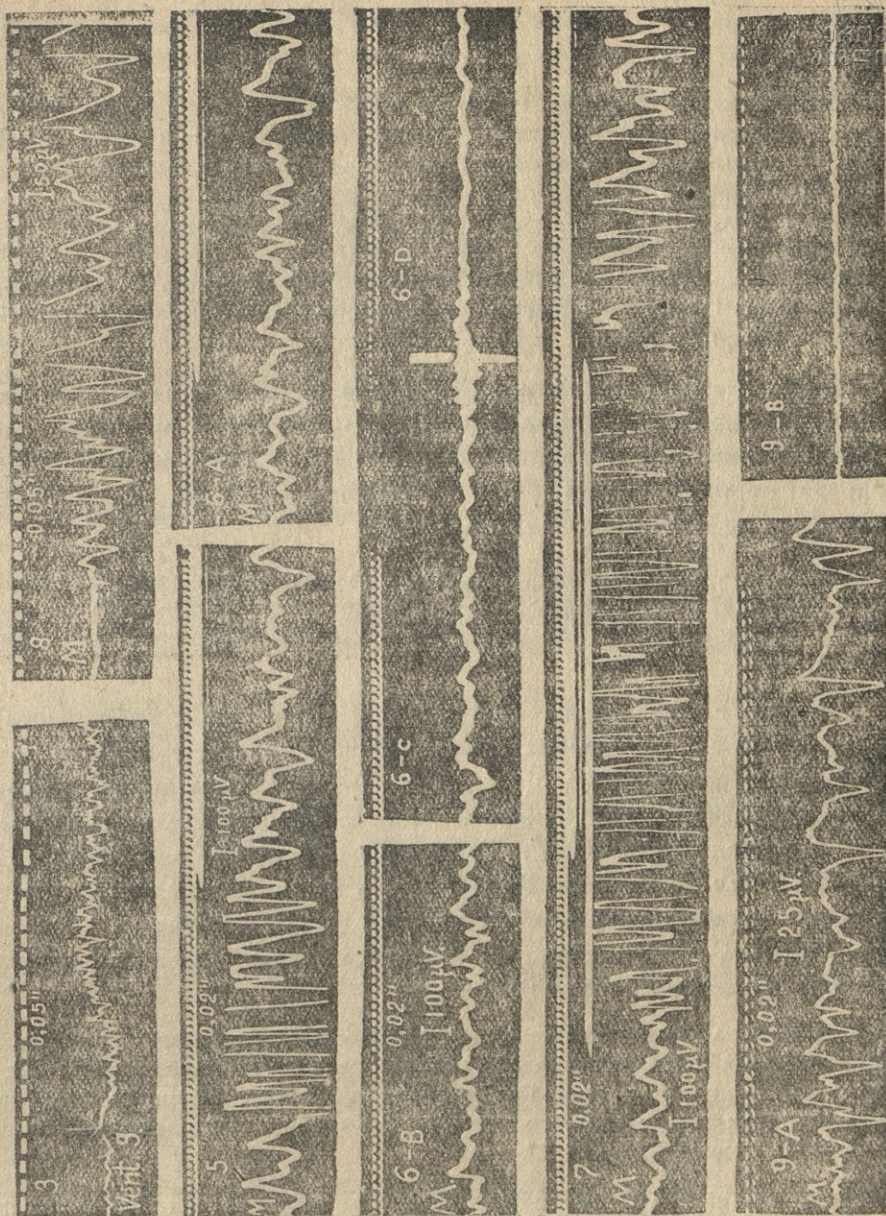
Скорость распространения возбуждения по нервной цепочке была около 60 см в сек. Она измерялась по скрытому периоду электрической реакции нерва, наступающей в ответ раздражения на расстоянии 36—50 мм от раздражаемого участка. Так как электрический эффект всегда начинается с малых колебаний потенциала, которые потом нарастают, то можно утверждать, что начальное колебание отвечает наиболее прямому пути. При отведении участка на расстоянии 5 мм электрический эффект сразу начинается большими колебаниями. Это явление хорошо выступает на рис. 1. Но здесь начальный эффект несколько деформирован артефактом, а потому для наилучшей иллюстрации приводим ещё рис. 3, который заснят на расстоянии 50 мм и где имеется очень небольшой артефакт (стрелка!), который служит хорошим моментом для учёта времени реакции. Оно здесь равняется 0,08 сек.; при расстоянии 50 мм. скорость распространения возбуждения составит около 60 см в сек.

Рис. 3, табл. II. Осциллограмма нервной цепочки. Отведение происходит на расстоянии 50 мм от раздражаемого участка. Раздражение производится замыканием постоянного тока в 1 вольт. Момент замыкания отмечается стрелкой. Время по 0,05". Прочие объяснения см. в тексте.

Кожно-мышечный мешок пиявки при отведении срединных сегментов без раздражения и без нагрузки, т. е. без растяжения всегда даёт более или менее длительные колебания небольшой амплитуды. Длительность колебания 0,1—0,05 сек., а высота не более 25—50 μV (рис. 4). Но при раздражениях, как, например, растяжение препарата, электрическая активность сильно нарастает, как в отношении амплитуды, так и в отношении частоты колебаний электрического потенциала. Амплитуда может увеличиться до 500 μV и выше, частота до 35—60 в сек. Эти большие колебания очень длительны по ритму 5—15 в сек. Другие колебания более быстрые и малой амплитуды располагаются на фоне больших колебаний (рис. 4—А и В).

Рис. 4, табл. I. Осциллограмма кожно-мышечного мешка с нервной цепочкой. Один конец препарата зафиксирован, а другой конец снабжён крючком для нагрузки. А—сначала без нагрузки — длина препарата 14 мм. Затем нагрузка в 50 г. Препарат удлиняется до 27 мм. В—сначала без нагрузки, затем нагрузка 100 г. Препарат удлиняется опять до 27 мм. Момент нагрузки отмечается белой линией.

Такое же изменение биотоков кожно-мышечного мешка наблюдается при спонтанном сокращении и расслаблении. Во время спонтанного укорочения препарата амплитуда и частота биотоков повышается. Во время удлинения происходит наоборот. Чем больше удлиняется пре-



Таб. II.

натур, тем слабее электрическая активность. На рис. 5 дана разная степень удлинения, но во всех случаях ритм колебаний не больше 30—35 в 1 сек., если даже сосчитать все малейшие колебания. Амплитуда же тем меньше, чем больше удлинение препарата. В определен-

ных случаях при спонтанном удлинении электрическая активность **мышцы** почти сходит на нет, как это дано на рис. 6.

Рис. 5, табл. II. 13/VI—41. Осциллограмма кожно-мышечного мешка при спонтанном сокращении. Препарат нагружен 6 граммами. Наверху белая линия указывает на момент сокращения. Оно начинается позднее сильных биотоков возбуждения, которые вызвали сокращение. Время по 0,02°.

Рис. 6, табл. II. 15/VI—41. Осциллограммы кожно-мышечного мешка. А—во время спонтанного сокращения. Наверху белая линия отмечает усиленное спонтанное сокращение, В—начало спонтанного удлинения, С—дальнейшее удлинение через 1 мин. D—конец удлинения через 2 мин. Здесь электрическая активность сходит на нет.

При электрическом раздражении нервной цепочки наступают точно такие же электрические эффекты в кожно-мышечном мешке как при спонтанном сокращении. Так, например, на рис. 7 электрический эффект препарата от раздражения нервной цепочки такой же, как на рис. 5 в самом начале спонтанного сокращения.

Рис. 7, табл. II. Тот-же препарат, что и на рис. 4. Раздражаются нервные цепочки конденсаторными разрядами с напряжением 4 V. Нижняя белая линия отмечает время действия раздражения, а верхняя—состояние укорочения. Время по 0,02°.

Передача возбуждения от нервной цепочки на кожно-мышечный мешок происходит с задержкой на 0,01—0,02 сек. Это хорошо видно на рис. 8, где раздражение цепочки происходит замыканием постоянного тока и регистрируется небольшой артефакт от петли тока. Здесь скрытый период около 0,03". Раздражение цепочки производится на расстоянии 5 мм от мышцы. Если вычесть время раздражения цепочки и время распространения возбуждения по цепочке, которое составляет около 0,02 сек., то на передачу возбуждения от нервных окончаний на мышцу приходится около 0,01 сек.

Рис. 8, табл. II. Осциллограмма кожно-мышечного мешка от того же препарата, как рис. 1. Раздражается нервная цепочка на расстоянии 5 мм от мышцы замыканием постоянного тока силой в 1 вольт. В начале небольшой эффект от петли раздражающего тока. Через 0,05 сек. начинается электрический эффект мышцы. Время 0,02°.

Из сравнения электрических эффектов нервной цепочки и кожно-мышечного мешка ясно видно, что *электрическая реакция кожно-мышечного мешка не выражает биотоков возбуждения нервов или нервных узлов, находящихся в отводимом кожно-мышечном мешке. Эта электрическая реакция находится в тесной связи с сокращением продольных мышц: при укорочении она усиливается, при удлинении ослабевает. На этом основании можно утверждать, что она выражает биотоки возбуждения мышечных волокон, в первую очередь продольной мускулатуры.*

Из приведённых наблюдений также следует, что при передаче возбуждения от нервной цепочки к мышцам происходит сильная трансформация ритма возбуждения: под влиянием нервных импульсов около 100—200 в сек. в мышцах возникает возбуждение по ритму 20—60 в сек.

Мы исследовали также кожно-мышечный мешок после удаления нервной цепочки. Такой препарат, как известно по работе Гогава, может находиться в тонусе. Если мышца не находится в тоническом состоянии, она не показывает никакой электрической активности (рис. 9—В). Если же она в тоническом состоянии, то в ней возникают электрические колебания по небольшому ритму 20—25 в 1 сек. с небольшой амплитудой 10—20 μV (рис. 10).

Рис. 9, табл. II. 29/VI—41. Кожно-мышечный мешок из срединных сегментов. Одна половина лишена нервных узлов. Препарат висит вертикально с нагрузкой в 5 г. А—отводится участок с нервной цепочкой при межполюсном расстоянии электродов 8 мм, В—отводится другой участок без нервной цепочки. Время по 0,02".

Рис. 10, табл. III. 1/VII—41. Кожно-мышечный мешок без нервной цепочки. А—значительное тоническое сокращение при нагрузке в 5 граммов. Длина 18 мм. В—при ослабленном тонусе — длина 24 мм. Время по 0,02".

Кожно-мышечный мешок без нервной цепочки отвечает усиленной электрической реакцией при раздражении мышечных рецепторов. Так, на рис. 11 растягивается от 19 мм до 40 мм. При этом растяжении электрическая активность повышается до 100 μV и затем быстро падает. При этом возникают очень мелкие колебания по 30—50 в 1", которые располагаются на фоне больших медленных колебаний.

Рис. 11, табл. III. 1/VII—41. Осциллограмма кожно-мышечного мешка без нервной цепочки. Мышца нагружена 5 граммами. Длина 19 мм. Она растягивается потягиванием за гирку до 40 мм. Прочие объяснения см. в тексте. Время 0,02".

Электрическая реакция возникает и от прикосновения мягкой кисточки к кожной поверхности. На рис. 12 дан такой эффект, где от одного моментального прикосновения электрический разряд длится несколько секунд.

Рис. 12, табл. III. 2/VII—41. Осциллограмма кожно-мышечного мешка без нервной цепочки при нагрузке в 5 г. Прикосновение к коже на один момент. Время 0,02".

Длительная электрическая реакция возникает и от раздражения кожно-мышечного мешка отдельными индукционными ударами. То же бывает при тетаническом раздражении. В этом случае, конечно, мы не замечаем электрической реакции во время раздражения, ибо всё заглушается артефактом — действием раздражающего тока на осциллограф.

Но после раздражения электрический эффект проявляется в виде длительного ритмического последствия, как это дано на рис. 13.

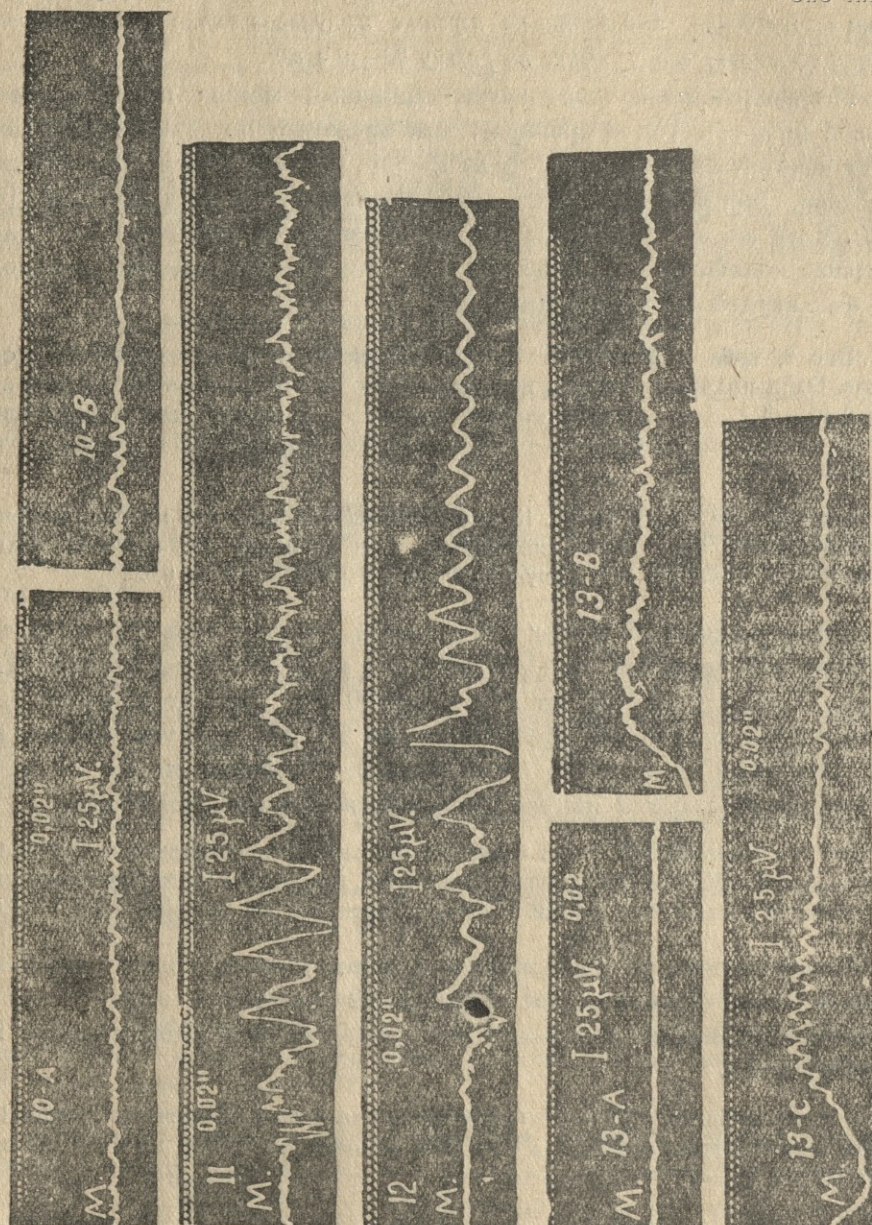


Табл. III.

Рис. 13, табл. III. 2/VII-41. Осциллограмма кожно-мышечного мешка до и после тетанического раздражения конденсаторными разрядами. А—до раздражения. В—после кратковременного тетанического раздражения. С—то-же в другом опыте.

Электрический эффект кожно-мышечного мешка после удаления нервных узлов в общем таков, как при сохранности их, а потому он должен представлять собой биоток возбуждения мускулатуры. Этот эффект наступает, во-первых, при прикосновении к коже, значит от раздражения кожных рецепторов, и во-вторых при растяжении препарата, значит от раздражения мышечных рецепторов. Отсюда следует, что на препаратах без нервных узлов хорошо осуществляется передача импульсов от рецепторов к эффектору — мускулатуре. Наличие же ритмических биотоков при тоническом сокращении и их ослабление при понижении тонуса свидетельствуют, что и на препаратах без нервных узлов тоническое состояние обуславливается ритмическим возбуждением мускулатуры.

Обсуждение результатов

Основные теоретические вопросы данного исследования заключаются в выяснении путей возникновения и распространения возбуждения и торможения сегментальных рефлексов, механизма сегментальной антагонистической реакции, природы торможения и, наконец, происхождения периферических реакций у пиявки.

Прежде всего мы рассмотрим вопрос о путях возникновения и распространения возбуждения и торможения. Из наших исследований ясно, что возбуждение и торможение мышечной системы в ответ на раздражение рецепторов и нервной цепочки, возникают как в результате активирования нервных узлов, нервной цепочки, так и периферического нервного аппарата. Но состояние возбуждения и торможения, возникнув во время раздражения, не обязательно проходит по прекращении раздражения. Они могут продолжаться после раздражения в течение многих десятков секунд и даже минут.

Мы вызывали возбуждение и торможение мышечной системы как механическим раздражением кожно-мышечного мешка, так и его электрическим раздражением. Для механического раздражения мы пользовались растяжением препарата и прикосновением кисточки к поверхности кожи.

Мы выше видели как одно, так и другое механическое раздражение производило на препаратах без брюшной нервной цепочки длительный разряд биотоков возбуждения мышцы. Не может быть сомнения в том, что эта реакция наступает в результате раздражения кожных рецепторов в случае прикосновения к коже и мышечных рецепторов в случае растяжения препарата. Очевидно, из рецепторов импульсы возбуждения могут передаваться к мышцам без участия нервных узлов.

В настоящем исследовании мы пользовались главным образом электрическим током: фарадизацией, отдельными индукционными уда-

рами, разрядами конденсатора. В случае электрического раздражения нервной цепочки реакции безусловно наступали вследствие возбуждения чувствительных или ассоциационных волокон, проходящих по коннективу. При электрическом же раздражении кожно-мышечного мешка не вполне ясно, что именно раздражается. Мы должны исключить первым делом непосредственное раздражение мышечных элементов. Против непосредственного раздражения говорят такие факты: 1. пороги электрического раздражения кожно-мышечного мешка для вызова рефлекторной реакции через нервную цепочку и для вызова периферической реакции без её участия очень близки — 16—20 см расст. инд. катушек; 2. в обоих случаях раздражение производит как возбуждение, так и торможения; 3. эффект раздражения—возбуждение и торможение мышц в обоих случаях могут длиться значительно дольше раздражения. Эти факты ясно показывают, что периферическое раздражение кожно-мышечного мешка вызывает ту или другую реакцию не путём непосредственного раздражения мышцы или двигательных нервов, а видимо, путём возбуждения кожно-мышечных рецепторов и других чувствительных элементов.

По исследованиям Ливанова (1), периферический нервный аппарат пиявки включает, во-первых, рецепторные клетки в коже, которые образуют здесь чувствительные почки (рис. 14—А) и одиночные рецепторные клетки крупных размеров в мышечных слоях, которые образуют здесь чувствительные мышечные веретена (рис. 14—В); во-вторых, чувствительные нервы, волокна которых берут начало от кожных и мышечных рецепторов; эти нервы охватывают тело с боков в виде кольцевых нервов и с вентральной стороны через продольную мускулатуру и мезенхиму вступают в соответствующий нервный узел брюшной цепочки; в-третьих, двигательные нервные волокна, которые выходят из нервных узлов и через кольцевые нервы достигают мышц. В двух



Рис. 14—А. Кожный рецептор — чувствительная почка *Placobdella costata*; ep—кроющий эпителий, sep—чувствительные клетки, ms—мезенхима, ret—ретинальная клетка, n—нерв, с—канал целома (по Ковалевскому).

кольцевых нервах каждого сегмента чувствительные волокна от кожных рецепторов и ещё 2—3 чувствительные волокна от мышечных рецепторов проходят вместе с двигательными волокнами. Все эти волокна голые, без мякотных оболочек, окружены рыхлой мезенхимной оболочкой. Но они поразительно отличаются друг от друга по толщине и содержанию нейрофибрилл. Двигательные волокна наиболее тонкие,

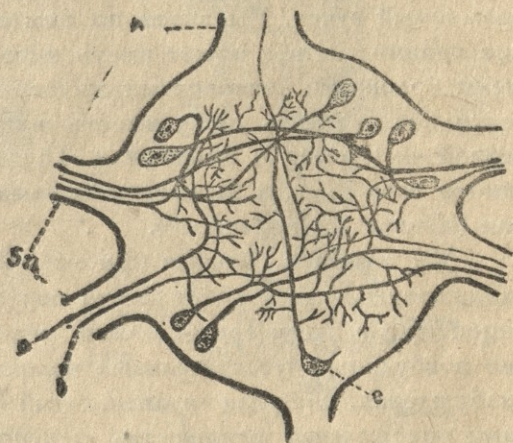
содержащие всего одну толстую нейрофибриллу, чувствительные волокна, которые 3—5 раз толще двигательных и содержат много тонких нейрофибрилл, чувствительные волокна от мышечного рецептора ещё более толстые — 5—8 раз толще кожных чувствительных волокон и потому называются гигантскими; эти волокна состоят из множества тонких нейрофибрилл (см. рис. 14—С). В смешанном нерве двигательные волокна располагаются между кожными и мышечными чувствительными волокнами и весь этот пучок покрыт толстой, плотной неврилеммой, образующейся из прилежащей мезенхимы (рис. 14—С).



Рис. 14—В. Ветвь заднего кольцевого нерва сомита *Hirudo medicinalis* между продольными мышечными тяжами особого устройства; mi^1 —внутренний и mi^2 —наружный мышечные тяжи, snc —биполярная клетка мышечной чувствительности, mi —продольная мускулатура, mi^1 —диагональные мышцы, ms —мезенхима (по Ливанову).

Рис. 14—С. Поперечный разрез ветви заднего кольцевого нерва *Hirudo medicinalis*. Gig —гигантское нервное волокно от мышечного рецептора, sn —чувствительные волокна от кожных рецепторов и m —двигательные волокна, pr —неврилемма (по Ливанову).

Рис. 14—D. Схема проводящих путей и нейропиля в одном брюшном узле пиявки (*Aulostomus gulo*). а и б—окончания чувствительных волокон с разветвлением в одной половине (а) и в обеих половинах (б); с—биполярная ассоциационная клетка. Остальные клетки—двигательные. Их отростки вместе с окончаниями чувствительных волокон образуют нейропил в центре нервного узла (упрощенная схема по Retzius'y).



D

По тщательным исследованиям Apathy (9) между брюшной ганглиозной цепочкой и мускулатурой пиявки не существует анатомических центров. Нет даже периферической нервной сети, какая имеется у других кольчатых червей. На этом основании мы полагаем, что при рефлекторных реакциях, какие наблюдаются на препаратах пиявки после удаления ганглиозной цепочки, переход возбуждения от рецепторов на эффекторы осуществляется при посредстве смешанных нервных стволков.

В смешанном нерве пиявки двигательные волокна проходят на очень близком расстоянии от чувствительных волокон. Поэтому сравнительно сильные токи возбуждения толстых чувствительных волокон должны действовать раздражающим образом на двигательные волокна, возбуждая их. Можно утверждать, что в смешанном нерве пиявки мы имеем нечто подобное синаптическим связям: чувствительные волокна в тех местах, где они особенно близко подходят к двигательным, должны действовать на них своим возбуждением, как боковые синапсы действуют на дендриты или тело нервной клетки.

Что в нервном стволе беспозвоночных животных такое взаимодействие нервных волокон совершенно возможно, доказывается недавними опытами Джаспера и Монниг (2). Они брали из конечностей *Scapser pagurus* и *Maia squinado* два нервных пучка длиной 3—8 см и плотно прижимали друг к другу, иногда перевязывая шелковой ниткой на протяжении одного сантиметра. При химическом или электрическом раздражении одного пучка, они наблюдали биотоки возбуждения в другом пучке. Значит, в месте прикосновения двух пучков от первично возбужденного участка возбуждение передалось на другой нераздражаемый пучок. Мы знаем по опытам других авторов, что аналогичное взаимодействие может иметь место даже между миелиновыми нервными волокнами позвоночных животных. Для этого необходимо только несколько повысить возбудимость в нервных волокнах, например, перерезкой их (Hering 3, Renshaw a. Therman 4), путём размыкания постоянного тока (Квасов 5) или путём высыхания и гипертонических растворов (Квасов и Науменко 6).

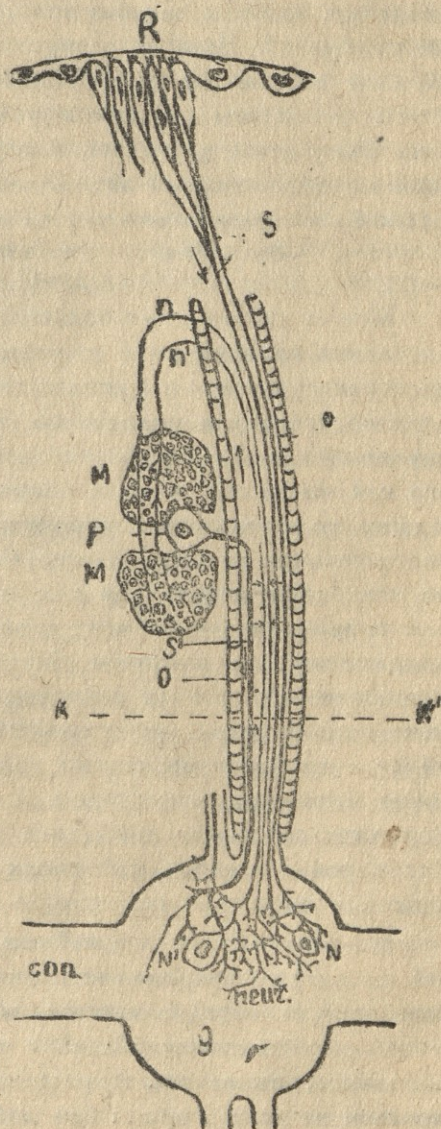
Мы полагаем, что как при механическом, так и при электрическом раздражении кожной поверхности первым делом возбуждаются кожные рецепторы и затем сравнительно толстые, а значит, сравнительно более возбудимые чувствительные волокна. Возникаемые в них импульсы возбуждения, поступая в смешанный нерв, в состоянии своими биотоками возбуждения раздражать центробежные двигательные волокна и вызвать через них сокращение мышцы. Это соотношение нервных путей схематически представлено на рис. 15.

Рассмотренная периферическая реакция будет ограничиваться одним сегментом, где происходит раздражение, ибо двигательные или чувствительные волокна, помимо нервного узла, не переходят из одного сомита в другие. Так, например, если перерезать коннектив в одном сомите, обе половины тела будут работать независимо друг от друга. Распространение реакции из одного сомита на другие происходит исключительно через нервную цепочку, куда поступают в конце концов периферические импульсы всех рецепторов.

Рис. 15. Схема центрального и периферического сегментного рефлекса у *Hirudo medicinalis*, составленная на основании анатомических данных Ливанова и нашего физиологического исследования. R—кожные рецепторы, s—чувствительные волокна от этих рецепторов, p—мышечный рецептор, s'—нервное волокно этого рецептора, G—нервный узел в брюшной цепочке, N, N'—двигательные клетки двоякого типа, M—поперечный разрез продольной мускулатуры, O—неврилема для всего пучка волокон, внутри которого может происходить передача импульсов от чувствительных волокон к двигательным. K—K—линия перерезки. После такой перерезки раздражение кожного рецептора будет производить двигательный эффект исключительно путём передачи импульсов возбуждения от чувствительных волокон к двигательным в общем для них стволе.

В этой схеме нервный путь R—s—N—n—M представляет длинную рефлекторную дугу, проходящую через ганглий; он служит для центрального рефлекса. Нервный путь R—s—n—M даёт короткую рефлекторную дугу, где замыкание афферентной части с эфферентной происходит в смешанном нервом стволе; он служит для периферического рефлекса.

Переход возбуждения от одного волокна на другое в местах их прикосновения или приближения в общем стволе видимо является обще-





распространённым среди беспозвоночных животных. Это даже признаётся у них единственным способом для передачи возбуждения, ибо настоящие синаптические связи никем ещё не описывались (Заварзин 7). По Бодлеру у медузы переход возбуждения от одного нервного отростка на другие осуществляется путём соприкосновения с помощью особых нейрофибриллярных утолщений, которые как бы являются синапсами (8). Но, конечно, если нервный отросток сам по себе довольно толстый, как чувствительные волокна у пиявки, то он может передавать возбуждения без дополнительных приспособлений, без боковых утолщений. Если мы допустим переход возбуждения от чувствительного волокна на двигательные в общем для них нервном стволе, то тем самым мы допускаем у пиявки возможность настоящего рефлекса без участия центральной нервной системы. Очевидно, это будет такой же рефлекторный акт, какой бывает у гидры, у медузы, у луча морской звезды, у ножки улитки и т. д. Иначе говоря, у пиявки следует признать двоякого рода рефлексы. центральный через брюшную цепочку и периферический через смешанный нервный ствол.

Можно утверждать с большей вероятностью, что то парадоксально длительное последствие сокращения, какое получается на препарате без нервной цепочки от раздражения одним индукционным ударом или после порогового и умеренного тетанического раздражения, является результатом этого периферического рефлекторного механизма. После того как мышечные волокна сократились под влиянием импульсов, пришедших сюда вследствие передачи импульсов возбуждения от кожных чувствительных волокон к двигательным, должно произойти раздражение мышечных рецепторов как от механического раздражения давлением сокращённых мышечных волокон, так и вероятно от электрического раздражения под влиянием биотоков возбуждения этих же волокон. Возникшие в мышечных рецепторах импульсы через гигантские волокна также передадутся к двигательным волокнам; после этого опять произойдёт сокращение мышечных волокон и это вновь приведёт к раздражению мышечных рецепторов и т. д. Этот круговой процесс будет продолжаться до тех пор, пока не произойдёт утомление мышечных рецепторов или самих мышечных элементов, или пока не произойдёт адаптация мышечных рецепторов к действующему на них раздражению.

В наших опытах мы наблюдали последствие сокращения большой амплитуды с продолжительностью многих минут. Такое последствие едва ли обуславливается всецело импульсами возбуждения. Мышечная система пиявки обладает чрезвычайной пластичностью. Поэтому укорочение, вызванное сокращением, может более или менее поддерживаться на долгое время без добавочных импульсов. Но мы знаем по электрическому эффекту, что фактически импульсы возбуждения повто-



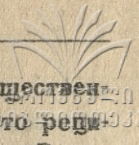
ряются непрерывно во время последействия, так что наличие ритмического возбуждения не исключается и при длительных последействиях укорочения.

Данный анализ приводит нас также к пониманию того факта, что, при раздражениях отдельными индукционными ударами кожно-мышечного мешка без нервной цепочки, очень часто одиночное сокращение носит двуфазный характер: первая быстрая фаза небольшой высоты и вторая длительная фаза большой высоты. Первая фаза иногда хорошо отделяется от второй. Иногда при сравнительно слабых раздражениях наступает только первая фаза. Вторая присоединяется только при некотором усилении раздражения, как об этом уже говорилось в работе Гюгава. Осциллографическое исследование показало длинную серию импульсов во время второй фазы. Отсюда следует, что в двигательном эффекте кожно-мышечного мешка на одиночное раздражение первая быстрая фаза есть настоящее одиночное сокращение, вызванное индукционным ударом через кожные рецепторы. Что же касается второй длительной фазы, она является настоящим тетанусом, обусловленным повторным возбуждением мышечных рецепторов.

При тетаническом раздражении нервной цепочки наблюдаемое длительное последействие электрического и механического эффектов безусловно тоже должно быть обязано своим происхождением вторичному возбуждению мышечных клеток посредством активирования мышечных рецепторов.

Тоническое сокращение, сопровождающееся ритмическим электрическим эффектом на препаратах без нервной цепочки, вероятно в основном обусловлено означенным круговым нервным процессом с участием мышечных рецепторов. Электрические колебания во время тонуса, как и во время тетанического последействия, иногда протекают довольно правильным ритмом около 20 в сек. (см. рис. 12, 13). Значит, можно предположить, что на один круговой процесс требуется 0,05 сек. Это время тратится на возникновение и распространение импульса возбуждения в мышечных рецепторах, в их аксонах до смешанного нерва, затем в двигательных волокнах и мышечных волокнах. Мы выше указывали, что скрытый период возбуждения мышечных волокон равняется 0,01—0,02 сек. Значит, около одной трети времени кругового процесса должно быть тратится на возбуждение мышечных волокон. Остальное время очевидно идет на весь остальной путь.

Теперь обратимся к выяснению механизма торможения. На препаратах с нервной цепочкой торможение наблюдается уже при пороговых раздражениях кожных рецепторов или нервной цепочки. Оно возникает одновременно с возбуждением, но уже при пороговых раздражениях оно может продолжаться дольше возбуждения. Преимущественное тор-



можение кольцевой мускулатуры реципрокно связано с преимущественным возбуждением продольной мускулатуры и наоборот. Это реципрокное торможение безусловно возникает в нервных узлах. Здесь создаётся такое состояние, благодаря которому одна группа мышц испытывает возбуждение, а другая—торможение. Можно предположить, что в нервных узлах кольчатых червей нейропилль играет существенную роль в этой координированной иннервации. Как известно, центр узла занят нейропиллем, клетки же располагаются главным образом на периферии узла (см. рис. 14—D). В образовании этого нейропиля сильное участие принимают как окончания чувствительных и ассоциационных волокон, так и коллатерали двигательных нейронов. От аксона двигательных нейронов отходят многочисленные сильно разветвлённые веточки, а потому возбуждение двигательного нейрона должно вызывать активирование соответствующего участка нейропиля.

Можно предположить, что нейропилль в нервном узле пиявки, при своём активировании, производит медленные колебания биотока, как это установлено по отношению к нервному узлу насекомых. Так, Эдриан (10) установил, что изолированный нервный ганглий насекомых производит периодические разряды по ритму дыхания. Каждый разряд состоит из быстрых колебаний, которые протекают на фоне одного медленного колебания. Эдриан приписывал это медленное колебание дендритной части ганглия, т. е. нейропиллю. Эти медленные биотоки, возникающие в центре ганглия, безусловно должны действовать анэлектротонически на аксоны и клетки двигательных нейронов и производить в них понижение возбудимости. Анэлектротоническое действие будет распространяться на все клетки и аксоны данного узла. Этим должно быть обусловливается одновременное возбуждение и торможение мышц при каждой рефлекторной реакции. Но анэлектротоническое действие будет значительно сильнее по отношению к невозбуждённым двигательным клеткам и аксонам, чем к возбуждённым. Поэтому, если происходит усиленное возбуждение группы двигательных нейронов, относящееся к кольцевым мышцам, то через их коллатерали, усиленно будет активироваться соответств. участок нейропиля. Это должно благоприятствовать особенно сильно торможению невозбуждённой группы двигательных нейронов продольной мускулатуры. Обратное должно происходить при возбуждении группы нейронов для продольной мускулатуры. Таким образом, как общее торможение всей мускулатуры пиявки, так и реципрокное усиление его хорошо объясняются с развитой здесь точкой зрения на роль нейропиля в производстве торможения. Итак, развиваемая здесь гипотеза указывает, что *каждый раз, когда возбуждается группа двигательных нейронов, например, иннервирующих кольцевую мускулатуру, активируется соответствующий им участок нейропиля и возникающие*

здесь медленные биотоки тормозят все группы двигательных нейронов, особенно группу невозбужденных нейронов, иннервирующих продольную мускулатуру.

Как это указывалось в работе Беритова и Гогова, торможение наблюдается и при отсутствии нервной цепочки. Оно возникает во время более или менее сильного раздражения одновременно с возбуждением и может продолжаться долгое время после него. Можно думать, что в периферическом нервном аппарате пиявки, подобно тому как в клешне рака, существуют двоякого рода центробежные нервные волокна, из которых одни служат для возбуждения мышцы, а другие для торможения. У пиявки как раз существует ясно выраженное деление центробежных нервных волокон на две группы. Одни волокна получают своё начало из мелких двигательных клеток, лежащих в поверхностном слое нервного узла цепочки, а другие волокна из крупных клеток, лежащих в нервном узле более центрально. Весьма возможно, что одни из этих волокон являются тормозящими, а другие возбуждающими. Отсюда мы заключаем, что наряду с центральным торможением, протекающим в нервных узлах, существует ещё периферическое торможение, осуществляемое специальными тормозными нервными волокнами, подобно тому как это наблюдается в нервной системе ракообразных и в вегетативной системе позвоночных.

Периферический тормозящий механизм, вероятно, дополняет центральное торможение во всякого рода рефлекторных реакциях. Когда под влиянием периферических импульсов брюшная нервная цепочка приходит в активное состояние, тогда наступает определённое движение, например, удлинение, вытягивание животного, не только в силу возбуждения двигательных нервов кольцевой мускулатуры и торможения двигательных нервных клеток продольной мускулатуры, но и вследствие возбуждения специальных тормозящих волокон продольной мускулатуры. Это периферическое торможение должно иметь не менее существенное значение в координации движений, чем центральное, ибо периферическое торможение делает невозможным нарушение центральной координации вследствие активирования периферического рефлекторного механизма.

На препаратах без нервной цепочки торможение наблюдалось более или менее регулярно при сравнительно сильных раздражениях. Оно проявлялось в виде длительного тормозящего последствия. Реже проявлялось во время умеренного раздражения. Очевидно, пороги раздражения центробежных тормозящих волокон значительно выше центробежных двигательных волокон, а потому тормозящие волокна приходят в активное состояние при более сильном активировании чувствительных элементов периферического нервного аппарата, чем возбуждающие.

Из работы Беритова и Гогова (11) видно, что при прямом раздражении кожно-мышечного мешка одним индукционным ударом на

участке мышцы с нервной цепочкой наступает торможение в виде длительного ослабления существующего тонического сокращения, а на участке без нервной цепочки происходит усиление тонического сокращения. Нужно думать, что первый, тормозящий эффект обусловлен активированием тормозящих центробежных волокон в нервных узлах, а второй, сократительный эффект — активированием возбуждающих центробежных волокон в смешанном первом стволе. Как один, так и другой эффект протекает более или менее длительно, ибо активирование тормозящих волокон в нервных узлах, так же как и активирование возбуждающих волокон в смешанном стволе поддерживаются постоянно притекающими импульсами со стороны кожно-мышечных рецепторов. Конечно, в том участке кожно-мышечного мешка, где имеется нервная цепочка, также происходит возбуждение центробежных возбуждающих волокон в нервных узлах, но соответствующий периферический эффект устраняется благодаря означенному выше действию тормозящих волокон. Итак, в вышеприведённом случае на участке без нервной цепочки периферический эффект был обусловлен исключительно возбуждением центробежных возбуждающих волокон.

В этой же работе Беритова и Гогава было указано, что начальная быстрая фаза сокращения, наступающего при раздражении одним индукционным ударом, сопровождается торможением. Мы находим, что эта быстрая фаза обязана своим происхождением действию кожных рецепторов через смешанный ствол на двигательные волокна. Очевидно, при сильном раздражении кожных рецепторов активное действие чувствительных элементов в смешанном стволе настолько сильное, что возбуждаются все центробежные волокна, как возбуждающие, так и тормозящие. Следующая длительная фаза сокращения видимо начинается по прекращении активирования тормозящих волокон и она обуславливается активированием одних возбуждающих волокон в смешанном стволе вследствие вторичного возбуждения мышечных рецепторов, как это уже указывалось выше.

Насчёт природы периферического торможения нельзя сказать ничего определённого. Во всяком случае можно утверждать, что это торможение не возникает по принципу пессимума Введенского, в результате усиления или учащения импульсов возбуждения, ибо торможение при сильных тетанических раздражениях наблюдается не во время раздражения, а после него в виде длительного многоминутного последствия.

Можно предположить, что торможение обязано своим происхождением выделяемому центробежными нервными окончаниями особому активному веществу, подобно торможению вегетативных органов у поз-



ночных животных. С этой гипотезой хорошо согласуется явление длительного тормозящего последействия.

В заключение коснусь вопроса о происхождении тех изменений в нервно-мышечных реакциях пиявки, которые наступают, по работе Беритова и Гогава (11), под влиянием кураре: это, во-первых, небольшое изменение порогов в смысле небольшого повышения их, а во-вторых, выпадение эффектов торможения. Мы заключили в этой работе, что кураре не должно действовать на двигательные окончания в мышцах. Оно парализует передачу возбуждения в нервных узлах. Этим объясняется прекращение рефлекторных реакций в ответ на раздражение нервной цепочки. Повышение же порогов раздражения кожно-мышечного мешка указывает, что под влиянием кураре понижается также в некоторой мере возбудимость периферического нервного аппарата, повидимому, как кожных рецепторов, так и чувствительных нервных волокон. Но они ещё нормально функционируют и могут передать импульсы возбуждения центробежным возбуждающим волокнам в общем для них червном стволе. А то явление, что при кураре периферическое торможение совершенно выпадает, должно быть обуславливается или парализующим действием кураре на тормозящие центробежные волокна или же ослаблением потоков возбуждения чувствительных волокон. Возможно, эти био-оки ослабевают в такой степени, что они ещё могут возбудить возбуждающие центробежные волокна, но не в состоянии активировать центробежные тормозящие волокна благодаря их вообще более низкой возбудимости.

В ы в о д ы

Изучаются основные нервные процессы при рефлекторных реакциях в срединных сомитах пиявки методом осциллографического исследования электрической активности мышц и нервной цепочки.

При осциллографическом исследовании нервной цепочки оказалось, что она всё время разряжается электрическими колебаниями небольшой продолжительности около 0,05 сек. и небольшой амплитуды. При раздражении нервной цепочки постоянным током и отведении на расстоянии 5 мм от раздражённого участка, электрический эффект сильно нарастает, амплитуда колебаний электрического потенциала достигает 100 μ V, а частота 150—200 в сек. Кроме того появляются медленные колебания по ритму 40—60 в сек. При отведении же на расстоянии 35—50 мм биотоки значительно слабее. Отсюда следует, что возбуждение распространяется в нервной цепочке с декрементом, что должно быть обуславливается главным образом перерывами раздражаемых чувствительных и ассоциационных волокон в нервных узлах. При этом

скорость распространения возбуждения максимум 60 см в сек. что должно быть соответствует наиболее прямому нервному пути.

Кожно-мышечный мешок с нервными узлами при отсутствии каких-либо внешних раздражений всегда показывает очень медленные колебания с продолжительностью 0,1—0,05 сек. и небольшой амплитуды 25—50 μV . Но при раздражении, как растяжение препарата, когда происходит раздражение мышечных рецепторов, электрический эффект усиливается значительно: амплитуда повышается до 500 μV и выше, частота увеличивается до 40—60 в сек. Такое же усиление биотоков наблюдается при спонтанных сокращениях. При спонтанных удлинении, наоборот, биотоки ослабевают.

Раздражение нервной цепочки электрическим током, даже отдельные индукционные удары, производят такое же длительное усиление мышечных биотоков. Причём передача возбуждения от нервных элементов на мышечные волокна происходит с задержкой в 0,01—0,02 сек.

Электрический эффект кожно-мышечного мешка при отсутствии нервной цепочки наблюдается спонтанно, когда имеется тоническое сокращение. Он состоит из небольших колебаний по ритму 20—25 в сек. При отсутствии тонуса спонтанный электрический эффект отсутствует.

Значительные биотоки появляются в таком препарате при раздражениях мышечных рецепторов от растяжения препарата или от возбуждения кожных рецепторов прикосновением мягкой кисточки или же от прямого раздражения препарата электрическим током: фарадизация, отдельные индукционные удары, конденсаторные разряды.

Анализ фактического материала привёл нас к заключению, что в сегментах пиявки рефлекторная реакция осуществляется двумя механизмами: центральный механизм с участием нервных узлов брюшной нервной цепочки путём передачи возбуждения от окончаний центродвигательных чувствительных нейронов к центробежным двигательным нейронам в ганглиях и периферический механизм — путём передачи возбуждения от чувствительных волокон к двигательным волокнам в общем для них смешанном стволе. В обоих случаях передача возбуждения должно быть происходит посредством биотоков возбуждения. Можно считать, что смешанный нерв у беспозвоночных животных является таким же синаптическим полем, как нервный узел.

Периферическому рефлексу обязано своим происхождением тоническое сокращение, длительное последствие тетанического сокращения, длительное сокращение в ответ на раздражение одним индукционным ударом. Эти длительные рефлекторные сокращения осуществляются благодаря возбуждению мышечных чувствительных клеток под влиянием механического и электрического воздействия возбуждённых

мышечных волокон и передаче возбуждения от их аксонов к двигательным волокнам в общем для них нервном стволе.

Одним из основных центральных процессов координации у пиявки является центральное торможение, протекающее в нервных узлах. При помощи него осуществляется координированное выключение одних двигательных нейронов во время возбуждения других. Мы полагаем, что это центральное торможение является функцией нейропиля, занимающего центральное место в каждом нервном узле.

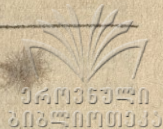
Другим основным процессом координации у пиявки является периферическое торможение, которое осуществляется путём особых центробежных нейронов, связывающих нервные узлы с мускулатурой. Каждый раз, когда возбуждаются определённые центробежные волокна, вызывающие сокращение одной группы мышц, тогда же возбуждаются другие центробежные волокна, которые тормозят сокращение другой группы мышц (подобно тому, как это известно у ракообразных). Этим путём делается невозможным нарушение центральной координации вследствие активирования периферического рефлекторного механизма.

Торможение, которое наблюдается на кожно-мышечном мешке без нервной цепочки, вызывается раздражением центробежных волокон путём передачи возбуждения от кожных чувствительных волокон в общем для них стволе.

Природа периферического торможения вероятно гуморальная; с этим хорошо согласуется факт длительного тормозящего последействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ливалов Н. А., Руководство по зоологии, т. 2, Издат. Акад. Наук СССР, Москва 1940, стр. 205.
2. Jasper H. H. and A. M. Monnier, Journ. Cell. and Compar. Physiol., 11, 259, 1938.
3. Hering E., Sitzber. Akad. Wissen. Wien. Mathem.-naturwiss., Kl., 82, 3 Abt., 277, 1882.
4. Renshaw B. and P. O. Therman, Am. J. Physiol., 133, 96, 1941.
5. Квасов Д. Г., Тр. Физиол. науч. иссл. инст. ЛГУ, № 18, 1937, — Учен. записки Ленингр. Гос. Универс., Сер. биол. наук, вып. 10, стр. 125, 1939.
6. Квасов Д. и А. Науменко, Pfl. Arch. 237, 576, 1936.
7. Заварзин А. А., Очерки по эволюц. гистологии нервной системы. Медгиз, 1941.
8. Bozler E., Z. Zellforsch., Bd. 5, 1927; Z. vergl. Physiol., Bd. 6, 1927 (Цитир. по Заварзину).
9. Apathy St. v., Mitt. a. d. Zool. Stat. zu Neapel. 12, 495, 1897.
10. Adrian E. D., Jour. Physiol. 72, 132, 1931.
11. Беритов И. и М. Гогова, Труды Тб. Гос. Ун. XXVIIa, 1945.



J. Beritoff

On the excitation and the inhibition at the reflex reactions of the nerve-muscle preparation of the middle segments of a leech

Summary and Conclusions

The fundamental nerve processes at the reflex reactions of the middle segments of a leech are studied by the oscillographic investigation of the electrical activity of muscles and nerve chain.

The electric activity of the nerve-muscle preparation of a leech was studied by the cathod ray oscillograph by leading off with needle electrodes through a five valve amplifier of the usual condenser coupled type. The needle electrodes were stuck through the ends of the preparation or at a distance of 5–10 *mm* apart.

When the nerve chain was investigated by means of the oscillograph, it was noticed that it is all the time discharging electric oscillations of small duration about 0,005 seconds and of small amplitude 10–20 μ V. When the nerve chain is stimulated by a constant current and led off at a distance of 5 *mm* from the part stimulated, the electric potential reaches 100 μ V, and the frequency about 150–200 per. sec. Besides this, there appear slow oscillations with a rhythm of 40–60 per sec. (fig. 1–A, plate I, fig. 2, plate I). When led off however at a distance of 35–50 *mm*, the bio-potentials are considerably weaker (fig. 1–B, plate I, fig. 3, plate II). Hence it follows that excitation spreads in the nerve chain with a decrement, which must be conditioned chiefly by the synapses of the stimulated sensory and association fibres in the ganglia. Besides, the speed of the spread of excitation is 60 *cm* per second which probably corresponds to the most direct nerve path.

A body wall with ganglia, during the absence of any external stimulation, always shows very slow oscillations with a duration of 0,1–0,05 seconds and a small amplitude 25–50 μ V (fig. 4, plate I). But at a stimulation such as a stretching of the preparation, when the stimulation of the muscular receptors takes place, the electric activity is considerably intensified: the amplitude of slow oscillations is raised to 500 μ V and above, the frequency increases to 40–60 a sec. (fig. 4, plate I). Such intensification of the bio-potentials is noticed during spontaneous contractions (fig. 5, plate II). With spontaneous elongations, on the contrary, the bio-potentials weaken (fig. 6–A, B, C and D, plate II).

Stimulation of the nerve chain by an electric current, even by single induction shocks, produces a similar prolonged intensification of the muscular bio-currents (fig. 7, plate 11).

The transmission of excitation from the nerve elements to the muscular fibres takes place with a delay of 0,01—0,02 seconds (fig. 8, plate II).

The electrical activity of the body wall without the nerve chain can be observed spontaneously when there is tonic contraction. It consists of small oscillations with a rhythm of 20—25 per sec. (fig. 10—A, plate III). In the absence of tonus the spontaneous electrical effect is absent (fig. 9—B, plate II).

Considerable bio-potentials appear in such a preparation when the muscular receptors are stimulated by stretching the preparation (fig. 11, plate III), or by stimulating the skin receptors, as for instance by stroking with a soft brush (fig. 12, plate III), or even by direct stimulation of the preparation with an electric current: faradisation, single induction shocks, condenser discharges (fig. 13—B a. C, plate III).

An analysis of the facts mentioned above led us to the conclusion that in the segments of the leech two mechanisms bring about reflex reaction: the central nervous mechanism, with the participation of the ventral nerve chain, by means of the transmission of excitation from the terminations of the centripetal sensory neurons to the centrifugal motor neurons in the ganglion, and the peripheral nervous mechanism — by means of the transmission of excitation from comparatively thick sensory fibres to motor fibres in the mixed nerve stem (fig. 14—C), as in the experiments of *Jasper and Monnier* (1933). In both cases the transmission of excitation must take place by means of bio-potentials of excitation. It may be considered that the mixed nerve of invertebrates is just as synaptic a field as a ganglion.

Correspondingly, each peripheral stimulation—excitation of skin or muscle receptors — may induce reflex motor reaction, in the first place, locally in the stimulated segment, by the transmission of excitation to the motor nerve fibres through the mixed nerve, and in the second place, in a whole series of segments or in the whole animal by means of the spreading of the excitation along the ventral nerve chain (see fig. 15, where *R-s-N-n-M* represent the given path for the central reflex through the ganglion, and *R-s-n-M* the short path for the peripheral reflex through the mixed nerve stem).

The tonic contraction, the prolonged after-action of the tetanic contraction and the prolonged contraction in response to stimulation by a single induction shock, owe their origin to the peripheral reflex. These prolonged reflex contractions exist as a result of the excitation of the muscular sensory cells (fig. 14—B) under the mechanical and electrical



influence of the excited muscular fibres and the transmission of excitation through their axons to the motor fibres in the nerve stem common to them (see fig. 15—*P-s¹-n-M*).

One of the principal central processes of coordination in the leech is central inhibition in the ganglia. By its aid the coordinated switching-off of some motor neurons, during the excitation of others, is realized. We suggest that this central inhibition is a function of the neuropile occupying the central place in each ganglion (fig. 14—D). Each time when a group of motor neurons is excited, for example, innervating the circular musculature, the part of the neuropile corresponding to them is activated. Here arise slow bio-currents as in the ganglion of insects, according to *Adrian*. The slow bio-potentials inhibit another group of neurons, innervating the longitudinal musculature. This inhibition, in our opinion, is realized by the anelectrotonic action of the slow bio-potentials of the activated neuropile on an unexcited or weakly excited group of motor neurons.

Another principal process of coordination in the leech is peripheral inhibition which is realized by means of special centrifugal neurons connecting the ganglia with the musculature. Each time, when definite centrifugal fibres are excited, causing the contraction of one group of muscles, then other central fibres are excited which inhibit the contraction of another group of muscles (like what is well known in crustacea). Thus it becomes impossible to destroy central coordination because of the activity of the peripheral reflex mechanism.

The inhibition, which is noticed in the body wall of a leech without the nerve chain, is induced by the stimulation of the inhibitory centrifugal fibres by means of the transmission of excitation from the skin sensory fibres in the nerve stem common to them. Owing to the comparatively low excitability, they are excited by a somewhat stronger-stimulating influence than the centrifugal excitatory fibres.

The nature of peripheral inhibition is probably humoral like inhibition of the heart in vertebrates. The fact that there is prolonged inhibitory after-action agrees well with this.

Curare does not paralyse the motor nerve endings in the muscles. It eliminates the transmission of excitation in the ganglia from the sensory and association fibres to the motor cells, but does not eliminate the transmission of excitation to the centrifugal excitatory fibres in the mixed nerve stem. Curare without doubt lowers the excitability to some extent also in the peripheral nerve apparatus, owing to which, in the first place, is eliminated the transmission of excitation from the sensory fibres to the inhibitory fibres in the nerve stem common to them.

И. Евсеев

О пластических и эластических свойствах нервного ствола позвоночных животных

(Из Физиологической лаборатории Тбилисск. Гос. Университета
им. Сталина)

I. Введение и методика

В данной работе изучались пластические и эластические свойства нервного ствола (п. ischiad.) холоднокровного (*Rana esculenta*), в основном, а также, сравнительно с данными, полученными на нервах лягушки, ставились некоторые опыты на нервах теплокровного животного (кошка).

Из литературы по изучению механических свойств нервов имеется старая работа *Вертхейма* (1847), который, работая над нервами человека, как указывает *Герман*, нашёл те же законы эластичности, как и для мышц (*Герман* 1).

В опытах *Вертхейма* абсолютная растяжимость нервов была меньшей, а сила сцепления большей, чем у мышц, т. е. для разрыва нерва требовался больший груз на единицу его поперечного сечения.

Подобные же результаты были получены *Валентином* (1847) и *Харлессом*, наблюдавшими на нервах лягушки эластические последовательные действия (1).

Насколько известно, более поздних работ по изучению пластических и эластических свойств нерва не существует.

Акад. *И. Бериташвили* исследовал в последнее время эластические и пластические свойства скелетной и гладкой мышцы. Им было установлено, что удлинение мышцы при растяжении, складывается из 2-х характерных фаз: *быстрой*, проявляющейся в первые секунды действия груза, и *медленной*, протекающей в последующее время. То же самое было отмечено и для укорочения после удаления растягивающей силы причём, было установлено, что в *медленной* фазе восстановление длины мышцы по прекращении действия растягивающего груза зависит не только от эластических свойств мышцы, как упруго-вязкой системы, но что оно в значительной степени является следствием также тех физиологических процессов, которые протекают в живой мышце.

Было установлено, что укорочение мышцы, в силу происходящих в ней физиологических процессов, происходит также и в вырезанной мышце, при



„покойном“ её состоянии, т. е. не подвергавшейся никакому воздействию растягивающего груза. Это характерное явление установленное акад. Бериташвили было названо им собственным тонусом мышцы.

Этот тонус, как показали исследования акад. Бериташвили, в значительной мере зависит от функционального состояния мышцы, наличия эргетического материала, обеспеченности кислородом.

Это исследование послужило основанием для аналогичного исследования эластических и пластических свойств нервных стволов.

В опытах с нервами лягушки для удобства приходилось, в основном, работать с изолированными нервами. Последнее обстоятельство не могло отрицательно влиять на течение опытов, т. к. известно, что изолированный нерв, при соблюдении соответствующих условий, сохраняет продолжительное время свои жизненные свойства.

Изучение растяжимости нервного ствола лягушки производилось следующим образом: у лягушки аккуратно отпрепаровывался отрезок седалищного нерва длиной от 28—65 мм. На концы выделенного нерва с той и другой стороны навязывалась нитка. Нижний конец нерва при помощи нитки прикреплялся плотно к фиксированной на штативе петле толстой проволоки; верхний конец привязывался к плечу миографа. Растяжение производилось путём привешивания груза от 2 до 50 г и эффект удлинения регистрировался на медленно вращающемся кимографе. В дальнейшем опыты проводились также и без регистрации на кимографе. В этих случаях к отрезку нерва в вертикальном его положении, подвешивался растягивающий груз-гирька.

Опыты производились как на воздухе, при постоянном смачивании нерва физиологическим раствором, так и в стаканчике с физиологическим и другими растворами. Удлинение измерялось систематически через определённые промежутки времени.

Кимографические опыты производились следующим образом: перед началом опыта отрезок нерва тщательно измерялся. Затем кимограф приводился в движение и на миограф производилась навеска груза. Через каждые 10 секунд кимограф останавливался на 1 минуту и затем снова приводился в движение на 10 секунд. В опытах без кимографической записи удлинение измерялось мерным циркулем через такие же промежутки времени. Всего таких опытов по изучению растяжимости нерва произведено 13, из них 8 на нерве лягушки и 5 опытов на нерве теплокровного (кошки), при соблюдении соответствующих температурных условий.

II. Результаты опытов

A. Растяжение нервов грузами на воздухе

При навешивании груза, сразу же происходит удлинение нерва, которое весьма значительное в первые секунды, потом постепенно всё более и более уменьшается, как бы затухает. В дальнейшем — не удаётся отметить заметного удлинения в течение нескольких минут; в этом случае удаётся выявить удлинение нерва уже при измерениях через час и позднее. Растяжение нерва протекает двумя фазами под действием каждого груза.

1. Быстрая фаза, которая проявляется в первые 1—2 секунды после навешивания груза. За это время нерв от действия нагрузки сильно удлиняется.

2. Медленная фаза, по истечении первых секунд действия груза и до конца опыта, когда удлинение постепенно всё больше и больше уменьшается, но все же не исчезает полностью.

На рис. 1 приводится характерная картина растяжения седалищного нерва лягушки при действии в 30 г груза. Из анализа приведённой кимограммы видно, что I-ая быстрая фаза растяжения в течение первых 2-х секунд дало удлинение нерва на 10,3%, в то время как в течение последующей первой минуты II-ой медленной фазы дальнейшее удлинение составляет всего 2,9%. Таким образом, I-ая быстрая фаза, составляя по времени всего лишь $\frac{1}{30}$ часть II-ой фазы наблюдения, превосходит её в эффективности более чем в 3 раза.

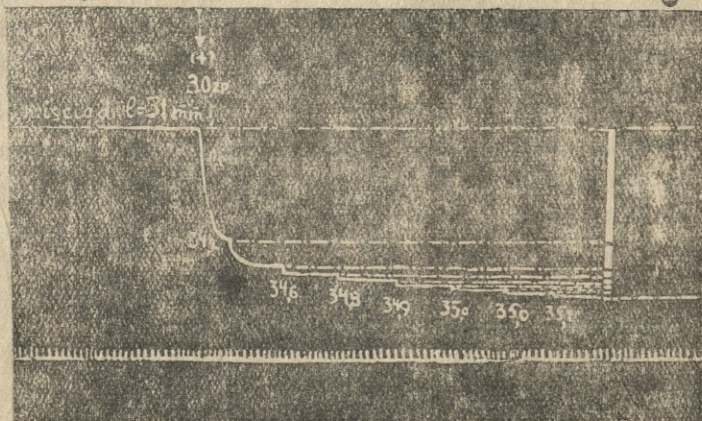


Рис. 1. Растяжение седалищного нерва лягушки (*Rana esculenta*) от действия груза 30 г (+). Через каждые 10 сек. кимограф останавливается на минуту. Цифра на кривой означает длину в миллиметрах, внизу время в секундах.

Привожу также один из типичных протоколов опыта с длительным действием среднего груза в 25 г в таблице I.

Таблица I

Опыт по изучению растяжимости седалищного нерва лягушки. Первоначальная длина нерва 43 мм. Навеска груза в 25 г. Опыт на воздухе со смачиванием нерва физиологическим раствором (0,7%) при оставлении нерва с грузом на ночь, причём нерв помещался в стаканчике с физиологическим раствором.

№№ п/п.	Время после навески груза	Длина нерва в мм	Длина в %/о исход. длины	№№ п/п.	Время после навески груза	Длина нерва в мм	Длина в %/о исход. длины
		= 43	100	12	Через 2 ч. 45 м.	= 55,5	129
1	Через 20 с.	" 49,7	115,6	13	" 3 ч. 15 "	" 55,6	129,3
2	" 1 м.	" 51,5	119,9	14	" 3 ч. 45 "	" 55,8	129,9
3	" 3 "	" 52,3	121,6	Оставлено под действием груза на ночь в физиол. растворе			
4	" 5 "	" 52,6	122,3	15	Через 21 ч. 15 м.	= 56,3	130,9
5	" 10 "	" 53,6	124,6	(след. день)			
6	" 15 "	" 53,9	125,3	16	Через 23 ч. 45 "	" 56,6	131,6
7	" 25 "	" 54,1	125,8	17	" 26 ч. 45 "	" 57,3	133,2
8	" 45 "	" 54,4	126,5	Оставлено под действием груза на вторую ночь в физиол. растворе			
9	Через 1 ч. 15 "	" 54,8	127,4	18	Через 43 ч. 45 м.	= 58,0	134,9
10	" 1, 45 "	" 55,0	127,6	(3-й день)			
11	" 2, 15 "	" 55,2	128,4	19	Через 46 ч. 45 "	" 58,3	135,6
				20	" 49 ч. 45 "	" 58,5	136,0

Результаты опыта: Общая длительность опыта 49³/₄ часа. Степень удлинения за всё время опыта на 36%.

Из них: за первые 20 сек. на 15,6%

" " " " 5 мин. на 22,3%

За последующие 49 часов и 45 минут на 13,7%.

Сравнивая степени удлинения нерва в начале растяжения и в последующее время, констатируем: удлинение за первые 20 секунд равно последующему удлинению, происшедшему в течение 21 ч. 15 мин. действия груза; удлинение нерва, происшедшее за первые 5 минут растяжения превосходит последующее 2980 минутное (49 ч. 40 мин.) удлинение нерва в 1,3 раза. Т. о. наибольшее удлинение нерва под действием растягивающего груза приходится на первые секунды и минуты растяжения.

Аналогичное характерное явление растяжимости, полученное на нервах лягушки, наблюдалось также и в работе с нервами кошки.

У кошки (при её живом состоянии), с соблюдением надлежащих температурных условий, отсепаровывался отрезок седалищного нерва и переносился в растворе Рингера в термостат, где и проводились даль-

нейшие исследования. В этих опытах быстрая фаза удлинения также приходится на первые моменты растяжения грузом, затем следует медленная фаза. Толщина нервного ствола кошки во много раз превосходит толщину нерва лягушки. Аналогично средний растягивающий груз для седалищного нерва кошки составляет уже 70—80 г против 10—20 г для седалищного нерва лягушки.

Сравнительные опыты показали, что степень растяжимости нерва лягушки несколько выше способности к растяжению нерва кошки. В таблице II привожу характерный протокол опыта растяжимости нерва кошки при действии среднего груза в 80 г.

Таблица II

Опыт по изучению растяжимости седалищного нерва кошки. Нерв взят от живой кошки. Опыт проведён в растворе Рингера при температуре 38—39° С (з термостате). Первоначальная длина нерва 47 мм. Навеска груза 80 г.

№ № п/п.	После навески груза	Длина нерва в мм	Длина в % % исходн. длины	№ № п/п.	После навески груза	Длина нерва в мм	Длина в % % исходн. длины
		47	100	9	45 мин.	57,3	121,8
1	5 сек.	50,8	108	10	1 ч.	57,4	122,1
2	20 „	52,9	112,5	11	2 „	57,9	123,3
3	1 мин.	53,5	113,9	12	3 „	58,3	124,1
4	3 „	54,4	115,8	13	4 „	58,5	124,4
5	5 „	55,1	117,3	14	5 „	58,6	124,6
6	10 „	55,8	119,2	15	6 „	58,7	124,9
7	15 „	56,5	120,1	16	(Далее опыт прекращён)		
8	25 „	57,0	121,2				

Результат опыта. Общая длительность опыта 6 часов. Степень удлинения за всё время опыта на 24,9%. Из них за первые 5 сек. на 8%, за 5 мин. на 17,3%, за последующие 5 часов 55 мин. на 7,6%. Значит, удлинение нерва, происшедшее за первые 5 минут, превосходит последующее удлинение в течение 5 час. 55 мин. (до конца опыта) более чем в 2 раза.

В следующих опытах изучалась зависимость удлинения нерва от действия разных нагрузок за один и тот же период времени. Произведено было 6 опытов.

Данные опытов показывают большую зависимость степени растяжимости нервов от величины растягивающих грузов. С увеличением груза всегда увеличивается также и степень удлинения нерва. Однако полной пропорциональной зависимости удлинения нерва от величины

возрастания груза не наблюдается. Так, например, в одном из опытов при соотношении растягивающих грузов 1:2 (10 г и 20 г) степень удлинения нерва за срок действия грузов в 30 минут составляет в I случае 13%, во втором 18,8%; соотношение 1:1,44. При соотношении грузов 1:3 (10 г — 30 г) за тот же срок удлинения соответственно составляют 13% и 27,6%; соотношение 1:2,12.

Таким образом во всех приведённых опытах степень удлинения нерва всегда несколько отстаёт от величины возрастания груза. Следовательно, нервы, как и другие ткани, не следуют закону Гука, гласящему, что деформация упругого тела пропорциональна действующему усилию.

Разница в степени удлинения при параллельных опытах с разными грузами не является постоянной стабильной величиной в течение всего времени опыта. Так, при действии груза в 10 и 30 г после одной минуты растяжения имеем соотношение степени удлинения равное 1:1,58; после 30-ти минут растяжения оно составляет уже 1:2,12. Ниже, в таблице III, приводится типичный протокол опыта.

Таблица III

Опыт по изучению растяжимости седалищного нерва лягушки при действии разных нагрузок в 10 и 30 г. Опыты производились на воздухе, со смачиванием нерва физиологическим раствором. Опыты ставились одновременно на нервах одной и той же лягушки.

№ № п/п.	Время после навески груза	Первонач. длина = 50 мм. Навешен груз 10 г		№ № п/п.	Время после навески груза	Первонач. длина = 50 мм. Навешен груз 30 г	
		Длина нерва в мм	Длина в % с исход. длины			Длина нерва в мм	Длина в % с исход. длины
		=50	100			=50	100
1	Чер. 20 сек.	55,0	110,0	1	Чер. 20 сек.	58,5	117,0
2	" 1 мин.	56,0	112,0	2	" 1 мин.	59,6	119,0
3	" 3 "	56,2	112,4	3	" 3 "	60,0	120,0
4	" 5 "	56,3	112,6	4	" 5 "	62,0	124
5	" 10 "	56,4	112,8	5	" 10 "	63,0	126
6	" 15 "	56,4	112,8	6	" 15 "	63,2	126,4
7	" 20 "	56,5	113,0	7	" 20 "	63,4	126,8
8	" 30 "	56,5	113,0	8	" 30 "	63,8	127,6

(Далее груз был снят)

(Далее груз был снят)

За 30 мин. нерв от действия навески в 10 г удлинился на 13%

За 30 мин. нерв от действия навески в 30 г удлинился на 27,6%.

Первоначально, через 1 минуту от начала действия растягивающего груза, удлинение нерва во II-ом опыте превышало удлинение в I-ом опыте на 7%. В конце опыта через 30 мин. превышение составляет уже 14,6%.

В опытах на нервах кошки, произведённых в термостате (38—39° С) были получены данные, аналогичные вышеприведённым данным, полученным на нервах лягушки. Рис. 2 наглядно показывает зависимость степени растяжимости нерва лягушки от величины растягивающего груза, за кратковременный период растяжения.

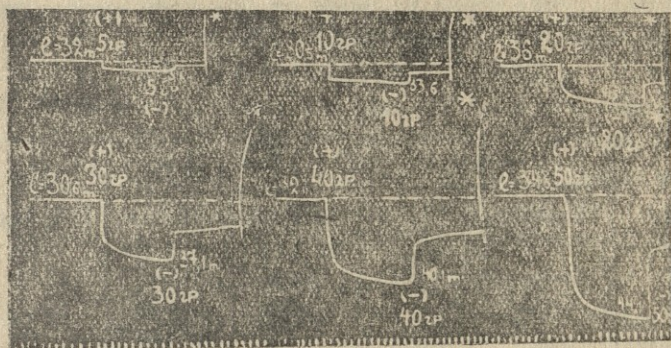


Рис. 2. Кратковременное растяжение седалищного нерва лягушки под влиянием разных грузов. Величина грузов в граммах и длина нерва в миллиметрах обозначен на кривых. Внизу время в секундах. Снятие груза обозначено знаком (-).

Производилось также изучение степени растяжения седалищного нерва лягушки под действием быстро нарастающих нагрузок без микрографической записи. Проведено 6 опытов.

Эти опыты производились на воздухе, нерв смачивался физиологическим раствором. Сперва к нижнему концу нерва производилась навеска первого груза в 20 г. Под действием груза нерв находился 10 секунд, затем нерв быстро измерялся и тотчас по измерении производилась навеска возрастающего груза.

Данные этих опытов показывают способность нерва к значительному удлинению при действии всё возрастающих навесок в течение короткого периода растяжения. Так, при действии возрастающих навесок от 20 до 150 г в течение 1 минуты имеем удлинение нервного ствола от 36% до 53%. Подобная степень удлинения нерва при постоянном грузе в 150 г достигалась гораздо раньше, а именно, при действии груза в течение 25—30 секунд, а при 1-минутном растяжении

грузом в 150 г степень удлинения превышала показатели удлинения при меньших возрастающих грузах от 20 до 150 г на 14% — 24%.

Сравнивая удлинение нервного ствола лягушки от возрастающих нагрузок при кратковременном растяжении с опытами при длительном действии одной постоянной средней нагрузки, констатируем, что удлинение в первом случае намного превосходит степень удлинения постоянным средним грузом при растяжении в течение длительного периода. Так, за 49 часов действия постоянного груза в 20 г имеем удлинение нерва на 32,9—36%, а при возрастании навесок до 150 г только за 1 минуту имеем удлинение нервного ствола в 36—53%. Степень удлинения седалищного нерва лягушки от действия постепенно возрастающих грузов видна из таблицы IV.

Таблица IV

№ № п/п.	Груз в г	I опыт		II опыт		III опыт	
		Первонач. дл. 20 мм		Первонач. дл. 30 мм		Первонач. дл. 28 мм	
		Длина в мм	Длина в % исходн. длины	Длина в мм	Длина в % исходн. длины	Длина в мм	Длина в % исходн. длины
1	20	23	115	32	106,6	30,8	110
2	50	25	125	35	116,6	33,5	119,7
3	70	26,2	131,0	38,0	126,6	38	135,7
4	100	28	140,0	39,3	131,0	39,3	140,4
5	120	29	145	40,7	135,7	(Произошёл обрыв нерва)	
6	150	30,6	153	41,0	136,6		
7	170	(Произошёл обрыв нерва)		(Произошёл обрыв нерва)			

P. S. Время действия каждой из нагрузок = 10 секунд.

В. Растяжение нервов в физиологических растворах

Помимо изучения растяжимости нервного ствола на воздухе, производилось также сравнительное изучение степени растяжения нерва в различных растворах — физиологическом, хлористого натрия, в растворах Рингера и Рингера с глюкозой (1%). Количество опытов 6. В этих случаях нервы после навешивания груза помещались в указанные растворы, где и находились во всё время опыта, за исключением моментов непосредственного измерения. В опытах изучалась возможность влияния улучшения среды, а следовательно, и течения энергетических процессов нерва на растяжимость. Проведённые опыты показали, что

ощутимой разницы в проявлении свойства растяжимости нерва в разных растворах не наблюдается.

Были также поставлены опыты с целью выяснения возможного влияния регулярного притока кислорода на степень растяжимости нерва при действии груза. Опыты проводились в физиологическом растворе, а также в растворе Рингера. Кислород поступал из газометра. Никакой разницы в степени растяжимости как в растворах с притоком кислорода, так и в контрольных, без притока кислорода, отмечено не было.

Таким образом, улучшение физико-химических условий жизнедеятельности нерва и стимулирование процессов обмена веществ, в результате поступления кислорода, не оказывают заметного влияния на растяжимость нерва при растягивании его грузом.

В завершение опытов по изучению растяжимости нервного ствола произведены были исследования по сравнительному изучению растяжимости на живых и мёртвых нервах лягушки. Умерщвление нерва достигалось либо помещением нерва на 15—30 минут в спирт, значительно разведённый водой, либо высушиванием нерва как в термостате, так и на воздухе и последующим вымачиванием нерва в физиологическом растворе в течение около 1/2 часа. После помещения мёртвого нерва в физиологический раствор, последний по своему внешнему виду мало отличался от нерва живого. Степень крепости умерщвленного нерва при растяжении грузом снижалась. Обрыв мёртвого нерва происходил чаще, чем живого. Мёртвый нерв не утрачивал способности к растяжению от воздействия грузом.

Растяжимость мёртвого нерва превышает растяжимость живого нерва на незначительную величину. Так как большой разницы в степени растяжимости нервов живого и мёртвого от действия одинаковой нагрузки не наблюдается, то, следовательно, зависимость степени растяжения от физиологических процессов, которые протекают в живом нерве, если имеет место, то она весьма ничтожна.

С. Укорочение нервов после растяжения грузами

Наряду с изучением растяжимости нерва при действии груза происходило также изучение свойства восстановления исходной длины нерва. Сейчас же после снятия груза с растянутого нерва, мы отмечаем почти мгновенное значительное укорочение его. В дальнейшем, это укорочение нерва всё более и более замедляется, а затем совершенно прекращается. Последнее отмечено как на нервах лягушки, так и на нервах кошки.

Из рассмотрения протоколов опытов отмечаем следующие характерные особенности в проявлении нервом свойства приближаться к ис-

ходной длине. Здесь также, как и в опытах с растяжимостью нервного ствола, отмечаем следующие фазы:

1. Быструю фазу — протекающую в течение первых 1—2 секунд; в течение этого времени нерв после снятия груза сильно укорачивается.

2. Медленную фазу — длящуюся по истечении первых 1—2 секунд до конца опыта, — когда степень укорочения всё больше и больше замедляется и затем постепенно становится неуловимой.

На рис. 3 приводится кимографическая запись одного из опытов с нервом лягушки.

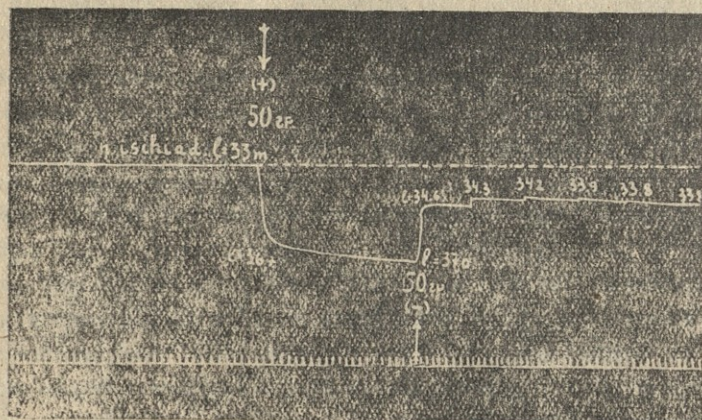


Рис. 3. Седалищный нерв лягушки. Растяжение грузом в 50 г и последующее укорочение после снятия груза. Момент снятия груза обозначен стрелкой. На кривой цифры обозначают длину нерва в миллиметрах. После снятия груза кимограф останавливается 5 раз на минуту. Внизу время в секундах.

Как видно из рисунка 3, тотчас же после снятия растягивающего груза, происходит быстрое укорочение нерва, выражающееся в почти вертикальном подъеме кривой, после чего образуется колено и в дальнейшем укорочение происходит медленно. При записи на кимографе, который периодически останавливается, медленная фаза укорочения записывается в виде ступенчатообразного подъема, который вскоре становится малозаметным. Укорочение нерва в течение первых 1—2 секунд после снятия груза превышает последующее укорочение в течение многих минут и часов. Из анализа приведённой кимограммы видно, что I-ая быстрая фаза укорочения в течение первых 2-х секунд дало укорочение нерва на 7,3%, в то время как в течение последующей первой минуты, во II-ой медленной фазе, дальнейшее укорочение составляет всего 2,4%

Таким образом, I-ая быстрая фаза, составляя по времени $\frac{1}{3}$ часть II-ой фазы наблюдения, превосходит её эффектом в 3 раза.

В ряде опытов проверялась зависимость проявления обратного укорочения нерва от величины действующего до снятия растягивающего груза. Таких опытов было 6.

При малых грузах (2—12 г) и непродолжительном действии навески, наблюдаем проявление полной эластичности нерва и постепенное возвращение его к первоначальной исходной длине.

Что же касается действия больших грузов (15—20—50 г), то здесь, аналогично, эластичность также проявляется, но тем не менее нерв полностью уже не возвращается к своей первоначальной длине, а остаётся небольшое непроходящее остаточное удлинение. Величина остаточного удлинения колеблется от 1,3% до 8,5% в зависимости от условий опытов.

Величина растягивающего груза оказывает свое определённое влияние на степень обратного укорочения первой и второй фазы. Так, в опытах выяснено, что чем больший груз растягивает нерв, тем большее обратное укорочение нерва в первой, быстрой фазе. Так, при растяжении грузом в 10 г при 30-минутном растяжении, укорочение в первой фазе в первые 20 секунд составляет 6—8%, а при растяжении грузом в 30 г, при тех же условиях, укорочение составляет 9—11,2%. Повышается также обратное укорочение и в первые минуты II-ой быстрой фазы, а затем это повышение не наблюдается.

В отношении величины непроходящего остаточного удлинения установлено следующее: чем больше величина растягивающего груза, тем больше бывает и величина остаточного удлинения при одной и той же продолжительности растяжения. Последнее ясно видно из приведённого протокола в таблице V (см. на след. стр.).

Опыты по выяснению зависимости обратного укорочения и степени восстановления исходной длины нерва от времени действия одного и того же груза, дали следующие результаты.

Обратное укорочение нерва, получаемое после прекращения растяжения, всегда бывает большим при более продолжительном действии одной и той же нагрузки. Здесь обратное укорочение возрастает в I-й быстрой фазе, а также в первые секунды и минуты II-ой медленной фазы. Особенно наглядно это видно в первые секунды после снятия груза. Так, после снятия груза в 20 г, действовавшего в течение 1 минуты, обратное укорочение, происшедшее в течение первых 10 секунд, составляет в одном из опытов 8%. При растягивании же нерва грузом в 20 г в течение 20 минут, в параллельном опыте укорочение за первые 10 секунд после снятия груза составляет 11,9%. В дальнейшем эта разница быстро сглаживается.

Таблица V



Опыты по изучению степени эластического укорочения и приближения нерва лягушки к исходной длине в зависимости от величины груза.

№ №				№ №			
Величина нагрузки до снятия 10 г. Груз действовал в теч. 30 мин.				Величина нагрузки до снятия 30 г. Груз действовал в теч. 30 мин.			
п/п.	Время после снятия груза	Длина нерва в мм	Длина нер- ва в ‰ исход. длины	п/п.	Время после снятия груза	Длина нерва в мм	Длина нерва в ‰ исход. длины
Первоначальная длина до растяг. груза 50 мм. Длина после раст. груз. 56,5 мм (113%).				Первоначальная длина до растяг. грузом 50 мм. Длина после раст. груз. 63,8 мм (127,6%).			
1	Чер. 20 сек.	53,1	106,2	1	Чер. 20 сек.	59,0	118
2	„ 1 мин.	52,8	105,8	2	„ 1 мин.	56,9	113,8
3	„ 3 „	52,5	105	3	„ 3 „	56,6	113
4	„ 5 „	52,3	104,6	4	„ 5 „	56,4	112,8
5	„ 10 „	52,0	104	5	„ 10 „	56,0	112
6	„ 15 „	51,6	103,2	6	„ 15 „	55,5	111
7	„ 25 „	51,5	103	7	„ 25 „	55,2	110,4
8	„ 40 „	51,3	102,6	8	„ 40 „	54,9	109,8
9	„ 1 ч. 10 м.	51,1	102,2	9	„ 1 ч. 10 м.	54,2	108,4
10	„ 1 ч. 25 „	51,0	102	10	„ 1 ч. 25 м.	54,0	108
11	„ 19 ч. 25 „	50,8	101,6	11	„ 19 ч. 25 м.	53,8	107,6

Продолжительность растяжения одним и тем же грузом заметно влияет также на величину остаточного удлинения. Остаточное удлинение нерва, при одном и том же времени наблюдения, всегда бывает значительно большим при более длительном периоде предварительного растяжения.

По изучению зависимости обратного укорочения нерва от длительности растяжения было проведено 5 опытов. Результаты двух опытов для иллюстрации приводятся в таблице VI.

Таблица VI

Опыты по изучению степени эластического укорочения и приближения нерва лягушки к первоначальной длине, в зависимости от времени предварительного растяжения.

Опыт А

Растягивающий груз 20 г.
Время действ. груза 20 мин.
Длина нерва после растяжения
51, 2 мм (128%).

Опыт В

Растягивающий груз 20 г.
Время действ. груза 1 мин.
Длина нерва после растяжения
52,4 мм (115,7%).

№ № п/п.	Время после снятия груза	Длина нерва в мм	Длина нерва в % исх. длины	№ № п/п.	Время после снятия груза	Длина нерва в мм	Длина нерва в % исх. длины
1	Чер. 10 сек.	46,4	116,1	1	Чер. 10 сек.	48,8	107,7
2	" 30 "	45,6	114,0	2	" 30 "	47,9	105,7
3	" 50 "	45,4	113,6	3	" 50 "	47,3	104,4
4	" 1 мин.	45,3	113,2	4	" 1 мин.	47,2	104,2
5	" 6 "	44,5	111,1	5	" 6 "	46,3	102,2
6	" 11 "	43,7	109,2	6	" 10 "	46,2	101,9
7	" 26 "	43,3	108,1	7	" 26 "	46,1	101,7
8	" 41 "	42,9	107,2	8	" 41 "	46,1	101,7

Итого за 41 мин. восстановления,
длина нерва, по отношению к исход-
ной длине, составляет 107,2%.

Итого за 41 мин. восстановления,
длина нерва, по отношению к исход-
ной, составляет 101,7%.

Таким образом, из рассмотрения таблицы видна большая зависи-
мость укорочения нерва, после растягивания, от времени действия ра-
стягивающего груза. Так, за 41 минуту восстановления, имеем от дей-
ствия груза в 20 г в течение 20 мин. остаточное удлинение в 7,2%
к исходной длине, а при растяжении в течение 1 минуты тем же гру-
зом остаточное удлинение за 41 минуту восстановления составляет
1,7%. Разница в 5,5% указывает на определённую зависимость спо-
собности нерва к укорочению от длительности действия растягиваю-
щего груза.

Изучение степени восстановления нерва после короткого растяже-
ния большим грузом дало следующие результаты: седалищный нерв
лягушки при растягивании в течение 1 минуты грузом в 50 г удли-
нился на 38,9%. Укорочение после снятия груза в течение первых
5-ти секунд составляет 23,3%; остаточное же удлинение равняется
15,6%; к концу I минуты после снятия груза остаточное удлинение

равняется 12,8%, через 10 мин. оно составляет 10,7%, через 41 минуту 10%, а через 2 часа остаточное удлинение составляет еще 9,8%. Таким образом, остаточное удлинение при восстановлении, после лишь 1-минутного растяжения грузом в 50 г, является довольно значительным. Оно превосходит остаточное удлинение от действия груза в 20 г в течение той же минуты, более чем в $5\frac{1}{2}$ раз (41 минута наблюдения после снятия груза). Оно превосходит также остаточное удлинение, полученное при предварительном растяжении нерва в течение 30 минут, под влиянием груза в 30 г.

Наряду с опытами по изучению обратного укорочения нервного ствола, проводимыми на воздухе (при смачивании физ. раствором), производилось также сравнительное изучение этих свойств нерва в растворах: физиологическом, растворе Рингера, а также в растворе Рингера с прибавлением глюкозы (1%). Опыты проводились параллельно с грузами в 10 г и 20 г. Значительной разницы в проявлении укорочения нерва после растяжения замечено не было, за исключением весьма незначительной разницы в конечных результатах, т. е. в степени приближения нерва после растяжения грузом к первоначальной исходной длине. Здесь незначительные лучшие результаты, выражающиеся в 1—2%, имеем при работе с растворами Рингера и Рингер + глюкоза, против таких же опытов с физиологическим раствором. Но и в этом случае остаточное удлинение при работе с разными грузами составляет от 1,5% до 8,0%.

Д. Влияние кислорода на степень укорочения нерва после растяжения

Исходя из известных данных о значении кислорода для жизнедеятельности нерва, нас интересовал вопрос о возможном влиянии притока кислорода на проявление эласто-пластических свойств нерва. Из вышеприведенных опытов видно, что приток кислорода вовсе не влияет на степень удлинения нерва при растяжении грузом. Но он оказывает определенное влияние на восстановление нормальной длины нервного ствола лягушки после растяжения.

В соответствующих опытах к седалищному нерву лягушки привешивался груз в 15—20 г. Исследования проводились в растворах физиологическом и Рингера. Растягивающее действие груза продолжалось от 10 до 30 минут. По истечении срока груз снимался и в раствор пропускался из кислородного прибора (газометра) кислород. Кислород поступал в раствор регулярно и постепенно пузырьками. Число пузырьков в опытах было от 45 до 80 в минуту. Всего таких опытов было произведено 8.

Во всех опытах с пропускаемым кислородом были получены совершенно одинаковые результаты. При регулярном притоке кислорода,

живые нервы при растяжении средними грузами (15—20 г.) всегда возвращались к первоначальной исходной длине. Время возвращения к первоначальной длине в опытах колеблется от 1 часа 20 мин. до 2 1/2 часов. Подобных результатов, как известно, не приходилось наблюдать в обычных условиях опыта, без доставки кислорода.

Контролем к опытам с живыми нервами служили также опыты с мёртвыми нервами, у которых восстановление первоначальной длины, при условии регулярного притока кислорода, не происходило за время свыше 6 часов опыта. Подобная разница может быть объяснена исключительно влиянием кислорода на улучшение жизнедеятельности живого нерва (см. табл. VII).

Таблица VII

Восстановления первоначальной длины по удалении растягивающего груза живого и мёртвого седалищного нерва лягушки под действием кислорода. Опыты в растворе: Рингер + глюкоза (1%).

Первоначальная длина живого нерва 51,2 мм. Растягивающий груз 20 г. Время растяжения 25 мин. Длина после растяжения 60,7 мм (118,5%).

Первоначальная длина мёртвого нерва 63 мм. Растягивающий груз 20 г. Время растяжения 25 мин. Длина после растяжения 75,7 мм (120,2%).

№ № п/п.	Время после снятия груза	Длина нерва в мм	Длина в %/о исход. длины	№ № п/п.	Время после снятия груза	Длина нерва в мм	Длина в %/о исход. длины
		60,7	118,5			75,7	120,2
	Пропущен кислород. Снят груз.				Пропущен кислород. Снят груз.		
1	Через 20 сек.	55,2	107,8	1	Через 20 сек.	69,3	110
2	" 1 мин.	54,3	106,0	2	" 1 мин.	68,5	108,7
3	" 3 "	54,0	105,4	3	" 3 "	68,1	108
4	" 5 "	53,9	105,2	4	" 5 "	67,8	107,6
5	" 10 "	53,4	104,3	5	" 10 "	67,3	106,8
6	" 20 "	53,2	103,9	6	" 20 "	67,2	106,7
7	" 35 "	52,7	103	7	" 35 "	67,1	106,5
8	" 50 "	52,2	101,9	8	" 50 "	67,0	106,3
9	" 1 ч. 10 м.	51,8	101,1	9	" 1 ч. 10 м.	67,0	106,3
10	" 1 " 30 "	51,3	100,2	10	" 1 " 30 "	67,0	106,3
11	" 1 " 40 "	51,2	100	11	" 1 " 40 "	67,0	106,3
12	" 1 " 50 "	51,2	100	12	" 4 " 40 "	66,8	106,0
				13	" 6 " 40 "	66,7	106
Т. о., полное восстановление первоначальной длины произошло за 1 час. 40 мин.				Т. о., восстановление длины не произошло за 6 час. 40 мин.			



Остаточное удлинение живого нерва в среде, обеспеченной притоком кислорода, исчезало и живой нерв всегда после предварительного растяжения грузом (10—20 г) возвращался к своей первоначальной длине. Несомненно, что регулярный приток кислорода улучшал физико-химические условия, увеличивал степень окисления и стимулировал нормальное протекание ассимиляторно-диссимиляторных процессов живого нерва.

Таким образом, если укорочение нерва после растяжения в первой быстрой фазе может быть рассматриваемо как явление, в основном, физического порядка, имеющее место также и при работе со многими другими мёртвыми эласто-пластическими телами, то вторая медленная фаза укорочения живого нерва не может быть рассматриваема только как исключительно физическое явление. Произведённые опыты показывают, что степень укорочения нерва во второй длительной фазе восстановления в значительной мере зависит от функционального состояния нерва, интенсивности протекающих в нём физиологических процессов, и что при оптимальных условиях опыта, при достаточном обеспечении кислородом, нерв после растяжения средними грузами, полностью возвращается к своей исходной длине.

В ы в о д ы

Изучалось растяжение живого седалищного нерва лягушки и кошки под влиянием груза и затем обратное укорочение его после снятия груза при разных физиологических условиях. Одна часть опытов проводилась путём миографической записи. В другой части опытов измерение длины нерва производилось при помощи циркуля.

1. Живые нервы позвоночных животных представляют из себя упруго-вязкую систему и обладают, аналогично мышцам, эласто-пластическими свойствами.

2. При растяжении нерва обнаруживаются две характерные фазы удлинения: а) быстрая, протекающая в течение первых 1—2 секунд растяжения и б) медленная, протекающая в последующее время опыта.

I-ая быстрая фаза растяжения превосходит последующее растяжение во II-ой медленной фазе примерно в 3 раза, даже если растяжение производилось в течение многих часов.

3. Степень удлинения нерва в значительной мере зависит от величины растягивающего груза; при увеличении груза удлинение нарастает в большей мере в I-ой быстрой фазе; удлинение нерва тем больше, чем больший растягивающий груз действует на нерв в течение одного и того же периода времени. Однако нет между ними пропорциональ-

мой зависимости: пропорционально удлинению от малых грузов, больше, чем от больших.

4. Степень удлинения нерва при растяжении зависит также от длительности растяжения. Удлинение нерва тем большее, чем продолжительнее действовал один и тот же груз.

5. Сравнительное изучение удлинения нерва в различных растворах: физиологическом, Рингера и Рингера + глюкоза не дало ощутимой разницы в степени удлинений.

6. Обеспечение притока кислорода не оказывает никакого влияния на степень удлинения нерва при растяжении.

Удлинение нерва при действии растягивающего груза является, в основном, явлением физического порядка и видимо не зависит от протекающих в нерве физиологических процессов.

7. Обратное укорочение нерва после снятия груза складывается также из 2-х характерных фаз: 1) быстрой, протекающей в течение первых 1—2 секунд после снятия груза и 2) медленной, протекающей в последующее время опыта. Укорочение нерва, происходящее в течение 1-ой быстрой фазы, превосходит в 2—3 раза последующее укорочение в течение многих минут и даже часов.

8. При действии малых растягивающих грузов (2—12 г) и недлительном растяжении нерва, проявляется полная эластичность его, т. е. нерв возвращается к своей первоначальной исходной длине. При средних и больших грузах нерв полностью не возвращается к исходной длине; в обычных условиях опыта остаётся непроходящее пластическое удлинение величиной от 1,5—8,5%.

9. Величина растягивающего груза оказывает свое влияние на первую фазу последующего укорочения нерва, после снятия груза. Чем большим грузом вызвано растяжение нерва, тем большее укорочение наблюдается тотчас по снятии груза.

10. Величина растягивающего груза оказывает свое влияние также и на величину остаточного удлинения. Остаточное удлинение нерва после снятия груза тем больше, чем больший груз действовал на нерв при одной и той же продолжительности растяжения.

11. Изучение обратного укорочения нерва после снятия груза в растворах физиологическом, Рингера, Рингера + глюкоза (1%) показало некоторое малое снижение % остаточного удлинения (1—2%) в растворах Рингера + глюкоза и Рингера против данных, полученных при работе в физиологическом растворе.

12. Опыты с изучением влияния кислорода на степень обратного укорочения нерва, после его растяжения, дали следующие результаты:

а) При регулярном притоке кислорода живые нервы, всегда возвращались после удаления груза к своей исходной первоначальной

длине. Обратное укорочение нерва в атмосфере кислорода ускоряется, нерв быстрее возвращается к исходной длине. Причём это ускорение укорочения целиком приходится на вторую фазу.

б) При таком же притоке кислорода и тех же растягивающих грузах, мёртвые нервы не возвращались к исходной длине.

Работа выполнена по заданию и под непосредственным руководством акад. Бериташвили. За руководство и помощь в выполнении и оформлении работы приношу академику Ивану Соломоновичу Бериташвили глубокую благодарность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герман А., Руководство к физиологии, т. II, ч. I, 1889 г.
2. Мурашев В., Изменение механических свойств кожи, 1908 г.
3. Хвольсон О. Д., Курс физики, т. I, стр. 622, 1923 г.
4. Физический словарь, т. V, 622, стр. 332.
5. Бериташвили (Беритов) И., О пластических свойствах скелетной мышцы. Сборник трудов посв. 50-ти летию научно-педагогич. деятельности В. В. Воронина, 1941 г.
6. Бериташвили (Беритов) И. и О. Нивинская, О собственном тоне скелетной мышцы. Труды Института физиологии имени акад. Бериташвили, № 4, 1941 г.

P. Evseyev

On the plastic and elastic properties of the nerve of vertebrates

Summary and Conclusions

The extensibility of a living sciatic nerve of a frog and cat was investigated and then its shortening again after removing the weight used for stretching, in various physiological conditions. One part of the experiments was carried out by means of myographic records. In the other part of the experiments the change in length of the nerve was measured by dividers.

1. Living nerves of vertebrates represent a visco-elastic system and possess, analogous to muscles, elastic and plastic properties.

2. When a nerve is stretched two characteristic phases of elongation are displayed: 1) a quick one, passing during the first 1—2 seconds

of the stretching and 2) a slow one, taking place in the subsequent part of the experiment.

The first quick phase of stretching exceeds the following stretching in the second slow phase, even if the stretching is carried out for many hours. The biggest elongation of the nerve takes place the first minute of stretching and during this time the 1-st quick phase exceeds the 2-nd slow phase approximately three times.

3. The degree of lengthening of the nerve to a considerable extent depends on the amount of the load used for stretching: when the load is increased the length increases to a great extent in the 1-st quick phase; the extension of the nerve is the greater, the larger the load acting on the nerve during one and the same period of time. However, the dependence between them is not proportional: the extension with small loads is proportionally larger than with big ones.

4. The degree of extension of a nerve during stretching depends also on the duration of stretching. The extension of the nerve is the greater, the longer one and the same load acts.

5. A comparative investigation of the extensibility of a nerve in different solutions: physiological, Ringer's and Ringer's + glucosa, did not give any perceptible difference in the extent of elongation under one and the same weight.

6. A supply of oxygen has no influence at all on the degree of extension of a nerve during stretching.

The extension of a nerve under the action of a weight is in the main a phenomenon of a physical order and evidently does not depend on the physiological processes taking place in the nerve.

7. The shortening of the nerve after the removal of the load is also composed of two characteristic phases: 1. A quick one, occurring during the first 1—2 seconds after removing the weight and 2. a slow one, occurring subsequently during the experiment. The shortening of the nerve, taking place during the 1-st quick phase, exceeds the subsequent shortening taking place during many minutes and even hours. Thus, by observation in the first minute of shortening, the 1-st quick phase exceeds the second slow phase in its shortening 2—3 times.

8. Under the action of small weights (2—12 g), and when the stretching of the nerve is not prolonged, the latter shows complete elasticity, i. e. the nerve returns to its initial length.

With average and big loads the nerve does not return completely to its initial length; in the usual conditions of the experiment there remains a plastic elongation from 1,5 to 8,5% which does not pass off.

9. The size of the weight has an influence on the first phase of the subsequent shortening of the nerve, after the removal of the weight.

The bigger the weight causing stretching of the nerve, the greater the shortening observed immediately on removing the weight.

10. The size of the weight causing elongation has an influence also on the amount of the remaining elongation. The remaining elongation of the nerve after the removal of the load is the greater, the greater the load acting on the nerve during one and the same prolonged stretching.

11. The investigation of the shortening of the nerve, after the removal of the weight, in different solutions, showed a slight lowering of the remaining elongation (1—2%) in solutions of Ringer + glucose and of Ringer compared with the data received when working with physiological solution.

12. Experiments connected with research on the influence of oxygen on the degree of shortening of the nerve, after its stretching, gave the following results:

a) When there was a regular supply of oxygen, living nerves, extended by average sized weights, always returned to their original length, after the removal of the weights. The shortening of a nerve is accelerated by oxygen, the nerve returning to its initial length more quickly. This speeding up of the shortening takes place wholly in the second phase.

b) With a similar supply of oxygen dead nerves, when stretched by those same weights, did not return to their initial length.

სტალინი
განკურთხევა

ლ. კალანდიაძე

საქართველოში მავნე მწერების საწინააღმდეგო ბრძოლაში მზის რადიაციის გამოყენების შესავლის მასალები *

სამამულო ომის პირობებში მავნე მწერების წინააღმდეგ ბრძოლის ქიმიური მეთოდის გამოყენებას ბევრი დაბრკოლება ელოდება წინ და ეს პირველ რიგში შეიძლება ითქვას დეფიციტური ინსექტიციდების შესახებ. ამის გამო ან უნდა გამოიხატოს იქნეს არადეფიციტური, ადგილობრივი წარმოშობის ინსექტიციდები ან კიდევ შერჩეულ და გამოცდილ იქნეს ბრძოლის ისეთი მეთოდები, როგორცაა ფიზიკურ-მექანიკური, ბიოლოგიური, კულტურულ-სამეურნეო (აგროტექნიკური) მეთოდები, რომლებიც მავნე მწერების ცალკე სახეობათა წინააღმდეგ საომარ მდგომარეობაშიც შეიძლება ფართოდ იქნეს გამოყენებული და შედარებით მცირე ხარჯებს მოითხოვენ. მწერების წინააღმდეგ ბრძოლის სწორედ ასეთ საშუალებას ეკუთვნის იზის რადიაციის გამოყენება, ე. ი. მზის სხივებით განათების საშუალებით მავნე მწერების მოსპობა.

ცნობილია, რომ მწერები ეკუთვნაან პოიკილოთერმიულ ცხოველებს: მათი სხეულის ტემპერატურა დასვენებულ მდგომარეობაში დაახლოვებით შეეფერება გარემოს ტემპერატურას. თუმცა აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მწერებს შეუძლიათ სხეულის ტემპერატურის ხელოვნურად რეგულირებაც (ფუთკრები, მოზამთრე მწერები და სხვ.). ამას გარდა მათი სხეულის ტემპერატურა დამოკიდებულია აგრეთვე კუნთების მოქმედებისაგან (მოძრაობა იწვევს სხეულის ტემპერატურის აწევას შედარებით გარემოს ტემპერატურასთან), ტენიანობისაგან (ღარი ტენიანობის დროს დასვენებულ მდგომარეობაში მწერის ტემპერატურა ოდნავ მეტია გარემოს ტემპერატურაზე, მცირე ტენიანობის დროს კი — პირიქით), ინტენსიური კვებისაგან (ტემპერატურა მატულობს კვების ინტენსივობასთან ერთად) და სხვ. დამტკიცებულია ისიც, რომ დაბალი ტემპერატურის დროს მწერის სხეულის ტემპერატურა ოდნავ მეტია გარემოს ტემპერატურაზე, მასში ძიმდინარე ქიმიური პროცესების შედეგად (უიგლსუორსი 21), ან კიდევ საწინააღმდეგო

* მოხსენებულია სტალინის სახ. თბილისის სახ. უნივერსიტეტის სამეცნიერო სესიაზე მიძღვნ. უნივერ. არსებობის 25 წლის თავისადმი, 23. IV. 1943 წ.

სხეულის მიერ შთანთქმულები, იძლევიან სითბოს. ამავე დროს ინფორმაციული და წითელი სხივები იძლევიან ენერჯის უფრო მეტ რაოდენობას, ვიდრე ხილვადი და ულტრაიისფერი სხივები. მაგრამ ულტრაიისფერი სხივები უფრო ძლიერ ფოტოქიმიურ გავლენას ახდენენ და განსაკუთრებით დიდი ბიოლოგიური ეფექტის გამოწვევები არიან, ვიდრე სხვა სახის სხივები.

სხივადი ენერჯის ადგილობრივი მოქმედება ცხოველის ორგანიზმზე პირველ რიგში გამოიხატება მის კანზე მოქმედებაში, რასაც მოსდევს კანის გაწითლება. პირველ ხანში ეს გაწითლება გამოწვეულია გრძელტალღიანი სხივებით, შემდეგ კი იწყებენ მოქმედებას ულტრაიისფერი სხივები. სხივადი ენერჯის დიდი ხნით მოქმედების გამო შესაძლებელია კანის შეშუპება, ბუშტუკების წარმოშობა და კანის ნეკროზიც კი (სკოროხოდკო, 12).

მზის რადიაციის უყოფითი მოქმედება ცხოველებზე გამოიხატება მზის დაკრახიც, რაც გამოწვეულია ტენის ქსოვილის 40—41°-ით გათბობით სხეულის ნომალური ტემპოატურის დროს და რაც ზოგჯერ სიკვდილითაც მთავრდება.

მაგრამ სხივადი ენერჯია ნორმალური რაოდენობით, როგორც წესი, უფრო დადებით როლსაც თამაშობს ცხოველების მიმართ. ეს როლი გამოიხატება სისხლის ფოტოაქტივობის, ერთროციტების რაოდენობისა და ჰემოგლობინის შემადგენლობის გადიდებაში, გაზების ცვლის აწევაში და აზოტური ცვლის გაძლიერებაში; კერძოდ ულტრაიისფერი სხივები კი აძლიერებენ მინერალურ ცვლას, უწყობენ ხელს ანტიოქსიდატიური ვიტამინის დ წარმოშობას და ა. შ. (სკოროხოდკო, 12).

მზის რადიაცია ფართოდ გამოყენებულია მედიცინაში. ასე, მაგალითად, მზის რადიაციით მკურნალობენ მგლურა დაავადებას, ძვლისა და ყელის ტუბერკულოზს, ფილტვების ტუბერკულოზს დასაწყისის სტადიაში, შეუხორკბელ კოილობებს და სხვ. საერთოდ მზის რადიაციის გამოყენება ფართოდ არის ცნობილი „ჰელიოთერაპიის“ სახელწოდებით (5, 6, 7, 10, 11).

ამგვარად, მზის რადიაციის დიდი მნიშვნელობა აქვს პათოგენურ მიკროორგანიზმებთან ბრძოლის საქმეში. განსაკუთრებით მზის კონცენტრული სხივები სწრაფად ღუპავენ ბაქტერიებს და მზის რადიაციის ეს ბაქტერიციდული მოქმედება მაქსიმუმს აღწევს ულტრაიისფერი, შემდეგ იისფერი და ლურჯი სხივების დროს.

მზის ენერჯია გამოყენებულია სითბოს ენერჯის მისაღებადაც, რომელიც საჭიროების დროს შეიძლება გადაქცეულ იქნეს მექანიკურ ენერჯიად. შესაძლებელია აგრეთვე მზის ენერჯია ტრანსფორმირებულ იქნეს უშუალოდ ელექტროენერჯიასა (ფოტოდენები ფოტოელემენტების გამოყენებით) და ქიმიურ ენერჯიაში. მაგრამ მზის რადიაციის გამოყენების უკანასკნელი ორი გზა ჯერ კიდევ მომავლის საქმეა, პირველი გზა კი პრაქტიკულად გამოყენებულია და ამ მიმართებით შესაფერისი მიღწევებიც გვაქვს (ტოფიმოვი, 15). მაგალითად, შუა აზიაში უკვე იყენებენ მზის წყლის გასათბობებს („მზის ქვაბები“) აბანოებისა, სამრეცხაოებისა და საცხოვრებელი ბინებისათვის წყლის გასათბობად, ხილის გასახმობებს (ჰელიოსახმობები), აბრეშუმის პარკებში ქუბრების გამოსახრო-

ბებსა და პარკის გასახმოებებს, სათბურებისა და ორანჟერიების გასათბობებს (ჰელიოსათბურები), მარილიანი წყლის გასამტკნარებებს, გოგირდოვან მადანი-დან გოგირდის ჰელიოგამოსადნობებს და სხვ.

მწერებზე მზის მოქმედების შესახებ ძალიან მცირე ცნობები მოიპოვება. ლოზინა-ლოზინსკი (9) აღნიშნავს, რომ სხვადასხვა მწერების კვერცხები (მაგ., ბამბის კოლოფის ჭიისა) დადებული ქალაღზე, მარლაზე, ნიადაგის ზედაპირზე და სხვ., მალე ილუპებიან მზის სხივების ზემოქმედების შედეგად და მოსალოდნელია აგრეთვე მწერების მატლების დაღუპვაც მზის სხივების მოქმედების გამო მათი სხეულის ძლიერი გათბობით ($35-50^{\circ}\text{C}$). მაგრამ ფაქტიურად ბუნებრივ პირობებში, აღნიშნავს ლოზინა-ლოზინსკი (9), ამას ადგილი არა აქვს იმიტომ, რომ მწერების კვერცხები იღუბა მცენარეებზე და ისინი მცენარის ტემპერატურას ღებულობენ, მათი მატლები კი, განსაკუთრებით სიცხიან ღლებში, ხარბად იკვებებიან და ამით ახდენენ სხეულის ტემპერატურის დაცემას (საკვებთან ერთად ღებულობენ $70-80\%$ -ით წყალს, რომლის აორთქლება სწევს მწერის სხეულის ტემპერატურას).

რაც შეეხება მზის რადიაციის გამოყენებას აბრეშუმის პარკში ჭუპრის გამოსახარობად, რაზედაც ზევით ვეჭონდა ლაპარაკი, ე. ი. მზის სხივადი ენერჯიის ჭუპრზე მოქმედებას, ჩვენ ხელთ არსებული ლიტერატურის მიხედვით შეუძლებელი გახდა იმის დადგენა, თუ რა ტემპერატურა იწვევდა მის დაღუპვას ან რა ხნის განმავლობაში. კ. ტროფიმოვის ნაშრომიდან (15, 17 და სხვ.) აშკარაა მხოლოდ ის, რომ პარკებში ჭუპრები 100% -ით იხოცებოდნენ. კ. ტროფიმოვის სისტემის ეს დანადგარი, რომელიც ჭუპრის გამოსახარობასთან ერთად პარკსაც ახმობს, უკვე წარმოებაშია გამოყენებული (მაგ., ბუხარის რაიონში). ცნობილია, რომ მადულარი წყლის ორთქლით აბრეშუმის პარკში ჭუპრის გამოსახარობას და შემდეგ პარკის გახმობას სჭირია რამდენიმე ათეული ღლე (საშუალოდ 2,5—4 თვემდე), ჰელიოსახარობი და პარკის სახმობი ამ პროცესს მნიშვნელოვნად ამცირებს და ამავე დროს საწვავის დიდ ეკონომიას იძლევა (ტროფიმოვი, 17).

კერძოდ, მავნე მწერების წინააღმდეგ ბრძოლაში მზის რადიაციის გამოყენების შესახებ დაწერილ სახელმძღვანელოებში (8, 23, 24 და სხვ.) და ცალკე ნაშრომებში, განსაკუთრებით კი აღამიანისა და შინაურ ცხოველთა პარაზიტების მიმართ აღნიშნულია, რომ ეს ღონისძიება ძლიერ კარგ შედეგებს იძლევა, მაგრამ ამ მიმართებით დეტალურ ცნობებს თითქმის არც ერთი ავტორი არ იძლევა. მაგალითად, ლ. ბ. ლევინსონი (8) ამ საკითხის შესახებ მხოლოდ შემდეგი გამოთქვით კმაყოფილდება: „ცხელ ჰავაში მწერების მოსასპობად შესანიშნავ საშუალებას წარმოადგენს მზე. მზის სხივების პირდაპირი მოქმედებით მალე ილუპებიან არა მარტო ზრდადამთავრებული მწერები, არამედ მათი კვერცხებიც, მხოლოდ აუცილებელი პირობის დაცვით — გაენათოთ დასამუშავებელი საგანი ყოველი მხრიდან“ (გვ. 127).

1937—38 წლის განმავლობაში დოც. მ. ჰელიძემ (ბერიას სახელობის საქ. სახ. სას. სამ. ინსტ. ენტომოლოგიის და ზოოლოგიის კათედრა) ჩატარებული ცდები მზის რადიაციის გამოყენების მიზნით სიმინდის ჩრჩილზე (Sitotroga

cerealella) და კარგი შედეგები მიიღო, როცა ტემპერატურა მზეზე 40—45°-მდე აღწევდა და ექსპოზიცია 2 საათს უდრიდა (22), მაგრამ სამწუხაროდ ეს ცდები ძლიერ მცირერიცხოვანია, თანაც გამოცდილია მხოლოდ ერთი ექსპოზიცია და, რაც მთავარია, ეს ცდები მიმდინარეობდნენ შეზღუდვებისაზე, როცა 40—45° ტემპერატურა მზეზე ჩვენი ძლიერ იშვიათი მოვლენაა. ამ ცდებით არ არის გადაწყვეტილი აგრეთვე საკითხი, ფიცრებზე ან მიწაზე დაყრილი სიმინდის თუ რასილარებზე წყდება მზის სხივების დამღუპველი მოქმედება მავნებლებზე და ა. შ. ამავე დროს ამ ცდების ძირითადი ნაკლი ის არის, რომ ისინი სრულიად არ არის ჩატარებული ბუნებრივ პირობებში, და საეჭვოა, რომ მათ კარგი შედეგები მოგვცენ შემოდგომაზე, როცა მზის მცირე სიმაღლეზე ყოფნის გამო მისი რადიაციის ინტენსივობა ძლიერ ეცემა.

2. მეთოდოლოგია

მზის რადიაციის მოქმედება ძირითადად გამოცდილი იყო ტროგოდერმას (*Trogoderma nigrum* Hbst.) წინააღმდეგ. ეს მავნებელი საქართველოში თითქმის ყველგან არის გავრცელებული და ბევრ შემთხვევაში დიდი ზიანიც მოაქვს. ჩვენი გამოკვლევებით ის განსაკუთრებით ძლიერ აზიანებს აბრეშუმის პარკს. ტროგოდერმას მატლები ანადგურებენ თუთის აბრეშუმისკვის პეპლებსა და კვერცხებსაც. ისინი იკვებებიან აგრეთვე პურეული მარცვლეულებით, პარკოსნებით, თხილით, პურის პროდუქტებით, შაქრით, კონფეტებით და სხვ. მათ დიდი ზიანი მოაქვთ მწერების კოლექციებისა და ცხოველების განადგურებითაც და ა. შ.

შედეგად ტროგოდერმის ბიოლოგია-ეკოლოგიის შესწავლისა, რომელიც მიმდინარეობდა 1940—1941 წლ. განმავლობაში, მიღებული მონაცემებისა და სპეციალური ცდებისა და დავიზრებების ჩატარების საფუძველზე დამუშავებული იყო ტროგოდერმის წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებანი (4). ამ ღონისძიებების დადგენის დროს პირვილად წამოიჭრა საკითხი გამოყენებული ყოფილიყო მზის რადიაცია, როგორც ბრძოლის ერთ-ერთი საშუალება.

ამ საკითხის დასამუშავებლად ტროგოდერმას კვერცხები, სხვადასხვა ხნოვანების მატლები, ჭებრები და ზრდადამთავრებული ფორმები ცალ-ცალკე (რამდენიმე ათეული ეკვმბლარი თითო ცდაში) თავსდებოდა ბიუქსებში და ფანჯრის გარეთ იფინებოდა მზეზე დღის 1—3 საათზე, რისთვისაც ყოველთვის შერჩეული იყო ძლიერ მზიანი და უქარო დღეები. ეს ცდები ძირითად დ მიმდინარეობდნენ 1942 წლის ივლისში და აგვისტოს პირველ ნახევარში, ნაწილობრივ კი მარტის ბოლოს და აპრილში. ამ სახით დაყენებული ცდები მზეზე გადგმული რჩებოდნენ 2—40 წუთამდე და ზოგჯერ მეტი დროც. ამასთანავე ამ ხნის განმავლობაში ცდების ყოველი სერიისათვის სისტემატურად იზომებოდა ჰაერის ტემპერატურა მზეზე. ცდის დამთავრების შემდეგ მაშინვე მოწმდებოდა დაიღუპა თუ არა მავნებელი, და ამას გარდა ის ინახებოდა ცალკე ჭურჭელში კიდევ რამდენიმე დღის განმავლობაში, და მხოლოდ მაშინ, როცა გარკვეულ ჰტადიაში მავნებელი საბოლოოდ დაიღუპებოდა ან ნორმალურ ცხოვრებას განაგრძობდა, ცდები დამთავრებულად ითვლებოდა.

ასეთი წესით ჩატარებული ცდების შედეგები შემდეგ შემოწმებული იყო ბუნებრივ პირობებში (ნახევრად წარმოების პირობებში), რისთვისაც გამოყენებული იყო ენტომოლოგიური ყუთები, როგორც ზევდან მინის ხუფით დახურული, ისე მთლიანად მუყაოსგან შემდგარი. აქ ტროგოდერმის მატლები თავსდებოდა გამხმარ მწერებში, აბრეშუმის პარკის შიგნით და სხვ. იმის დასადგენად, ილუპებიან თუ არა მატლები ჩრდილში, ისინი თავსდებოდნენ მთლიანად მუყაოსგან შემდგარ დახურულ ყუთებში, შესადარებლად კი გამოყენებულ იყო იმავე ტიპის მხოლოდ სახურავ-ახილი ყუთები ან ზევდან მინით დახურული. ამ შემთხვევაშიც ცდების შედეგების აღრიცხვა წარმოებდა იმავე წესით, როგორც ბიუქსების გამოყენების დროს.

რადგანაც ტროგოდერმაზე სხივადი ენერგიის მოქმედების დროს მნიშვნელობა აქვს მისი განვითარების ცალკე სტადიების მიერ მალალ ტემპერატურების ატანის უნარს (ლეტალური ტემპერატურები). ამიტომ გამოყენებული იყო ჩვენ მიერ ამ ძავენბლის ეკოლოგიის შესწავლის შედეგად მიღებული შესაფერისი მონაცემები ((დები ჩატარებული იყო თერმოსტატებში მუდმივ ტემპერატურებზე: 0—31°, 33—35°, 37—38°, 45—50°).

ამ ცდების პარალელურად ჩვენი ხელმძღვანელობით ასპ. ქოიავა აწარმოებდა სრულიად იმავე ხასიათის ცდებს მუხეუმის ხოჭოზე (*Anthrenus verbasci* L.), და ამ გზით მიღებული მასალები გამოყენებულ იყო ტროგოდერმაზე ჩატარებული ცდების შედეგებთან შესადარებლად და აგრეთვე იმის გამოსარკვევად, თუ რამდენად გამოსაყენებელია მზის რადიაცია ტროგოდერმის გარდა სხვა მავნებლების წინააღმდეგ და პირველ რიგში მის მონათესავე სახეობის საწინააღმდეგოდ.

როგორც ზევით იყო აღნიშნული, ცდების მიმდინარეობის დროს იზომებოდა ჰაერის ტემპერატურა მზეზე, მაგრამ ამ მონაცემების გარდა გამოყენებული იყო თბილისის გეოფიზიკური ინსტიტუტის აქტინომეტრიის განყოფილების მიერ შეგროვილი აქტინოგრაფის ჩანაწერები 1942 წლისათვის და მზის პირდაპირი რადიაციის დამატებლობის მთელი რიგი წლების საშუალო თვიური მონაცემები, გამოსახული მცირე კალორიებში მზის სხივებისადმი პერპენდიკულარულ და პორიზონტალურ ზედაპირების მიმართ (1 კვ. სმ. 1 წუთში), რისთვისაც მადლობას ვუცხადებთ აღნიშნული განყოფილების უფროსს ი. ცუცქირიძეს. მადლობის ღირსია აგრეთვე შ. გავააშელი, რომელმაც მოგვაწოდა ნიადაგის ზედაპირიდან 2 სმ. სიმაღლეზე ჰაერის ტემპერატურების განაზომები მზეზე. აქვე ვსარგებლობთ შემთხვევით და მადლობას ვუცხადებთ სტალინის სახელობის თბილისის სახ. უნივერსიტეტის უხერხემლოთა ზოოლოგიის კათედრის ლაბორანტებს, პირველ რიგში ვ. მუნჯიშვილსა და შემდეგ ნ. ბაინდურაშვილს, რომლებმაც დახმარება გაამწიეს ცდების დაყენებისა და გეოფიზიკური ინსტიტუტიდან მიღებული მასალების დამუშავებაში.

გ. ლაზოკრატიონულ ცდების შედეგები

იმის დასადგენად, მოქმედებს თუ არა მზის სხივადი ენერგია ტროპოდერმის განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე და, თუ მოქმედებს, — ჰაერის რა ტემპერატურისა (მზეზე) და მზის რადიაციის როგორი დაძაბულობის დროს, ამ მანვანების კვერცხები, მატლები, ჭურბები და ზრდადამთავრებული ფორმები მოთავსებული იყო ცალ-ცალკე ბიუქსებში, ითხო ცდაში 20—30 ცალი, და დადგმული იყო მზეზე 2—40 წუთის განმავლობაში. ჰაერის ტემპერატურა მზეზე მერყეობდა 40—44°C, მზის პირდაპირი რადიაციის დაძაბულობის მონაცემები გამოსახულ მცირე კალორიებში მზის სხივებისადმი პერპენდიკულარულ და ჰორიზონტალურ ზედაპირის თითოეულ კვ. მმ. წუთში აღნუსხულია ქვემოთ მოყვანილ ტაბულაში (იხ. ტაბ. 1).

ცდების შედეგები, რომლებიც ირიცხებოდა ჩვენ მიერ უკვე ზევით აღნიშნული წესით, შეჯამებული მასალების სახით მოცემულია იმავე ტაბულაში (იხ. ტაბ. 1).

ტაბულა 1

ტროპოდერმის განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე ჩატარებული ცდების შედეგები (ლაზოკრატი. პირობ.)

№№ რიგზე	განვითარების სტადიები	თარიღი	ტემპერატურა ცდაში 13-15 საათ	ჰაერის ტემპერ. მზეზე 2 მ. სიმაღლეზე ლენგულის 3 ს.ზე	მზის პირდაპირი რადიაციის დაძაბულობა პერპენდ. ზედ პირზე 12-13 ს.	მზის პირდაპირი რადიაციის დაძაბულობა ჰორიზონტ. ზედ 12-13 ს.	რამდენ ხანში დაიღუპა ყველა?	ცოცხლოდ დაჩენ. %
1	კვერცხები	29. VI	42°	41,8°	1,30	1,23	20 წ.	—
2	I ხნოვ მატლები . .	14. VII	41—43°	60°	1,35	1,26	2 „	—
3	II ხნოვ. მატლები . .	„	41—43°	60°	1,35	1,26	8 „	—
4	III ხნოვ. მატლები .	15. VII	40—43°	61,7°	1,40	1,31	10 „	—
5	ჭურბები	19. VIII	41—44°	41°	1,05	0,93	4 „	—
6	ზრდასრული ფორმები	„	41—44°	41°	1,05	0,93	4 „	—

ტაბულიდან ჩანს, რომ მზის სხივადი ენერგიის მოქმედების შედეგად, როცა ჰაერის ტემპერატურა ცდებში უდრის 40—44°, 2 სმ. სიმაღლეზე ნიადაგის ზედაპირიდან, მზეზე კი 41—41,8°C, ზოგჯერ კი 61,7°C, მზის რადიაციის დაძაბულობა პერპენდიკულარულ ზედაპირზე აღწევდა 1,05—1,40 მც. კალორიას, ჰორიზონტალურ ზედაპირზე კი 0,93—1,31 მც. კალორიას, ტროპოდერმის განვითარების ყველა სტადიები იღუპება 2—20 წუთის განმავლობაში. ამ შემთხვევაში შედარებით უფრო ნაზი აღმოჩნდა პირველი ხნოვანობის მატლები, როცა ის იღუპებოდა 2 წუთის განმავლობაში იმ დროს, როცა უფრო მეტი ხნოვანობის მატლები, ჭურბები, ზრდასრული ფორმები და განსაკუთრებით კვერცხებიც შედარებით მეტ ხანს (20 წუთს) უძლებდნენ მზის რადიაცი-

ციის მოქმედებას. ეს მოვლენა გასაგებია, რადგანაც ტროგოდერმის პირველ-
ხნოვანობის მატლის ლეტალური ტემპერატურა, როგორც თერმოსტატებში ჩვენს
შიერ დაყენებულმა ცდებმა აჩვენეს, უდროს დაახლოებით 40—42° C (ილუპე-
ბიან 3—5 დღეში), უფრო ხნიერი მატლებისა 45—50° C (ილუპებიან 3 დღეში).
კვერცხების ლეტალური ტემპერატურა კი, როგორც გამოირკვა, ალბათ 50°-ზე
მეტია იმიტომ, რომ 45—50° C დროს თერმოსტატში 50 კვერცხიდან 16 მატლი
მაინც გამოიჩიკა მესამე დღეს.

მუზეუმის ხოჭოებზე (*Anthrenus verbasci*) დაყენებულმა ცდებმაც დაახ-
ლოებით იგივე შედეგები მოგვცა. აღსანიშნავია მხოლოდ ის, რომ გამოცდილი-
არ ყოფილა ჭუჭრები და ზრდასრული ფორმები. ამ ცდების შედეგები მოცე-
მულია ტაბ. 2 (იხ. ტაბ. 2).

ტაბულა 2

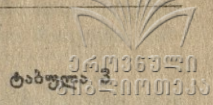
მუზეუმის ხოჭოს კვერცხებსა და მატლებზე ჩატარებული ცდების შედეგები
(ლაბორატ. პირობებში)

პირი რიცხვი	განვითარების სტადიები	თარიღი	ტემპერატურა ცდში 13-15 სათ.	ჰაერის ტემპერატურა მზეზე 2 მმ. სიმაღლეზე ღობი 13 ს. ჩი	მზის პიკი რადიაციის დაძაბულობა პერპენდიკულარულ ზედაპირზე 12—13 სათ	მზის პირდაპირი რადიაციის დაძაბულობა ჰორიზ. ჰორიზ. ზედაპ. ზედა. 12—13 ს.	რამდენ ხანში დაიბოკა ყველა?	ცოცხალად დარჩენ %
1	კვერცხები	18. VI	40°—43°	43,6°	1,30	1,23	4 წ.	—
2	მატლები (1 ხნოვან.)	17. VI	45°	41,4°	1,28	1,21	2 წ.	—

ტაბულიდან აშკარაა, რომ ჰაერის ტემპერატურისა და მზის რადიაციის-
დაძაბულობის დაახლოებით იმავე პირობებში, როგორც ტროგოდერმაზე ცდებ-
ბის დროს, მუზეუმის ხოჭოს კვერცხები და მატლები ილუპებიან 2—4 წუთის
განმავლობაში, და ამ შემთხვევაშიც ზემოაღნიშნული მიზეზების გამო შედარე-
ბით უფრო ჩქარა ილუპებიან მატლები, ვიდრე კვერცხები. რაც შეეხება ამ
მაგნებლის კვერცხების უფრო ჩქარა დალუპებას, ვიდრე ტროგოდერმისა, ეს
აიხსნება ალბათ პირველების შედარებით უფრო მეტი სინანით.

ამგვარად, ამ ორ მაგნებელზე ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული
ცდების შედეგადაც შეიძლება დავსკვნათ, რომ ზაფხულში მზის პირდა-
პირი რადიაციის მოქმედების შედეგად სრულიად სრულიად მარტივ
პირობებში შეიძლება ათეული წუთის განმავლობაში მივი-
ღოთ მათი ყველა სტადიების დახოცვა.

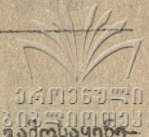
მაგრამ ამასთანავე ზემოაღნიშნული ცდების შედეგები შესაძლებლობას
იძლევიან გამოვარკვიოთ მზის რადიაციის მოქმედების ხასიათი. ამისათვის საჭი-
როა შევადაროთ პირველ ტაბულაში მოყვანილი მონაცემები თერმოსტატებში
ჩატარებული ცდების იმ მაღალ ტემპერატურების მოქმედების შედეგებს, როცა
ადგილი ჰქონდა ტრიგოდერმის ცალკე სტადიების დახოცვას (მუზეუმის ხოჭოზე
ასეთი ცდები ჩატარებული არ ყოფილა (კალანდაძე, 3) — იხ. ტაბ. 3.



ტერმოლოგის განვითარების ხტადიებზე მზის სხივადი ენერჯიისა და მაღალი ტემპერატურების მოქმედების შედეგები

№№ რიგზე	ცდების დაყენების ხასიათი	კვერცხები			1-ლ ხნოვ. მატლები			დიდი ხნოვ. მატლ.		
		ტემპერ.	დახოც. %	ექსპ.	ტემპერ.	დახოც. %	ექსპ.	ტემპერ.	დახოც. %	ექსპ.
1	მაღალი ტემპერ. თერმოსტატში	45—50°	68	3 დღე	40—42°	100	3—5 დღე	45—50°	100	3 დღე
2	მზის რადიაციის მოქმედება	42°	100	20 წ.	41—43°	100	2 წ.	40—43°	100	8—10 წუთი

ამ ტაბულიდან აშკარაა ის, რომ მზის რადიაციის მოქმედება არ გამოიხატება მწერის ორგანიზმის ირგვლივ ჰაერის ტემპერატურის მარტო აწვევაში (იხ. ზემოთ გვ. 74 და 75). ასე რომ ყოფილიყო, მაშინ მისი კვერცხები და მატლები მზის სხივადი ენერჯიის მოქმედების გამო გაცილებით უფრო ვეიან და ზოგჯერ უფრო მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით უნდა დახოცილიყვნენ, ვიდრე ამას ჰქონდა ადგილი სინამდვილეში. განსაკუთრებით ეს ხაზგასტულია კვერცხების შემთხვევაში, როცა თერმოსტატებში კვერცხები ილუპებოდნენ 45—50° დროს მხოლოდ 63%-ით და ისიც სამი დღის განმავლობაში, იმ დროს როდესაც მზის რადიაციის მოქმედების დროს ჰაერის ტემპერატურა ცდაში უდრიდა 42° და, მიუხედავად ამისა, კვერცხები დაილუპნენ 100%-ით 20 წუთის განმავლობაში. მატლების შემთხვევაში ასეთ დიდ განსხვავებას ადგილი არა აქვს, მაგრამ ადვილად შესამჩნევია ის, რომ ჰაერს დაახლოვებით ერთი და იმავე ტემპერატურის დროს მზის სხივების მოქმედების შედეგად მატლები გაცილებით უფრო ჩქარა იხოცებოდნენ, ვიდრე თერმოსტატებში მაღალი ტემპერატურების მოქმედების შედეგად. ეს გარემოებები გვაძლევს უფლებას დავასკვნათ, რომ მზის რადიაციის მოქმედება მევენებლებზე გამოიხატება, როგორც ზევით აღვნიშნეთ, არა მარტო მის ირგვლივ არსებული ჰაერის ტემპერატურის აწვევაში, არამედ ამას გარდა კიდევ მის ორგანიზმზე ქიმიურ მოქმედებაში, ე. ი. აქ ადგილი აქვს მზის სხივადი ენერჯიის მოქმედების შედეგად მწერის ორგანიზმში ფოტობიოლოგიურ პროცესს, რაც გამოიხატება ძირითადად მწერის სხეულის მიერ შთანთქმული სხივებისაგან სითბოს გამოყოფაში, რაც შესაფერ მოვლენებს იწვევს მასში (იხ. ზემოთ, გვ. 76).



4. ცდების შედეგები პუნვაჩივ პირობებში

იმ მიზნით, რომ დამუშავებული ყოფილიყო პრაქტიკისათვის გამოსაყენებელი ღონისძიებანი, როგორც ზევით იყო აღნიშნული (იხ. მეთოდისა), ტროგოდერმის მატლები¹ მოთავსებული იყო ხან თავახდისა და ხან დახურულს, მიწის ხუფიან ან მოლიანად მუყაოსაგან გაკეთებულ ენტომოლოგიურ ყუთებში. ამავე დროს ყველა ცდებში მატლები მოთავსებული იყო შედარებით პატარა სიდიდის გამხმარ მწერებაში ან ზოგ შემთხვევებში (ცალკე ცდებში) აბრეშუმის პარკებში. ამ ცდების შედეგები მოცემულია ტაბ. 4 (იხ. ტაბ. 4).

ტაბულა 4

ტროგოდერმის ხანადახვა ზნოვანობის მატლებზე ჩატარებული ცდების შედეგები (ბუნებრივ პირობებში)

№ ცდები	ცდების ხასიათი	თარიღი	ტემპერატურა ცდებში 13—15 საათ.	ჰაერის ტემპერატურა მზეზე 2 სმ. სიმაღლეზე 13 საათ.	მზის პირდაპ. რადიაციის დაძაბულობა პერპენდიკულ. ზედაპირზე 12—13 საათ.	მზის პირდაპ. რადიაციის დაძაბულობა ჰორიზონტ. ზედაპირზე 12—13 საათ.	რამდენ ხანში დაიხოცა მწელა?	ცოცხლად დარჩენ. %
1	მიწის ხუფიანი ღია ყუთი	22. VII	42—45°	59,4°	1.30	1.22	20 წ.	—
2	მიწის ხუფიანი დახურული ყუთი	23. VII	44°	64,7°	1.30	1.22	8-10 წ.	—
3	მუყაოს ღია ყუთი	23. VII	45°	64,7°	1.30	1.22	20 წ.	—
4	მუყაოს დახურული ყუთი	22. VII	42—45°	59,4°	1.30	1.22	—	100
5	მუყაოს ღია ყუთი (მატლები აბრეშ. პარკში)	12. VIII	40—41°	42,7°	1.03	0,96	35-40 წ.	—

ტაბულის მონაცემების მიხედვით პირველ რიგში აღსანიშნავია, რომ ამ შემთხვევაშიც მზის სხივადი ენერჯიის მოქმედების შედეგად ტროგოდერმის მატლები, როცა მზის სხივები აღწევენ მათ ან იმ ობიექტს, რომელშიც ისინი იყვნენ შემალულნი, შედარებით ჩქარა იხოცებოდნენ, 8—40 წუთის განმავლობაში, როცა ტემპერატურა ცდებში უდრიდა 40—45°, ჰაერის ტემპერატურა მზეზე აღწევდა 42,7—64,7°, მზის რადიაციის დაძაბულობა კი პერპენდიკულარული ზედაპირისათვის გამოიხატებოდა 1,08—1,30 და ჰორიზონტალურ ზედაპირისათვის 0,96—1,22 მც. კალორიაში. გამოდის, რომ მოქმედების ხანგრძლივობის ეს შედეგები ძალიან მცირედ განსხვავდებიან ლაბორატორიული ცდების

¹ ცდებისათვის მარტო მატლები გამოყენებული იყო იმიტომ, რომ ისინი წარმოადგენენ ამ მავნებლის განვითარების ყველაზე უფრო მოძრავ სტადიას. ამის გამო მიღებული შედეგები. თუ მხედველობაში იქნება მიღებული ლაბორატორიული ცდების შედეგები, სრულიად გამოსაყენი იქნებიან სოკოებისათვის და მით უფრო კუპრისა და კვერცხებისათვის.

შედგებისაგან. ამავე დროს ირკვევა ისიც, რომ ტროპოდერმის ხნიერი მატლები, გამხმარ მწერებში მოთავსების მიუხედავად, მაინც იხოცებოდნენ მზის სხივების მოქმედების შედეგად. მხოლოდ მაშინ, როცა ამ სხივების მიღწევა შედარებით უფრო გაძნელებული იყო, მაგალ., აბრეშუმის პარკში მატლების მოთავსების დროს, მათი დახოცვა გვიანდებოდა (ნაცვლად 15—20 წუთისა, პარკში მოთავსებული მატლები იხოცებოდნენ 35—40 წუთში). საპაგიროდ ზოგიერთ მატლებს სრულიად არ იხოცებოდნენ მაშინ, როცა ისინი მოთავსებული იყვნენ მუყაოს დახურულ ყუთში. ე. ი. როცა მზის სხივები მათ სრულიად ვერ აღწევდნენ. მიუხედავად იმისა, რომ ამ ყუთის ჰაერის ტემპერატურული პირობები მხოლოდ ერთეული გრადუსებით განსხვავდებოდნენ (ტემპერატურა აქ უფრო მაღალი იყო, იხ. ტაბ. 4), იმ თავსადილ (ლია), მინის ხუფიან ან აგრეთვე თავსადილ (ლია) მუყაოს ყუთების ჰაერის ტემპერატურააგან, რომლებშიც მატლები 100%-ით 20—40 წუთში იხოცებოდნენ. ეს ცდა, რამდენიმეჯერ გამეორებული, კიდევ ერთხელ ამტკიცებს იმას, რომ მზის რადიაცია, როგორც ხვეით აღვნიშნეთ, მწერის ირგვლივ ტემპერატურის აწევასთან ერთად ქიმიურადაც მოქმედებს მწერის ორგანიზმზე და მასში ფოტობიოლოგიურ პროცესს იწვევს (ძირითადად შთანთქმულ სხივების მიერ სითბოს გამოყოფას). როგორც ყუთებში ტემპერატურის გაზომვებმა გვაჩვენეს (იხ. ტაბ. 5), მინის ხუფი იწვევს დახურულ ყუთში ტემპერატურის თითქმის ერთიორად აწევას და ამიტომ მინის ხუფიან დახურულ ყუთში მატლები უფრო ჩქარა იღუპებოდნენ (8—10 წუთში), ვიდრე ლია ყუთებში (20 წუთში) იმ დროს, როდესაც უკანასკნელების ირგვლივ ჰაერის ტემპერატურა მზეზე დაახლოვებით იგივე იყო, როგორც თავდახურულ მინის ხუფიან ყუთების ირგვლივ.

ტაბულა 5

მზის რადიაციის მოქმედება ენტომოლოგიურ ყუთების ტემპერატურაზე სხვადასხვა პირობებში (ცვლები ჩატარებულია გარეთ, ეზოში)

20 მარტი			31 მარტი			10 აპრილი		
მინის ხუფიანი დახ. ყუთი	მინის ხუფიანი ლია ყუთი	მუყაოს დახურ. ყუთი	მინის ხუფიანი დახ. ყუთი	მინის ხუფიანი ლია ყუთი	მუყაოს დახურ. ყუთი	მინის ხუფიანი დახ. ყუთი	მინის ხუფიანი ლია ყუთი	მუყაოს დახ. ყუთი
22°	22°	22°	17°	17°	17°	18°	18°	18°
41°	19°	18°	35°	17°	22°	47°	29°	33°
35°	17°	17°	39°	15°	24°	52°	23°	36°
37°	20°	19°	40°	15°	23°	53°	29°	37°
41°	20°	22°	41°	17°	25°	53°	29°	33°
43°	21°	23°	41°	17°	26°	51°	28°	37°
42°	21°	23°	42°	18°	27°	52°	29°	37°



მუზეუმის ხოჭოს მატლებზე დაყენებულმა ცდებმა დაახლოვებით შედეგები მოგვცა (იხ. ტაბულა 6).

ტაბულა 6

მუზეუმის ხოჭოს პირველ ხნოვანობის მატლებზე ჩატარებული ცდების შედეგები (აუნებრივ პირობებში)

№ რიგზე	კდების დაყენების ხასიათი	თარიღი	ტემპერატურა ცდის 13—15 საათში				მზის პირდაპირი რადიაციის დაძაბულობა ჰერმენდიკულურ ხელაპირზე	მზის პირდაპირი რადიაციის დაძაბულობა ჰორიზონტალურ ხელაპირზე	რამდენ ხანში დაიხოცა ყველა?	ცოცხლ. დაჩენილობა %
			45°	46,3°	1,21	1,14				
1	მინის ხუფიანი ყუთი . . .	24. VI	45°	46,3°	1,21	1,14	40—50 წ.	—		
2	მინის ხუფ. ყუთი (მატლები აბრეშუმის პარკში) . . .	24. VI	45°	46,3°	1,21	1,14	15—20 წ.	—		

ამ შემთხვევაშიც, როგორც ტაბულა გვიჩვენებს, მუზეუმის ხოჭოს მატლები იხოცებოდნენ ჰაერის ტემპერატურისა და მზის პირდაპირი რადიაციის დაძაბულობის დაახლოვებით იმავე პირობებში მოთავსებული, როგორც ტროგოდერმის მატლები, 15—50 წუთის განმავლობაში. ამგვარად, შედარებით მცირე განსხვავება გამოიხატება იმაში, რომ მუზეუმის ხოჭოს მატლები იღუპებოდნენ ცოტა უფრო გვიან, ვიდრე ტროგოდერმის მატლები (იხ. ტაბ. 4). ეს მოვლენაც ლაპარაკობს მზის სხივების ფოტობიოლოგიური მოქმედების სასარგებლოდ: მუზეუმის ხოჭოს მატლები ცდებში ყველა პირველ ხნოვანობისა იყო და ისინი გაცილებით უფრო ადვილად და ღრმად იმალებოდნენ გამხმარ მწერებში და მათ ქვეშ, ვიდრე ტროგოდერმის უფრო ხნიერი მატლები; ამიტომ მზის სხივადი ენერჯია მათზე უფრო გვიან მოქმედებდა. რომ ეს შეეფერება სინამდვილეს, იქიდანაც ჩანს, რომ მუზეუმის ხოჭოს იგივე პირველ ხნოვანობის მატლები, მოთავსებული აბრეშუმის პარკებში (რომლებსაც კედლები უფრო ადვილად უშვებდნენ სხივებს, ვიდრე გამხმარი მწერები), პირიქით, უფრო ადრე იხოცებოდნენ (15—20 წუთში), ვიდრე იმავე პირობებში მოთავსებული ტროგოდერმის ხნიერი მატლები (35—40 წუთში, ტაბულა 4). და ასეც უნდა ყოფილიყო, რადგან, როგორც ზევით იყო აღნიშნული, ახალგაზრდა მატლები მზის სხივების მოქმედებას უფრო კერ უძლებენ, ვიდრე ხნიერი მატლები.

თუ შევაჯამებთ ბუნებრივ პირობებში ჩატარებული ცდების შედეგებს, შეიძლება ხავასმით აღნიშნოს, რომ იმავე დასკვნებს მივიღებთ, როგორც აქას ჰქონდა ადგილი ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული ცდების დროს: მზის პირდაპირი რადიაციის გამოყენებით შეიძლება ამ ორი მავნებლის წინააღმდეგ ბრძოლის წარმატებით ჩატარება შედარებით მოკლე დროში და მაშინაც კი, როცა მავნებელი

შემალული იქნება პატარა გამხმარ მწერებში ან აბრეშუმის პარკებში. სამწუხაროდ, არ არის მხოლოდ გამორკვეული, თუ არა მისი ფენად უნდა იქნეს გაყრილი აბრეშუმის პარკი, რომ მზის სხივებმა იმოქმედონ მასში დამალულ მატლებზე, და იმოქმედებს თუ არა პარკის მზის სხივებით განათება მის ხარისხზე. გამორკვეული არ არის აგრეთვე ისიც, თუ მზეზე ჰაერის რა ტემპერატურის დროს და მზის პირდაპირი რადიაციის რა დაძაბულობის დროს იწყება და წყდება მავნებლის დაზოცვა.

მიუხედავად ამისა, მზის პირდაპირი რადიაციის საშუალებით ტროპიკულ რაიონებსა და მუზეუმის ხოჭოსთან ბრძოლა მწერების (საერთოდ ფენსახსრიანთა) კოლექციების და პატარა ცხოველების დოკუმენტების დეზინსექციის დროს შეიძლება მარტივ შემთხვევებში ტექნიკურად ასე ჩატარდეს: მიზანშეწონილია მავნებლით მოდებული კოლექციები მოთავსებული იყოს მინის ხუფიან ენტომოლოგიურ ყუთებში და უკანასკნელები მჭიდროდ დახურვის შემდეგ (მავნებელი რომ არ გაიფანტოს) დაწყობილი იყოს ცალ-ცალკე მზეზე, რაც შეიძლება უქარო და მზიან დღეს, მაგალითად, ჰაერის ტემპერატურა ამ დროს მზეზე არ უნდა იყოს 40—42° მცირე, მზის პირდაპირი რადიაციის დაძაბულობა კი პერპენდიკულარულ ზედაპირზე უდრიდეს დაახლოებით მინიმუმ 1,30-ს და ჰორიზონტალურ ზედაპირზე კი — 1,20 მც. კალორიას. ამ მდგომარეობაში ყუთები მზეზე უნდა იქნეს დატოვებული სულ ცოტა 40—60 წუთი. ამავე დროს ყუთების ხუფის მინა ისე უნდა იყოს ჩამოღობილი, რომ მზის სხივები ანათებდნენ ყუთის მთელ შიგნითა ნაწილებს. შესაძლებელია მთლიანად მუყაოსგან ან მერქნისაგან გაკეთებული ყუთების გამოყენებაც, მაგრამ მაშინ მათი სახურავები ისე უნდა იქნეს ახდელი, რომ მზის სხივები ამ შემთხვევაშიც ანათებდნენ ყუთის მთელ შიგნითა ნაწილებს; ამასთანავე ყურადღება უნდა მიექცეს იმსაც, რომ ამ ყუთებიდან არ ამოცოცდნენ ხოჭოები და მატლები.

უფრო კარგი შედეგების მიღებისა და კოლექციების დეზინსექციის უფრო დიდი მასშტაბით ჩატარების მიზნით მიზანშეწონილი იქნება ტროპიკულ რაიონებსა და მუზეუმის ხოჭოების საწინააღმდეგოდ გამოყენებულ იქნეს კ. ტროფიმოვის მიერ კონსტრუირებული და შუა აზიაში უკვე გამოყენებული აბრეშუმის პარკში ჭურჭლის გამოსახრჩობისმავარი დანადგარები, რომლებსაც ჩვენ ვუწოდებთ „ჰელიოდენსექტორებს“. ამ ჰელიოდენსექტორებში ფართოდ უნდა იქნეს გამოყენებული „ცხელი ყუთის“ პრინციპი. ეს პრინციპი კი იმაში გამოიხატება, რომ მინა კარგად ატარებს შედარებით მოკლე ტალღიან რადიაციას და სრულიად არ ატარებს გრძელ ტალღიანს. ამის გამო მზის სხივები კარგად გადიან მინაში (მცირე რაოდენობით ხდება არეკვლა და შთანთქმა) და შთანთქმის უნარიანი ყუთის შიგნითა ნაწილები ატებიან და თითონ ხდებიან წყაროდ გრძელ-ტალღიანი რადიაციისა (უმთავრესად 5—6 μ და განსხივების სახით), რომელსაც არ ატარებს მინა. ამის შედეგად ყუთში ხდება სითბოს დაგროვება და ტემპერატურის აწევა“ (კალბრტინი 5, გვ. 293). ეს მოვლენა ნათლად გამოხატულია მე-5 ტაბულაში (მინის ხუფით დახ. ყუთი).

მაგრამ არ უნდა დაგვაიწყდეს ის გარემოება, რომ მწერების კოლექციებისა და ცხოველების დოკუმენტების ამ წესით დეზინსექცია შესაძლებელია მხოლოდ

შენობის გარეშე მზეზე. ამიტომ შენობაში დარჩენილი მავნებლების საწინააღმდეგოდ საჭიროა გამოყენებულ იქნეს დეზინსექციის სხვა საშუალებები. დელობაში გვექონდა მიღებული, როცა ტროგოდერმისა და მუზეუმის ხოქოს განვითარების ყველა სტადიების მიმართ ჩვენ გამოვცადეთ ფლიციდი და კარგო შედეგებიც მივიღეთ (4). ამ მონაცემების მიხედვით შენობის 1 კუბ. მეტრზე საკმარისია 15—20 გრამი ფლიციდის და 2—3 საათის ექსპოზიცია იმისათვის, რომ მოისპოს ტროგოდერმისა და მუზეუმის ხოქოს განვითარების ყველა სტადია, თუ ამ სითხეს შესაფერისი წესების დაცვით შევასხურებთ.

ამგვარად, მწერთა კოლექციებისა და ცხოველთა დოდოჩების მავნე მწერებთან ბრძოლისათვის ჩვენ ვიძლევიტ პრაქტიკისათვის გაცილებით უფრო მისაღებ საშუალებას მზის რადიაციისა და ფლიციდის გამოყენების სახით, ვიდრე ამას აქამდე ჰქონდა ადგილი. ეს გასაგებია, თუ გავიხსენებთ, რომ იმავე მიზნით გოგირდ-ნახშირბადის, ქლოროპკრინისა და ციანაზით შენობის ფუშიგაცია ჯერ ერთი რომ ძალიან ძვირი ჯდება და შემდეგ კიდევ ამ შხამების პრაქტიკაში გამოყენება ხშირად შეუძლებელი ხდება აღამიანებისა და ცხოველების ადვილად მოშხამვის გამო. ფლიციდი კი ამ მხრივ უვნებელი შხამია (საშიშია მხოლოდ ხანძრის მხრივ) და იმავე დროს ის მზადდება ადგილობრივ (თბილისში), საქ. ჯანმრთ. სახ. კომ. სააფთიაქო სამართველოს მიერ დიდი რაოდენობით და იაფ ფასებშიც (მზადდება სარეველა ბალახ გვირილას ყვავილებისა და ნაფთისაგან).

იმავე წესით შესაძლებელი იყო ამ ორი მავნებელით მოდებული აბრეშუმის პარკის დეზინსექცია, მაგრამ, როგორც ზევით იყო აღნიშნული, ჯერ კიდევ არ არის დამუშავებული საკითხი, თუ რა სისქის ფენად უნდა გაიშალოს პარკი და თანაც როგორ იმოქმედებს მზის სხავები პარკის ხარისხზე.

5. მავნე მწერებთან ბრძოლაში მზის რადიაციის გამოყენების პერსპექტივები საქართველოში

როგორც კალიტინი (5) აღნიშნავს, მზე წარმოადგენს ენერჯის დაუზრეტელ წყაროს. დედამიწის ზედაპირი (სათის განმავლობაში ლებულობს 2×10^{14} საათის ცხ. ძალისა, წელიწადში კი — 2×10^{18} საათის ცხ. ძალისა. იმავე დროს დედამიწის წლიური მოთხოვნა ენერჯიაში დაახლოვებით უდრის 2×10^6 საათის ცხ. ძალისა, ე. ი. მზეს შეუძლია მოგვცეს მილიარდჯერ მეტი ენერჯია, ვიდრე ახლა არის საჭირო (გვ. 292). ამის მიხედვით გასაგებია, რომ მზის რადიაციის გამოყენების პერსპექტივები ძლიერ დიდია და ამ მხრივ მის გამოყენებას დაბრკოლებები არ გადაელობება წინ; საჭიროა მხოლოდ ეს ენერჯია რაციონალურად და დიდი მასშტაბით იქნეს გამოყენებული.

კერძოდ, მავნე მწერებთან ბრძოლაში მზის რადიაციის გამოყენების შესაძლებლობა შემდეგნაირადაც გვაქვს წარმოადგენილი. პირველ რიგში უნდა გამოირკვეს საკითხი, თუ კავშირის რომელ ადგილებში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბრძოლის ეს მეთოდი. ამ კითხვაზე უკვე პასუხს იძლევა კ. ტროფიმოვი (17), როცა აღნიშნავს, რომ მზის ენერჯის გამოყენება ჩვენი კავშირის სახალხო მეურნეობაში ძირითადად მისაღებია შუა აზიისა, ყირიმისა, კავ-

კასიისა და სამხრეთ უკრაინისათვის, და ეს ნათლად ჩანს ქვემოთ მოყვანილი ტაბულიდან (კალიტინის მიხედვით, 5).

ტაბულა 7

მზის რადიაციის სითბოს ჯამები (კალორიებში) პერპენდიკულარულ ზედაპირისათვის ზეზონების მიხედვით და წლის განმავლობაში, და ჰორიზონტალური ზედაპირისათვის წლის განმავლობაში

№ რიგზე	დაკვირვების პუნქტები	დაკვირვების წლების რიცხვი	ხ.მთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური		შენიშვნა
							პერპენდიკულარი	ჰორიზონტ. ხედ. პირი	
1	უბე „ტიხია“	1	0	20 100	25 400	400	45 900	—	გამოტოვებული ადგილები აჩვენებს, რომ მონაცემები არ არის
2	ოლუცი	20	4 800	29 900	36 500	11 300	82 500	39 800	
3	სვერდლოვსკი	7	9 200	29 200	37 800	13 500	89 600	—	
4	მოსკოვი	5	6 200	36 100	45 700	15 500	103 500	—	
5	ვარონეჟი	3	6 900	34 000	41 100	21 000	103 000	54 700	
6	ოდესა	4	8 600	33 300	51 900	26 800	120 600	63 000	
7	ფეოდოსია	4	9 500	33 000	52 600	28 000	123 700	71 600	
8	ევპატორია	6	11 000	35 600	57 800	33 600	139 700	79 300	
9	თბილისი	7	16 500	33 200	48 800	22 800	128 300	83 600	
10	ტაშკენტი	10	19 700	42 500	69 800	44 700	176 700	102 700	

ტაბულაში ხაზგასმულია ის გარემოება, რომ რადიაციის სითბოს ჯამების მიხედვით პერპენდიკალური ზედაპირისათვის საქართველოს (თბილისი) უკავია შესამე ადგილი, ჰორიზონტალური ზედაპირისათვის კი — მეორე, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ მანე მწერებთან ბრძოლაში მზის რადიაციის გამოყენებას საქართველოში განსაკუთრებით კარგი პირობები აქვს შექმნილი შუა აზიის შემდეგ.

იმავე ტაბულიდან ნათლად ჩანს, რომ სხივადი ენერჯიის გამოყენება არ შეიძლება მთელი წლის განმავლობაში. იმის გამო, რომ ადრე გაზაფხულსა, ზამთარსა და გვიან შემოდგომაზე მზე დაბლა დგას და ამის გამო რადიაციის ინტენსივობა ძლიერ ეცემა და ამავე დროს ადგილი აქვს დიდ ღრუბლიანობას და ჰაერის ტემპერატურის დაცემას, მიზანშეწონილი იქნება წლის ამ პერიოდებში მზის რადიაციის გამოყენებაზე, კერძოდ მწერების წინააღმდეგ ბრძოლაში, თუ მხედველობაში მივიღებთ ჩვენ მონაცემებს, უარი ვთქვათ. უკანასკნელი დებულების სასარგებლოდ აჩვენებს ტაბულა 8 (იხ. ტაბ. 8).



პერპენდიკულარული და ჰორიზონტალური ზედაპირისათვის მზის პერპენდიკულარული (მრავალი წლები დაკვირვებათა მიხედვით) თბილისისათვის (თბილისის გეო

წილ რიცხვი	თვეები	4-5 ს.		5-6 ს.		6-7 ს.		7-8 ს.		8-9 ს.		9-10 ს.		10-11 ს.	
		ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე
1	მარტი . . .	—	—	—	—	0,05	0,31	0,21	0,80	0,43	1,11	0,67	1,25	0,33	1,31
2	აპრილი . . .	—	—	0,03	0,25	0,12	0,70	0,45	0,97	0,65	1,17	0,87	1,26	0,98	1,32
3	მაისი . . .	—	—	0,28	0,45	0,25	0,85	0,53	1,08	0,71	1,20	0,90	1,27	1,11	0,31
4	ივნისი . . .	0,02	0,18	0,13	0,58	0,33	0,87	0,58	1,10	0,82	1,21	1,02	1,29	1,17	1,32
5	ივლისი . . .	—	—	0,09	0,47	0,27	0,80	0,50	1,00	0,74	1,14	0,85	1,22	1,10	1,27
6	აგვისტო . . .	—	—	0,05	0,28	0,19	0,70	0,40	0,95	0,66	1,12	0,87	1,20	0,99	1,25
7	სექტემბერი . . .	—	—	0,01	0,16	0,11	0,54	0,30	0,83	0,54	1,08	0,75	1,20	0,90	1,27
8	ოქტომბერი . . .	—	—	—	—	0,11	0,30	0,30	0,73	0,54	1,00	0,75	1,19	0,91	1,27
9	ნოემბერი . . .	—	—	—	—	0,05	0,16	0,20	0,53	0,41	0,95	0,61	1,03	0,75	1,17

ტაბულიდან ნათლად ჩანს, რომ, როგორც ზევით იყო აღნიშნული, დაახლოებით ნოემბრიდან აპრილამდე პერპენდიკულარული და ჰორიზონტალური ზედაპირისათვის მზის პირდაპირი რადიაციის დაძაბულობა შედარებით სუსტია, მაკრამ ამ საქმეში მნიშვნელობა აქვს დღის საათებსაც. როგორც ტაბულიდან ჩანს, განსაკუთრებით ადრე გაზაფხულზე და გვიან შემოდგომაზე დღის და საღამოს საათებში მზის რადიაციის დაძაბულობა შედარებით სუსტია და ამიტომაც მისი ენერჯის მაქსიმალურად გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ გაზაფხულის ბოლოდან შემოდგომის დასაწყისამდე, როცა დღის გვიან და საღამოს ადრე საათებში ეს დაძაბულობა შედარებით უფრო ძლიერია.

ტროპიკებისა და მუზეუმის ხოქოს გარდა მზის რადიაციის გამოყენება შესაფერის პერსპექტივებს გვისანავს ფესხაანსრიანთა კოლექციებისა და პატარა ცხოველთა დოლოზების სხვა მვენებლების წინააღმდეგ. ბრძოლისათვის. ხაზგასმით იგვე ითქმის აბრეშუმის პარკისა, საკვები პროდუქტებისა, ტანისამოსისა და სხვ. ამგვარი მვენებლების შესახებაც, ე. ი. ძირითადად იმ მვენებლების შესახებ, რომლებიც არ ცხოვრობენ (არ იკვებებიან) მცენარეებზე (ცხოველებზე), რადგანაც მზის რადიაცია ისეთსავე გავლენას მოახდენდა ამ უკანასკნელებზე,

რადიაციის დაზარალების (მც. კალორიებში) საშუალო თვიური მონაცემები უბრალოდ დახვეწის აქტინომეტრის განკუთვ. მასალების მიხედვით.

11-12 ს.		12-13 ს.		13-14 ს.		14-15 ს.		15-16 ს.		16-17 ს.		17-18 ს.		18-19 ს.		19-20 ს.	
ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე	ჰორიზონტალურ ზედაპირზე	პერპენდიკულარ. ზედაპირზე
0,93	1,35	0,95	1,36	0,88	1,34	0,74	1,30	0,50	1,17	0,16	0,85	0,04	0,32	—	—	—	—
1,11	1,34	1,11	1,34	0,98	1,33	0,89	1,30	0,65	1,20	0,40	1,13	0,16	0,76	0,04	0,29	—	—
1,20	1,34	1,20	1,34	1,12	1,32	0,96	1,29	0,77	1,21	0,50	1,05	0,21	0,87	0,07	0,82	—	—
1,24	1,34	1,25	1,39	1,15	1,32	1,03	1,29	0,83	1,22	0,58	1,10	0,33	0,90	0,13	0,56	—	—
1,20	1,30	1,20	1,30	1,09	1,27	0,95	1,24	0,77	1,16	0,55	1,04	0,31	0,85	0,12	0,54	0,01	0,17
1,10	1,27	1,10	1,28	1,03	1,27	0,90	1,23	0,70	1,15	0,46	1,04	0,23	0,77	0,06	0,30	—	—
0,95	1,30	1,00	1,30	0,91	1,23	0,75	1,21	0,52	1,09	0,28	0,87	0,10	0,53	0,00	0,17	—	—
1,00	1,29	1,00	1,29	0,90	1,27	0,75	1,17	0,52	0,92	0,28	0,64	0,10	0,22	—	—	—	—
0,81	1,23	0,78	1,22	0,70	1,18	0,53	1,03	0,31	0,76	0,12	0,30	—	—	—	—	—	—

როგორც მათ მავნებლებზე, და თანაც მზის სხივადი ენერჯის მოქმედება შენელებული იქნებოდა ამ ორგანიზმთა ზეგავლენით (იხ. ზევით, გვ. 76, ლოზინა-ლოზინსკის მონაცემები, 9).

მაგრამ ამ მიმართებით ჯერ კიდევ ბევრია გასაკეთებელი. პირველად ყოველისა დადგენილ უნდა იქნეს მზის რადიაციის მოქმედება ამ მავნებლების განვითარების სხვადასხვა სტადიებზე, შემდეგ დაზუსტებული უნდა იქნეს მზის რადიაციის მოქმედების ექსპოზიცია, უნდა გამოირკვეს აგრეთვე მისი ნორმები მცირე კალორიებში და ჰაერის ის ტემპერატურა მზებზე, როცა მზის სხივადი ენერჯია იწყებს სასიკვდილო მოქმედებას მწერებზე. უნდა გამოირკვეს აგრეთვე, თუ რა სახით უნდა გაიფინოს მზეზე მავნებლებით მოდებული მასალა (შრის სისქე, არევის წესები და სხვ.), როგორ მოქმედებს მზის რადიაცია მასალის ხარისხზე და ა. შ. მხოლოდ ყველა ამ საკითხების დამუშავების შემდეგ იქნება მიზანშეწონილი ყოველ ცალკე შემთხვევაში ჰელიოდეზინსექტორების დამზადებაზე ზრუნვა. ჯერჯერობით კი ჩვენი მონაცემების მიხედვით შეიძლება



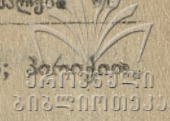
ითქვას, რომ ფეხსახსრიანთა კოლექციებისა და პატარა ცხოველთა დოკუმენტების სადებინსექციოდ უკვე პრაქტიკაში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მისი რადიაცია, და დროა მუზეუმებისა და ისეთ სამეცნიერო-საკვლეო ინსტიტუტებისა და სადგურებისათვის, რომლებიც ინახავენ მწერების კოლექციებს და ცხოველთა დოკუმენტებს, შემოაღნიშნულა „ჰელიოდეზინსექტორების“ კონსტრუქციის დამუშავებას მიეყვით ხელი. ეს ჰელიოდეზინსექტორები სრულიად არ დაჯდება ძვირი და, ამგვარად, მავნე მწერებთან ბრძოლაში მზის რადიაციის გამოყენების მეთოდი უნდა ჩაითვალოს პრაქტიკაში ადვილად გამოსაყენებელ და იაფ მეთოდად. ამის მიხედვით მის ფართოდ გამოყენებას ჩვენში დროულად ჯეროვანი ყურადღება უნდა მიექცეს. მაგრამ აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ მწერების წინააღმდეგ ბრძოლაში მზის რადიაციის გამოყენების საკითხების დამუშავების დროს მხედველობიდან არ უნდა იქნეს გამოშვებული ის უარყოფითი მხარეები, რომლებიც თან ახლავს ბრძოლის ამ მეთოდს. ამ მხრივ პირველ რიგში ხაზგასასმელია მზის რადიაციის უარყოფითი გავლენა სათესლე მასალის აღმოცენების უნარზე (40° და მეტი ტემპერატურა აღმოცენებას უკარგავს თესლს) და ამის გამო, ცხადია. მისი გამოყენება მიუღებელი იქნება ასეთი სახის მასალის სადებინსექციოდ (შოროხოვი, 24). ამას გარდა არ უნდა დაგვაფიქვდეს ისიც, რომ ბრძოლის ეს მეთოდი ძლიერ დამოკიდებულია მეტეოროლოგიური პირობებისაგან (უმთავრესად ღრუბლიანობ-საგან) და ამასთანავე მისი გამოყენების დიაპაზონი შედარებით მცირეა (გაზაფხულის ბოლოდან შემოდგომის დასაწყისამდე). ამის გამო წარმოების პირობებში საქიროების დროს ზოგ შემთხვევებში მზის რადიაციის ნაცვლად უნდა გამოყენებულ იქნეს ბრძოლის სხვა საშუალებებიც.

დასასმები

1. მავნე მწერების წინააღმდეგ ბრძოლაში მზის რადიაციის გამოყენების შესახებ ლიტერატურაში ძლიერ მცირე ცნობები მოიპოვება და ისიც ზოგადი ხასიათისა. კერძოდ, დოც. მ. ჭელიძის მიერ ამ მიმართულებით ჩატარებული ცდები (საიმინდის ჩრჩილზე) დაზუსტებას მოითხოვენ.

2: მზის რადიაციის მოქმედება გამოცდილი იყო ტროგოდერმისა (*Trogoderma nigrum* Hbst.) და, შედარების მიზნით, მუზეუმის ხოჭოს (*Anthrenus verbasci* L.) განვითარების სხვადასხვა სტადიებზე 1942 წლის ზაფხულის განმავლობაში. ცდები ტარდებოდა ლაბორატორიულ (ბიუქსებში) და ბუნებრივ პირობებში (ენტომოლოგიურს ბუყაოს ყუთებში).

3. ლაბორატორიული ცდების მიხედვით მზის სხივადი ენერგიის მოქმედების შედეგად ტროგოდერმის განვითარების ყველა სტადიები იხოცებოდა 2—20 წუთის განმავლობაში, როცა ჰაერის ტემპერატურა ცდებში უდრიდა 40—44°C, მზეზე ნიადაგის ზედაპირიდან 2 სმ. სიმაღლეზე 41—41,8°C და ზოგჯერ 61,7°C, მზის პირდაპირი რადიაციის დაძაბულობა პერპენდიკულარულ ზედაპირზე კი აღწევდა 1,05—1,40 მც. კალ., ჰორიზონტალურ ზედაპირზე — 0,93—1,31 მც. კალ. ამ შემთხვევებში განსაკუთრებით ნაზი აღმოჩნდა პირველი



ხნოვანობის მატლი, რომელიც იღუბებოდა 2 წუთის განმავლობაში; პირველი უფრო გვიან იხოცებოდნენ კვერცხები (20 წუთში).

4. მუზეუმის ხოკოების კვერცხებსა და მატლებზე იმავე პირობებში ჩატარებული ცდები დაახლოებით იმავე შედეგებს იძლეოდნენ, როგორც ტროგოდერმისზე ჩატარებული ცდები ლამბორატორიულ პირობებში.

5. ტროგოდერმის განვითარების სხვადასხვა სტადიებზე ლამბორატორიულ პირობებში ჩატარებული ცდების შედეგების იმავე სტადიების ლეტალურ ტემპერატურებთან შედარებით შეიძლება დადგენილად ჩაითვალოს, რომ მზის რადიაციის მოქმედება მავნებელზე გამოიხატება არა მარტო მის ირგვლივ ჰაერის ტემპერატურის აწევაში, არამედ, ამას გარდა, მის ორგანიზმზე ქიმიურ მოქმედებაშიც (ფოტობიოლოგიური მოქმედება).

6. ტროგოდერმის სხვადასხვა ხნოვანობის მატლებზე ბუნებრივ პირობებში ჩატარებული ცდები იძლეოდნენ დაახლოებით იმავე შედეგებს, როგორც ლამბორატორიის ცდები მიუხედავად იმისა, რომ მატლები მოთავსებული იყვნენ გამსმარ მწერებში და აბრეშუმის პარკებში.

7. მუყაოს დახურულ ყუთში (ცდები ბუნებრივ პირობებში) ტროგოდერმის მატლები მზესზე სრულიად არ იხოცებოდნენ იმ დროს, როდესაც დაახლოებით იმავე ტემპერატურულ პირობებში (ჰაერის ტემპერატურა მზესზე ყუთების ირგვლივ უდრიდა 42—45°C) თავხადილ (ღია) მინის ხუფიან და აგრეთვე თავხადილ (ღია) მუყაოს ყუთებში ისინი იხოცებოდნენ 20—40 წუთის განმავლობაში. ეს გარემოებაც ლაპარაკობს იმის სასარგებლოდ, რომ მზის რადიაცია ქიმიურად მოქმედებს ტროგოდერმის მატლებზე (ფოტობიოლოგიური მოქმედება) მათ ირგვლივ ტემპერატურის აწევასთან ერთად.

8. მუზეუმის ხოკოს პირველ ხნოვანობის მატლებზე ბუნებრივ პირობებში ჩატარებული ცდები დაახლოებით იმავე შედეგებს იძლეოდნენ, როგორც ტროგოდერმის მატლების შემთხვევაში.

9. ტროგოდერმისა და მუზეუმის ხოკოებით მოღებულ მწერთა (ფენსახსარიანთა) კოლექციების დეზინსექცია მზის რადიაციის გამოყენებით შეიძლება ჩატარდეს მინის ხუფიან მჭიდროდ დახურულ ენტომოლოგიურს ყუთებში. ეს უკანასკნელები რაც შეიძლება უქაროდ და კარგ მზიან დღეში (უმჯობესია ზაფხულში) უნდა იქნენ დაწყობილი მზეზე ცალ-ცალკე და ამ მდგომარეობაში დატოვებულნი სულ ცოტა 40—60 წუთის განმავლობაში. მთლიანად მუყაოსაგან ან მერქნისაგან გაკეთებული ყუთების გამოყენების დროს მათი ხუფები კარგად უნდა იქნეს ახდილი და ზომები მიღებული, რომ მავნებლები არ გაიფანტონ. შენობებში დარჩენილი მავნებლები კი უნდა მოისპოს ფლაციდის შესხურებით. ამგვარად, საშიში და ძნელად გამოსაყენებელი მზამების (გოვირდნახშირბადი, ქლორპიკრინი, ციანგაზი) ფუმეგაციის ნაცვლად შესაძლებელი ხდება შენობებისა და კოლექციების დეზინსექცია სრულიად უვნებელი და იაფი საშუალებებით.

10. მიზანშეწონილია ტროგოდერმისა და მუზეუმის ხოკოებთან ბრძოლის მიზნით მუზეუმებსა და შესაფერ საბეცნიერო-საკვლევო დაწესებულებების მიერ



გამოყენებულ იქნეს „ჰელიოდინსექტორები“, რომელთა დამზადება დაჯდება.

11. მზის რადიაციის გამოყენება მანე მწერების წინააღმდეგ ბრძოლაში მისაღებია საქართველოს პირობებში გვიან გაზაფხულიდან ადრე შემოდგომამდე.

12. მანე მწერებთან ბრძოლის ეს ახალი საშუალება, რომელიც პრაქტიკულად ადვილი გამოსაყენებელია, შეიძლება ფართოდ იქნეს გამოყენებული შესაფერი გამოკვლევების შემდეგ, ტროგოდერმასა და მუხუჭუმის ხოქოს გარდა, ფესხასსრიანთა კოლექციებისა და პატარა ცხოველების დოდოჩების სხვა მანებლებისა, აბრეშუმის პარკის, საკვები პროდუქტებისა, ტანისამოსისა და სხვა ამაგარი მანებლების წინააღმდეგ, ე. ი. მხოლოდ ისეთი მანებლების წინააღმდეგ, რომლებიც არ ცხოვრობენ (არ იკვებებიან) მცენარეებზე (ან ცხოველებზე). ამავე დროს მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ის უარყოფითი მხარეები, რომლებიც თან ახლავს ამ საშუალების გამოყენებას (სათესლე მასალის აღმოცენების უნარზე უარყოფითი მოქმედება, ძლიერი დამოკიდებულება მეტეოროლოგიურ პირობებისაგან, გამოყენების მცირე დიაპაზონი და სხვა).

ლიტერატურა

1. Александров К., Вишневский В. и Щербakov Н., Гелиопарники и фелотелациды. Ташкент, 1933 г.
2. Виноградская О. Н., Температура *Anopheles maculipennis messeae* Fall.; Зоол. журнал, т. XXI, в. 5, 1942 г., стр. 187—195.
3. Kalanfadse L., Über die Biologie des Museumskäfers (*Anthrenus verbasci* L.) und seine Bekämpfung; Zeitsch. f. ang. Entomologie. В. XIII, H. 2., 1927, зб. 301—311.
4. კალანდაძე ლ. და ჯაში ზ., ტროგოდერმის საწინააღმდეგო ბრძოლის საშუალებათა გამოცდა (იბეჭდება სტალინის სახ. თბ. სახ. უნივერს. შრომებში).
5. Кадитин Н. Н., Актиметрия. Гидромет. изд. Москва, 1938 г.
6. Кадитин Н. Н., Основы физики атмосферы в применении к медицине, 1935 г.
7. Кадитин Н. Н., Актиметрия на курортах, 1937.
8. Левинсон А. Б., Сысели А. Н. и Чистяков Г. К. Курс дезинфекции, дезинсекции и дератизации, 1934 г.
9. Лозина-Лозинский А. К., Температура растений и ее влияние на насекомых; Природа № 3—4, 1942 г., стр. 91—93.
10. Попов Н. А., О физиологическом действии физических агентов, 1940 г.
11. Поль де Кржи, Борьба со смертью, 1936 г.
12. Скороходько А. К., Гигиена сельско-хозяйственных животных, 1940 г.
13. Стрельникова И. Д., К вопросу о продукции теплоты насекомых при дилеции и под действием солнечной радиации; Изв. науч. Инст. им. Лесгафта, т. XIX, в. 1—8, 1935 г.
14. Стрельникова И. Д., Светной фактор экологии животных. Изв. науч. Инст. им. Лесгафта, т. XVI—XVIII, 1934 г.
15. Трофимов К. Г., Сумма тепла от солнечной радиации и проблема ее использования; Соц. наука и техника 1936 г. № 1. Ташкент, стр. 15—30.
16. Трофимов К. Г., Аккумуляция солнечной лучистой энергии для практических целей; Бюллетень пост. актином. комис. № 16, 1930 г., стр. 1—6.
17. Трофимов К. Г., Перспективы использования солнечной энергии в народн. хозяйстве. Энерг. сборн. том. IV. Ташкент, 1935 г., стр. 4—19.

18. Трофимов К. Г., Солнечные водонагреватели: Соц. наука и техника № 5, 1937 г. стр. 61—73, Ташкент.
19. Трофимов К. Г., Опреснение воды солнечной энергией: Соц. наука и техника, 1937 г., № 3, стр. 25—34. Ташкент.
20. Трофимов К. Г., Сушка фруктов в гелиосушилах: Соц. наука и техника, 1936 г., № 2, стр. 60—69. Ташкент.
21. Уингლასორс В. Г., Физиология насекомых, 1937 г.
22. ჭეღოძე მ., სიმინდის ანუ მარცვლეულის ჩრჩილის (*Sitotroga cerealeli* la Oliv.) ბიოლოგია-ეკოლოგიისათვის: ბერძნ. სახ. სამ. ინსტიტუტის შრომები, 1943, № XX, გვ. 83—103.
23. Шорохов П. И. и Шорохов С. И., Вредители запасов зерна и зернопродуктов, 1938 г.
24. Zacher F., Die Vorrats — Speicher — und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung, 1927.
25. Zacher F., Haltung und Züchtung von Vorratschädlinge, Handb. der biolog. Arbeitsmethoden. Abt. IX. Teil 7. H. 3. Lief. 416. 1933.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
უბერეხმლოთა ბიოლოგიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1944. IV. 21)

Проф. Л. Ш. Каландалзе

Материалы к изучению использования солнечной радиации в борьбе против вредных насекомых в Грузии

(Краткое содержание)

Относительно использования солнечной радиации в борьбе против вредных насекомых в литературе очень мало данных и при том общего характера.

В частности, опыты доц. М. И. Челидзе, поставленные над кукурузной молью (*Sitotroga cerealella* Oliv.) требуют уточнения.

В течении 1942 г. проводились испытания действия солнечной радиации на различные стадии развития трогодермы (*Trogoderma nigrita* Hbst.) и музейного жука (*Antheus verbasci* L.). Опыты проводились в лаборатории кафедры зоологии беспозвоночных Тб. Госуд. Университета имени Сталина и в природных условиях (энтомологические картонные ящики).

1. Лабораторные опыты показали, что в бьюксах под влиянием солнечной радиации все стадии развития трогодермы гибли через 2—20 минут, когда температура воздуха в опытах равнялась 40—44° С, а на солнце на высоте в 2 см. от поверхности почвы 41—41,8°, иногда 61,7° С, напряженность же прямой радиации на перпендикулярную поверхность достигала 1,05—1,40 м. кал., а на горизонтальную поверхность 0,93—1,01 м. калор.

В этих случаях особенно нежными оказались личинки первого возраста, которые гибли в течении 2 минут; наоборот, более поздно погибли яйца (через 20 минут).

2. Такие-же опыты с яйцами и личинками музейного жука давали приблизительно те-же результаты, как и опыты с трогодермой в лабораторных условиях.

3. Путем сравнения полученных выше данных опытов в лабораторных условиях с летальными температурами развития различных стадий трогодермы, можно считать установленной, что действие солнечной радиации на вредителя заключается не только в поднятии температуры воздуха вокруг него, но и кроме того, еще в химическом действии на его организм (фотобиологическое действие).

4. Опыты, поставленные в природных условиях над личинками трогодермы разного возраста, давали приблизительно те-же результаты, как и лабораторные опыты, несмотря на то, что эти личинки были помещены в трещины высушенных насекомых и в шелковичные коконы.

5. Но личинки трогодермы вовсе не гибли на солнце в картонных закрытых ящиках (опыты в природных условиях), тогда как приблизительно в тех-же температурных условиях (температура воздуха вокруг ящиков доходила до 42—45° С), но в открытых ящиках (со стеклянной или картонной крышкой) они погибали через 20—40 минут. Это обстоятельство так-же говорит в пользу того, что солнечная радиация в химически действует на личинок (фотобиологическое действие), вызывая в месте с тем повышение температуры воздуха вокруг них.

6. Такие-же опыты в природных условиях над личинками первого возраста музейного жука давали приблизительно те-же результаты как и личинки трогодермы.

7. Исходя из полученных данных можно рекомендовать дезинсекцию коллекций насекомых (членистоногих), зараженных трогодермой и музейным жуком путем использования солнечной радиации. Для этого коллекции насекомых (членистоногих), помещенных в закрытых энтомологических ящиках со стеклянной крышкой в безветренные и в ясные солнечные дни (по возможности летом) следует выставить на солнце в один ряд и таком состоянии оставлять в продолжении самое меньшее 40—60 минут.

В том же случае, когда ящики не будут иметь стеклянных крышек, последние должны быть открыты до отказа и приняты меры, чтобы, вредители не выползали из ящиков.

Что касается дезинсекции помещения для этих коллекций (музей, кабинеты и т. д.), то для этого можно рекомендовать опрыскивание помещения флицидом. Таким образом вместо фумигации опасными и весьма дефицитными инсектицидами, как сероуглерод, хлорпикрин, синиль-

ная кислота, можно провести дезинсекцию помещений и коллекций совершенно безопасными и дешевыми средствами, как солнечные лучи и флюид.

8. Для более рационального использования солнечной радиации в борьбе против трогодермы и музейного жука можно рекомендовать „гелиодезинсекторы“, изготовление которых обойдется сравнительно недорого.

9. В борьбе против насекомых в условиях Грузии использование солнечной радиации возможно с поздней весны до начала осени.

10. Этот новый и практически легкий способ борьбы против вредных насекомых кроме трогодермы и музейного жука после соответствующих опытов и наблюдений может быть рекомендован и против других вредителей коллекции насекомых и других членистоногих, чучел животных и птиц, против вредителей шелковичных коконов, продуктов питания и т. п. вредителей, т. е. против таких вредителей, которые не живут (не питаются) на растениях (на животных). Вместе с тем во внимание надо принять и те отрицательные стороны, которые весьма характерны для этого способа борьбы с вредителями (отрицательное влияние на всхожесть семян, зависимость от метеорологических условий, маленький диапазон использования и т. д.).

Г. Папалашвили

Влияние инбридинга на рост, развитие и вольтинизм у тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L.)

Большой биолог Ч. Дарвин, на основе тщательнейшего изучения всех фактов родственного разведения животным и растений, пришел к следующему выводу: „если и не примем за доказанное, то будем по крайней мере считать в высшей степени вероятным существование великого закона природы: закона, состоящего в том, что скрещивание животных и растений, не близко родственных друг другу, в высшей степени полезно или даже необходимо, а размножение в близких степенях родства в продолжении многих поколений в высшей степени вредно“.

Действительно, подавляющее большинство экспериментальных исследований обнаружили инбридную депрессию у ряда животных организмов.

Инбридную депрессию по ряду физиологических признаков обнаружили у крыс Крампе (Krampe, 1883), Ритцемабос (Ritzema-Bos, 1891), у морских свинок—Райт (Wright, 1922), у *Drosophila melanogaster*—Гемд (Hyde, 1921), у кур—Коль и Галпин (Cole and Halpin), Денн (Dunn, 1928), Хейс (Hayes, 1929), Гудеил (Goodale, 1924), Юл (Jull, 1933), Дамон (Damon, 1930), Данкерли (Dunkerly, 1930), у свиней—Гейуард (Hayward, 1918), Фи, Руссель и Целлер (Mc Phee, Russel and Zeller, 1931), Крафт (Craft, 1932—1934), Ходсон (Hogdson, 1935), у коз—Пушгансен (Push-Hansen, 1920), и у крупного рогатого скота—Вудверд и Гревис (Woodward a. Graves, 1933) и др. (Более подробно см. Папалашвили, 1936).

Депрессия разных признаков у тутового шелкопряда обнаружена сотрудниками Тбилисского и Среднеазиатского науч.-исслед. институтов шелководства и Пятигорской шелкостанции. Наряду с депрессирующим влиянием инбридинга на разные признаки, как-то на жизнеспособность гусениц, плодовитость, вес кокона и др., констатировано также удлинение общего цикла роста и развития шелкопряда.

С целью выяснения поведения отдельных стадий онтогенеза при инбридинге мы изучили продолжительность стадии у инбридированной линии японской бивольтинной породы № 107 (7-е поколение инбридинга), в сравнении с контролем — популяцией той-же породы, а также с гибридом, полученным от скрещивания названной инбридной линии с китайской бивольтинной породой № 101.

Результаты этого исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние инбридинга на длительность отдельных стадий онтогенеза тутового шелкопряда

Порода, линия и комбинация	Длительность эмбрионального периода в часах	Длительность личиночного периода в часах	Длительность нимфозного периода в часах
	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
Японская бив 107	733 ± 5	776 ± 1	353 ± 3
7-ое поколение инбр. японская бив. 107	844 ± 5	862 ± 1	333 ± 1
7-ое пок. инбр. японская бив. 107 × кит. бив. 101	790 ± 17	751 ± 1	349 ± 1
Кит. бив. 101 × инбр. 7-ое поколение яп. бив 107			

Как видно из таблицы, депрессирующее влияние инбридинга на удлинение общего цикла развития проявляется не в одинаковой степени и не в одном направлении на отдельных стадиях онтогенеза.

В наибольшей степени депрессия затрагивает личиночный период, который сильно удлиняется как в сравнении с контрольной популяцией, так и с гибридом.

Эмбриональная стадия также сильно подвергается влиянию инбридинга, но, повидимому, в меньшей степени, чем личиночная, если исходить из удлинения обеих стадий в сопоставлении с гибридом.

Совершенно иначе ведет себя нимфозный период: он не только не удлиняется, а наоборот, даже значительно сокращается против соответствующей стадии у контроля и гибрида.

Таким образом из опыта вытекает вывод, что в наибольшей степени подвергается депрессии та стадия, на которой протекают интенсивные процессы роста, т. е. личиночный период. Тормозятся также, повидимому, и процессы роста, которые имеют место в эмбриональном

периоде. Процессы же развития, происходящие при нимфозе, не только не затормаживаются, но даже как будто несколько ускоряются.

Что процессы роста действительно сильно подвергаются депрессирующему влиянию инбридинга, можно видеть из сравнения с контролем и гибридом среднего веса коконов тех же особей инбридированной линии, которые были взяты для изучения длительности стадий (таблица 2).

Таблица 2

Влияние инбридинга на вес кокона

Порода, линия, комбинация	Средний вес кокона в мг	n
	$M \pm m$	
Японская бив. 107	1438 \pm 23	77
Кит. бив. 101 \times инбр. япон. бив. 107	1262 \pm 16	218
Инбр. яп. бив. 107 \times кит. бив. 101		
7-ое покол. инбр. яп. бив. 107	918 \pm 12	149

В результате понижения интенсивности процессов обмена веществ и снижения уровня усвояемости корма, вес коконов у инбридной линии сильно уменьшился.

В подтверждение этого можно привести аналогичные явления, наблюдавшиеся у позвоночных животных. Так, например, работники Оклахомской опытной станции США (по Кушнеру) обнаружили, что тесный инбридинг (брат \times сестра) проводившийся в течение 6-ти поколений у свиней дюрюкджерсейской породы, наряду со снижением других хозяйственно-важных показателей, привел к понижению коэффициента переваримости пищи и к снижению энергии жизнедеятельности и обмена веществ.

Естественно, что и у тутового шелкопряда депрессирующее влияние инбридинга сильнее всего проявляется на личиночной стадии, где происходят наиболее интенсивные процессы роста, в связи с высокой энергией жизнедеятельности. Также довольно сильно затрагивается депрессией и эмбриональная стадия, в которой, наряду с процессами дифференциации, бурно протекают и процессы роста. Обе эти стадии сильно удлиняются, в отличие от нимфозной стадии, при которой пища не поступает извне в организм и где нет роста, а имеют место только процессы обмена веществ, связанные с метаморфозом.

Как же ведут себя отдельные стадии онтогенеза при общем сокращении цикла развития под влиянием гибридного гетерозиса, или

вернее, какова степень проявления гетерозиса по отдельным стадиям единичного онтогенеза в смысле ускорения их прохождения.

С этой целью нами изучена продолжительность отдельных стадий онтогенеза у гибридов между моновольтинными породами, а также продолжительность тех же стадий у исходных пород. Грена исходных пород и гибридов инкубировалась в одинаковых условиях при температуре 15—16° С, 65—70% влажности в темноте.

Выкормка производилась также в одинаковых условиях. Продолжительность личиночной и нимфозной стадий определялась (см. следующ. стр.) в часах.

Результаты изучения представлены в таблице 3.

В таблице вычислена ожидаемая продолжительность каждой из 3-х стадий онтогенеза, как средняя из длительности этих стадий у исходных пород, в предположении промежуточного наследования этого признака. Разница между ожидаемой продолжительностью стадий и фактически полученной у гибридов выражена в проценте к ожидаемой средней. Этот процент показывает степень влияния гетерозиса на ускорение каждой из стадий.

Из 6-ти исследованных гибридных комбинаций между разными моновольтинными породами у 5-ти комбинаций гетерозис в наибольшей степени проявляется на личиночной стадии: эта стадия сокращается значительно сильнее, чем эмбриональная и нимфозная стадия. Только одна комбинация (кахетинская зеленая X эзерне), в отличие от всех остальных, показала более высокую степень гетерозиса в эмбриональной стадии, чем в личиночной. В эмбриональной и нимфозной стадиях гетерозис в общем выражен слабее, и здесь имеют место большие колебания его интенсивности по отдельным породным сочетаниям. В этом отношении эмбриональный и нимфозный периоды проявляют большое сходство.

Таким образом гетерозис энергичнее всего проявляется на той же самой стадии онтогенеза, где сильнее и инбридная депрессия. По степени интенсивности проявления на эмбриональной стадии оба эти генетические явления также в основном совпадают.

Исходя из совпадения этих явлений, ярче всего проявляющихся на одной и той же личиночной стадии, нужно думать, что если в результате инбридинга понижается интенсивность процессов метаболизма и тем самым удлиняется эта стадия, то гетерозис, наоборот, стимулирует эти процессы, повышая энергию роста и общую жизнедеятельность гусениц, что приводит к сокращению этой стадии.

Влияние гетерозиса на ускорение стадий онтогенеза

Таблица 3

Порода и гибрид	Эмбриональное развитие		Личиночный рост			Нимфоное развитие			
	$M_1 + M_2$ 2	$M \pm m$	Разница в %	$M_1 + M_2$ 2	$M \pm m$	Разница в %	$M_1 + M_2$ 2	$M \pm m$	Разница в %
Асколи	—	862 ± 14	—	—	863 ± 2	—	—	531 ± 3	—
Японская мов.	—	752 ± 5	—	—	835 ± 1	—	—	436 ± 1	—
Яп. мон × асколи	807	792 ± 10	-1,9	851	805 ± 1	-5,4	484	468 ± 1	-3,3
Асколи × яп. мон									
Кахетинская зел.	—	799 ± 14	—	—	801 ± 1	—	—	427 ± 1	—
Эдерне	—	814 ± 20	—	—	893 ± 2	—	—	536 ± 3	—
Кахет. зел. × эдерне	807	728 ± 31	-9,8	817	825 ± 1	-2,5	482	476 ± 1	-1,3
Эдерне × ках. зел.									
Шантунг	—	795 ± 15	—	—	875 ± 3	—	—	392 ± 6	—
Шевкуль	—	902 ± 4	—	—	794 ± 3	—	—	355 ± 3	—
Шантунг × шевкуль	849	816 ± 16	-3,9	835	765 ± 2	-8,4	374	362 ± 1	-3,2
Шевкуль × шантунг									
Китайская 13	—	814 ± 11	—	—	868 ± 2	—	—	450 ± 2	—
Сферико	—	830 ± 13	—	—	864 ± 1	—	—	456 ± 3	—
Кит. 13 × сферико	822	792 ± 10	-3,6	866	811 ± 1	-6,4	453	454 ± 1	+0,2
Сферико × кит. 13									
Шантунг × сферико	813	834 ± 9	+2,6	870	747 ± 3	-14,1	424	406 ± 1	-4,2
Сферико × шантунг									
Бионе	—	909 ± 10	—	—	872 ± 3	—	—	438 ± 3	—
Сферико × бионе	870	858 ± 21	-1,4	868	801 ± 2	-7,7	457	472 ± 2	-3,3
Бионе × сферико									

Различия инбридинга на рост, развитие и половозрелость у тутового шелкопряда

Специальные сравнительно-гематологические исследования, проведенные Кушнером (1941) над межвидовыми и межпородными гибридами (над гибридами между яком и крупным рогатым скотом, между одnogорбым и двугорбым верблюдами, над мулом и межпородными метисами у кроликов), показали, что во всех этих исследованиях гетерозис проявляется в повышении окислительных свойств крови (повышение содержания гемоглобина, увеличение числа эритроцитов и т. д.). На основании этого автор заключает, что гетерозис затрагивает основные физиологические процессы и, в первую очередь, интенсивность метаболизма, от которой в большой степени зависит энергия роста.

У тутового шелкопряда, который имеет качественно резко разграниченные физиологические стадии роста и развития, эта специфика стадии особенно рельефно выступает при инбридинге и гетерозисе, в отличие от позвоночных животных. Инбридинг замедляет, а гетерозис ускоряет физиологические процессы, обуславливающие накопление веществ и энергию роста в стадии наиболее интенсивного роста, т. е. личинки. Стадия же куколки, в которой протекают процессы дифференциации и формообразования, в меньшей степени подвергается как гетерозису, так и инбридной депрессии. Эмбриональная стадия, содержащая как процессы роста, так и дифференциации, ведет себя несколько своеобразно, проявляя все же значительное сходство с нимфозной стадией.

ВЛИЯНИЕ ИНБРИДИНГА НА ВОЛЬТИНИЗМ

Как мы видели выше, инбридинг вызывает ряд физиологических изменений в росте и развитии инбридированных животных, приводящих к депрессии организма в целом или к ослаблению тех или иных полезных признаков.

Влияние инбридинга на вольтинность тутового шелкопряда должно более отчетливо сказаться у бивольтинных пород, так как у них этот признак менее стоек и больше подвержен изменчивости, чем у моновольтинных пород. Поэтому для изучения характера действия инбридинга на вольтинность мы взяли под опыт инбридированные линии бивольтинных пород: японской № 107 в 5-м поколении и аожку в 14-м поколении инбридинга. Обе эти линии получены с Пятигорской шелко-станции.

Инбридное разведение первой линии мы продолжили еще в двух — 6-м и 7-м поколениях, а второй породы — аожку — в 14-м поколении. Одновременно, в качестве контроля, выкармливались в тех же условиях популяции той и другой породы. Кладки каждого поколения инбридных линий и популяций тщательно исследовались на бивольтинность и интервольтинность. Результаты исследований даны в таблице 4.

Результаты исследований влияния инбридинга на вольтизность у тутового шелкопряда

Порода	Поколение инбридинга	Число исследованных кладок	Из них			Процент бивольтирных кладок	Процент интервольтирных кладок	Год и сезон выкармли
			Бивольтирных	Интервольтирных	Моновольтирных			
						$M \pm m$	$M \pm m$	
Япон. бив. 107 . . .	Популяция	292	292	—	—	100	0	Весна 1940 г.
" "	—	361	329	1	31	$91,14 \pm 1,50$	$0,28 \pm 0,28$	Весна 1941 г.
Средние	—	573	541	1	31	$94,42 \pm 0,96$	$0,17 \pm 0,17$	
Япон. бив. 107 . . .	6-ое поколение	144	105	6	33	$72,92 \pm 3,70$	$4,17 \pm 1,66$	Весна 1940 г.
" "	7-ое поколение	182	158	—	24	$86,81 \pm 2,51$	0 0	Весна 1941 г.
Средние	—	326	263	6	57	$80,67 \pm 2,19$	$1,84 \pm 0,74$	
Аожикю	Популяция	83	83	—	—	100	0	Весна 1940 г.
"	14-ое поколение	259	175	8	76	$67,57 \pm 2,91$	$3,08 \pm 1,07$	

Из данных весенней выкармли 1940 года видно, что бивольтизность 6-го инбридного поколения японской породы № 107 снизилась на 27% против популяции той же породы. Сильное снижение бивольтизности против популяции имеет место в инбридной линии породы аожикю, причем разница между ними в бивольтирных кладках достигает 32%.

Это явление естественно следует объяснить более длительным инбридингом применявшимся у этой породы.

Таким образом, результаты исследования 1940 года ясно показывают, что инбридинг вызывает сильное снижение бивольтинизма у тутового шелкопряда.

В меньшей степени оказалось влияние инбридинга на вольтизность весной 1941 года при выкармке 7-го инбридного поколения японской породы № 107. Разность в бивольтирных кладках инбридной линии и популяции выразилась в 4,3%, или в пределах двойной статистической ошибки.

Для окончательного вывода о степени влияния инбридинга на вольтинизм бивольтинных пород следует сравнить суммарные средние значения по проценту бивольтинных кладок за два года инбридной линии японской породы № 107 с популяцией. Это сравнение показывает, что разница между ними составляет $13,75 \pm 2,39$; $\left(\frac{\text{Diff}}{\text{mdiff}} = 5,75 \right)$, т. е. более чем реальна.

Таким образом, основываясь на фактических данных, можно считать установленным, что инбридинг понижает бивольтинность у бивольтинных пород.

Чем же объяснить понижение бивольтинности у тутового шелкопряда при инбридинге? или, вернее, какие процессы, происходящие в его организме в результате тесного родственного разведения, ведут к ослаблению степени бивольтинности?

Действие инбридинга на вольтинизм тутового шелкопряда мы представляем следующим образом: инбридинг депрессирует интенсивность процессов метаболизма, вследствие чего тормозится непрерывное развитие особей (бивольтинность) и усиливается тенденция к мновольтинизму. Это предположение становится особенно вероятным, потому что тесная связь между бивольтинизмом и метаболизмом подчеркивалось еще Юччи (Jucci, C 1930).

Что же касается генетических причин, обуславливающих вредные последствия и депрессию при инбридинге у животных, то нами еще в 1936 году была выдвинута гипотеза, что выщепление при инбридинге скрытых летальных и отрицательно влияющих генов на плодовитость, жизнеспособность, рост, развитие и другие признаки обуславливает только часть этих явлений, другая часть обуславливается рядом рецессивных генов, которые переходят одновременно в гомозиготное состояние.

ВЫВОДЫ

1. В настоящей работе изложены результаты экспериментальных исследований влияния инбридинга на рост, развитие и вольтинизм тутового шелкопряда.

2. В работе устанавливается, что в силу инбридной депрессии сильнее всего удлиняется личиночная стадия, т. е. та стадия, где идут бурные процессы роста. Происходит расстройство процессов обмена веществ, приводящее к торможению роста, что подтверждается также падением веса и величины коконов у инбридированных особей, по сравнению с контрольными. Следующей стадией, которая также значительно подвергается инбридной депрессии, удлиняющей ее во времени, является эмбриональная стадия, где, наряду с процессами дифференциации, имеют

место и процессы роста. Слабее всего действие инбридной депрессии сказывается на нимфозной стадии, которая не только не уменьшается, но даже несколько сокращается у инбридированных особей, по сравнению с контролем.

3. В результате исследования гибридного гетерозиса устанавливается, что он больше всего проявляется на той же личиночной стадии и слабее на эмбриональной и нимфозной.

4. Опытами по изучению влияния тесного инбридинга (брат X сестре) в 6-м и 7-м инбридных поколениях японской бивольтинной породы № 107 и в 14-м поколении японской бивольтинной породы гокику, устанавливается, что инбридинг снижает бивольтинность и повышает моновольтинность у тутового шелкопряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Craft W. A., The effect of inbreeding swine: App. Sci. Agr. 89, 1932.
2. Crampe H., Zuchtversuche mit zahmen Wanderarten. Resultate der Zucht in Verwandtschaft: Landw. Jahrb. 12, 1889.
3. Дарвин Ч., Изменчивость животных и растений в домашнем состоянии (Русск. перев.), 1941.
4. Dutton A. G., The effects of inbreeding on hatchability: Proc. IV worlds Poul. Congress, 1930.
5. Dunkerly L. S., Effects of inbreeding: Proc. IV worlds Poul. Congress, 1930.
6. Dunn L. C., The effects of inbreeding and crossbreeding in fowls: Zeitschr. ind. Abst. u. Vererbungslehre, 1928.
7. Goodale H. B., Inbreeding with Legorns, with particular reference to egg production: Anat. Rec., Bd. 29, 1928.
8. Hayes F. A., Inbreeding in relation to egg production: Mass. Agr. Exp. Sta. Bull. 258, 1929.
9. Hayward H., Report of the Director Delaware: Agr. Exp. Sta. Bull. 119, 1918.
10. Hodgson R., Eight-generation experiment in inbreeding swine: Journ. of Heredity, vol. XXVI, 1935.
11. Hyde R. H., Inbreeding, outbreeding and selection with *Drosophila melanogaster*: Journ. of the Exp. Zool. Vol. 40, 1924.
12. Jull M., Inbreeding and intercrossing in poultry: Journ. of Heredity, vol. XXIV, 1933.
13. Jucci, Notizie sui lavori di Carlo Jucci Sassari, 1930.
14. Кушнер Х. Ф., О генетической и физиологической природе гетерозиса и индукт депрессии: Общ. биол. 1, II, № 2, 1941.
15. McPhee H. C., Russell E. Z. and Zetter I., An inbreeding experiment with Poland china swine: Journ. of Heredity, vol. 22, 1931.
16. Пашалашвили Г., Проблема инбридинга в свете экспериментальных исследований: Проблемы животноводства № 12, 1936.
17. Puch-Hansen, Lehrbuch der allgemeinen Tierzucht. Stuttgart, 1920.
18. Ritzema-Bos I., Untersuchungen über die Folgen der Zucht in engster Blutverwandtschaft: Biol. Zentralblatt, Bd. 14, 1894.
19. Woodward and Graves, Some results of inbreeding grade Guerenen and grade Holstein Friesien Cattle: U. S. Dep. Agr. Techn. Bull. III, 1933.
20. Wright S., The effects of inbreeding and crossbreeding on guine pigs: U. S. Dep. Agr. Bull. 1090, 1121, 1922.

8. კავალაზშილი

ინბრიდინგის გავლენა აბრეშუმის ჭიის (*Bombyx mori* L.) ზრდაზე, განვითარებაზე და ვოლტინიზაციაზე

(ზოგადი დასკვნები)

1. შრომაში მოყვანილია ახლო ნათესაური მოშენების — ინბრიდინგის აბრეშუმის ჭიის ზრდაზე, განვითარებაზე და ვოლტინობაზე გავლენის ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგები.

2. შრომაში მოყვანილი ფაქტობრივი მასალა გვიჩვენებს, რომ ინბრიდინგის შედეგად აღვილი აქვს ინბრიდული დეპრესიის წარმოშობას, რის გამოც სხვა სტადიებთან შედარებით უფრო მეტად მაჭლის სტადია გრძელდება დროში, ე. ი. ის სტადია, რომელშიაც ზრდის ინტენსიური პროცესები მიმდინარეობს. ხდება ნივთიერებათა ცვლის მოშლა, რასაც ზრდის შენელებამდე მიყვავართ. ეს მოვლენა თავის გამოავატულებას პოულობს აგრეთვე ინბრიდული ინდივიდების პარკის სიდიდის შემცირებაში და მისი წონის დაცემაში კონტროლთან შედარებით. ინბრიდული დეპრესიის გავლენას ექვემდებარება ემბრიონალური განვითარების სტადიაც, სადაც დიფერენციაციასთან ერთად ზრდის პროცესებიც მიმდინარეობს.

ინბრიდული დეპრესიის მოქმედება ყველაზე უფრო სუსტად მქლავნდება ნიმფოზის სტადიაზე, როგორც ინბრიდულ ინდივიდებში არამც თუ არ გრძელდება, არამედ რამდენადმე მოკლდება კონტროლთან შედარებით.

3. ჰიბრიდული ჰეტეროზისის სტადიური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ჰეტეროზისი ყველაზე უფრო მეტად მაჭლის სტადიას აჩქარებს დროში, რაც აიხსნება ნივთიერებათა ცვლისა და ზრდის ენერჯის გაძლიერებით. ჰეტეროზისის გავლენა აგრეთვე ნაკლებ მქლავნდება ემბრიონალური სტადიის ხანგრძლივობაზე და უფრო სუსტად ნიმფოზის სტადიის ხანგრძლივობაზე.

4. ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგად ირკვევა, რომ აბრეშუმის ჭიის იაპონურ ბივოლტინურ ჯიშში, სადაც ინბრიდინგი წარმოებდა, მეექვსე და მეშვიდე თაობაში და იაპონური ბივოლტინური ჯიშის აოჩიკუს მეთოთხმეტე თაობაში აღვილი აქვს ბივოლტინობის შესუსტებას და მონოვოლტინობის გაძლიერებას.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
გენეტიკის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1944. VII 11)

G. Papalashvili

The influence of inbreeding on growth, development and voltinism of the mulberry silkworm

Conclusions

1. In the present work the results of investigation of the influence of inbreeding on growth, development and voltinism of the mulberry silkworm are exposed.

2. The work establishes that owing to inbreeding depression, the larval stage, i. e. the one during which intensive growth processes are going on, is prolonged most of all. Metabolism disturbances take place and lead to hindrance of growth what is confirmed also by the lowering of weight and size of cocoons in inbred individuals as compared with controls. Next, inbreeding depression lengthens the embryonal stage where, along with differentiation growth processes take place as well. The least effect inbreeding depression gives on the pupal stage which is not only not prolonged but even somewhat shortened in inbred individuals as compared with controls.

3. In the result of studies on hybrid heterosis, its manifestation is established as the greatest in the larval stage and less in the embryonal and pupal stages.

4. Experiments on close inbreeding (brother \times sister) in the 6-th and 7-th generations of the breed Japanese bivoltin № 107 and in the 14-th generation of the breed Japanese bivoltin Aojiku establish that inbreeding lowers bivoltinism and rises univoltinism in the mulberry silkworm.

3. ზარმამ

მთების წარმოშობა და მასთან მაგმური პროცესების კავშირი

მაგმური პროცესების კავშირს მიწის ქერქის მოძრაობასთან ამჟამად ყველა ან თითქმის ყველა გეოლოგი იზიარებს. ვფიქრობთ ეს საკითხი გეოლოგიაში ერთ-ერთ ყველაზე უფრო დამტკიცებულთაგანად უნდა ჩაითვალოს. მიუხედავად ამისა, ზოგი გეოლოგი მას უგულებელჰყოფს. ასეთებს ეკუთვნის ნ. ს. შაცკაი, რომლის სტემაშიც მაგმური პროცესები სრულებით გამორიცხულია (18).

მაგმატიზმის და მიწის ქერქის მოძრაობის მჭიდრო კავშირის ერთ-ერთ კლასიკურ მაგალითს კავკასიაზე იძლევა. აქ საინტერესოა ეფუზიური ვულკანიზმის კავშირი დანაოჭების ფაზებთან. მეზოზოოურისა და მესამეულის მაგმური ციკლების განხილვა სრულიად გარკვეულად ლაპარაკობს იმის სასარგებლოდ, რომ ნორმული ეფუზიური ვულკანიზმი, რომელიც მეტ შემთხვევაში ფუძე მაგმის ამონთხევებით იწყება, უკავშირდება არა დანაოჭების ფაზას, არამედ მიწის ქერქის დაღმავალ მოძრაობას (დაძირვას). ამის კლასიკურ მაგალითებად შეიძლება დასახელებულ იქნეს კავკასიის შუა იურული, შუა ეოცენური, ოლიგოცენური და ზედა მიოცენური (გოდერძის წყება) ეფუზიური აქტივობა. საკითხის ამ მიმართულებით გადაჭრა ძნელდება მეოთხეულის ვულკანიზმისათვის. ამის მიზეზი ის არის, რომ ამოფრქვევები ხდებოდა ხმელეთზე, რის გამოც დაძირვის ოლქების ზღვური ნაღებებით ფიქსირებას ადგილი არა ჰქონდა. ვფიქრობთ, რომ აქაც მაგმური ციკლის დასაწყისში გავრცელებული ბაზალტური ეფუზიები მიწის ქერქის დაძირვასთან უნდა იყოს დაკავშირებული.

დიფერენცირებული მჟავა მაგმის ამოფრქვევები ძირითადად დანაოჭების ფაზებთან არიან დაკავშირებული. არადიფერენცირებული ფუძე მაგმის ამოფრქვევები კი, თუ ადგილი არა აქვს ასიმეტრიის და ანტიქსისის მოვლენებს, ყოველთვის დაძირვის ოლქებს უკავშირდებიან. რიგ შემთხვევაში ეს დაძირვის ოლქები ტიბიურ გეოსინკლიურ აუზებს წარმოადგენენ. ამის მშვენიერ მაგალითს იძლევა კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე განვითარებული შუა იურის პორფირიტული წყება, რომლის სიმძლავრე რიგ შემთხვევაში 3000 მეტრამდე აღის და რომელიც, როგორც ცნობილია, ძირითადად ვულკანოგენური მასალისაგან შედგება. მეორე კლასიკურ მაგალითად შეიძლება დასახელებულ იქნეს მცირე კავკასიონის შუა ეოცენის ვულკანოგენური წყება. მცირე კავკასიონის ოლიგო-

ცენზური და ზედა შიოცენზური ვულკანური ამოფრქვევები აგრეთვე დაძირვის აუზებთან არიან დაკავშირებული.

იმნაირად მიწის ქერქის დაღმავალი მოძრაობისას, ერთი მხრივ, უნდა ვიგულისხმოთ დაძირვის ადგილიდან ბაზალტური საგების განდევნა და ნაწილობრივ შეკუმშვაც და, მეორე მხრივ, მისი ნაწილობრივი გაფართოება, რომელიც ზედაპირულ, რიგ შემთხვევაში წყალქვეშა ამოფრქვევებს იძლევა.

აქ ადგილი აქვს ორი მოწინააღმდეგე ძალის კიდილს. ერთი მხრივ, ნალექებით დატვირთული აუზი აწვება პიროსფეროს და სდევნის მას და, მეორე მხრივ, პიროსფერო ამ დაძირვას გარკვეულ წინააღმდეგობას უწევს. მაგრამ რადგან ამ უქანასკნელში შეკუმშვის ტენდენციაა გაბატონებული, ამიტომ დაძირვა სძლევს.

სხვათა შორის, უქანასკნელი ფაქტი იძლევა მშვენიერ დამამტკიცებელ საბუთს მიწის ქერქის ქვეშ გარკვეულ სიღრმეზე არსებული ბაზალტური საგების ფიზიკური მდგომარეობის შესახებ. გაბატონებულია შეხედულება, რომ, თუმცა მას მაღალი ტემპერატურა აქვს, მაგრამ მიწის ამ დონეზე არსებული დიდი წნევის გამო იგი მაგარ ან პლასტურ მდგომარეობაში იმყოფება.

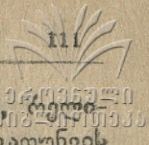
ბაზალტური საგები მიწის ქერქის დაძირვის მთელი პერიოდის განმავლობაში მაგარ ან პლასტურ მდგომარეობაში რომ იყოს, იგი ვერ მოახერხებდა მასზე უშუალოდ დაბჯენილი ნალექების გარღვევას. მაშასადამე, უნდა ვიგულისხმოთ, რომ ეს საგები, თუ განუწყვეტლივ არა, გარკვეულ მომენტში მაინც, გაფართოების შედარებით მცირე იმპულსებთან დაკავშირებით, თხევად მდგომარეობაში გადადის, არღვევს მის ზევით არსებულ ნალექებს და გვევლინება ზმელეთური ან წყალქვეშა ეფუზივების სახით.

რაც შეეხება მკავე ინტრუზივებს, ისინი ყოველთვის დანაოქების ფაზებთან არიან დაკავშირებული. ანალოგიურ მოვლენას აქვს ადგილი ულტრა-ფუძე ინტრუზივების შემთხვევაში.

ენახოთ, როგორ ეთანხმება ჩვენ მიერ აღნიშნული ფაქტები ტექტოგენეზისის ზოგიერთ მოწინავე ჰიპოთეზებს.

პიროსფეროს გარკვეული ნაწილის შეკუმშვის გაბატონებული ტენდენციისას შიგადაშვებ გაფართოების მცირეოდენ ეპიზოდების არსებობას — რამაც გეოსინკლინური აუზის დონის ქანობა, ჩვენ დავუმატებლით ეფუზური აქტივობა შეიძლება გამოიწვიოს — აღნიშნავენ დეეკე (Deecke) და ბუბნოვი. ამავე შეხედულებისაა აგრეთვე შტილე (Stille).

აღბური გეოსინკლინების შესწავლის შედეგად დეეკემ (8) აღნიშნა, რომ ისინი იძლევიან ფაციესების მორიგეობის ჭრელ სურათს ღრმა ზღვის კირქვევებით და ფიქლებით დაწყებული და განაპირა ზღვის კონგლომერატებით გათავებული. გეოსინკლინებში ჩვენ ვხედავთ უთანხმოებასაც კი. დეეკე აღნიშნავს, რომ გეოსინკლინები წარმოადგენენ მიწის ქერქის განსაკუთრებით დრეკად ზონებს, რომლებიც განლაგებული არიან არა მატერიკებს შორის, როგორც ამას ფიქრობდა ოგი (Haug 27), არამედ კონტინენტური ფარების ფარგლებშიც როგორც მათი შემადგენელი ნაწილი. მათთვის დამახასიათებელი არ არის ვიწრო და გრძელი აუზების ფორმა და დიდი სიღრმე. ნალექების ტიპი შეიძ-



ლება იყოს სხედასხვაგვარი, რაც დამოკიდებულია, შემადგენლობაზე, ელემენტებზე, ხმელეთის სიშორეზე და ნალექების დაგროვების და ფსკერის გაღუნვის სისწრაფეზე ისე, რომ საფუძვლით მოსალოდნელია როგორც ზღვური, ისე ლაგუნური, ლიმნიური და კონტინენტალური ნალექები. გარდა ამისა დეეკე აღნიშნავს, რომ ნალექების დიდი სიმძლავრე და ოროგენეტული პროცესები გეოსინკლინებისათვის აუცილებელი არ არის.

ბუბნოვის მიხედვით (4) გეოსინკლინი არ წარმოადგენს ისეთ მხარეს, რომლის ტენდენციაა, როგორც ამას თავის დროზე ოგი აღნიშნავდა, განუწყვეტელი დაძრვა. იგი არის განსაკუთრებული მოძრაობის უნარის მქონე მხარე, სადაც ჩვენ შეიძლება შევხვდეთ ბათიალურ, აბისურ, ნერიტულ და კონტინენტურ ნალექებს. ამას გარდა ნალექებს შორის შეიძლება აღვიღო ჰქონდეს აგრეთვე უთანხმოებასაც.

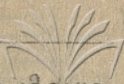
ახლა საინტერესოა, თუ როგორ ხდება მიწის ქერქის დანაოჭება და როგორ არის ახსნილი მასთან დაკავშირებული მაგმური პროცესები.

კონტრაქციულმა თეორიამ, რომელსაც საფუძველი ელი-დე-ბომონმა (Eli-de-Beaumont 27) ჩაუყარა, ჩვენს მეცნიერებაში დამსახურებულად მოიკიდა ფეხი ყველაზე უფრო მეტად. განსაკუთრებით ეს მოხდა გეოლოგიის დარგში უდიდესი მოაზროვნის ზიუსის (Suess 14, 15) შრომების თანდათან გამოქვეყნების შემდეგ. როგორც ცნობილია, ეს ჰიპოთეზი გულისხმობდა, რომ ჩვენი პლანეტის თანდათან და ნელი გაციების შედეგად ხდება მისი რადიუსის შემცირება და, მასთანადავს, მიწის ქერქის ცენტრისკენ მიდრეკილება, რაც ზედაპირზე უსწორმასწორობას იწვევს. დაძაბულობა თანდათან იზრდება და ძლიერდება, ბოლოს უცბად ხდება განივი ნაპრალების გაჩენა და ქერქის დამსხვრევა, რომლის დროსაც გვერდითი ძალები წარმოიშობებიან, რომლებიც მიწის თვითველ სეგმენტში წარმოშობენ ნაოჭებს, რის შედეგადაც ხდება მთების გაჩენა. მიწის სიღრმეში მოთავსებული გამლღვალე მასები გვერდითი მოწოლის შედეგად იღვწებიან ზევით და შეიძლება ზედაპირზეც მიაღწიონ. ამნაირად, კონტრაქციული თეორიის მამამთავარი ელი-დე-ბომონი დანაოჭების პროცესში მაგმას პასიურ როლს აწერს.

კონტრაქციის ჰიპოთეზის განვითარებაში ყველაზე მეტი მნიშვნელობა აქვს დენას (Dana 12) შეხედულებებს. იგი აღნიშნავს, რომ მიწის ქერქის ცენტრ-მისწრაფი მოძრაობა შეკუმშვის პროცესში მყოფ ბირთვისკენ დაწევაში მდგომარეობს. იგი კამარულის მაგვარად ტანგენციურ (პორიხონტულ) ძალებად იქცევა, რომლებიც ნაოჭებს წარმოშობენ, მსგავსად ჰქნობის პროცესში მყოფი ვაშლისა. თაღისებურ ამობურცულობას დენა გეოანტიკლინებს, ხოლო მულდისმაგვარ ჩაღრმავებებს გეოსინკლინებს უწოდებს.

კონტრაქციული თეორიის საწინააღმდეგო მოსაზრებანი და მათზე გაცემული პასუხები კარგად აქვს ჩამოყალიბებული ობრუჩევის (18). უცხოურ ლიტერატურაში იგი მოცემული აქვთ ჰოლკეს და შტილეს.

1. კონტრაქციული ჰიპოთეზი გულისხმობს, რომ მიწა თავისი წარმოშობის დროიდან სამყაროში სითბოს განუწყვეტელი კარგვის გამო ცივდება, მაგრამ ეს დაკარგვო ათის იმდენად უმნიშვნელოა, რომ იგი ვერ გამოიწვევს მიწის



ისეთ შემცირებას, რომელიც საჭიროა დანაოქებისათვის. გარდა ამისა, ექვემდებარება ნაწილობრივ მაინც ანაზღაურებს შეკუმშვისა და რადიაქტიურობის შედეგად გამოყოფილი სითბო.

ამ მოსაზრებას კონტრაქციის თეორიის მომხრეები ადვილად უჭეუდნენ. ისინი აღნიშნავენ, რომ შეკუმშვის ხარისხი არ გამოიხატება სითბოს განხიფების სიდიდით, იგი უფრო თერმოდინამიკური ხასიათის პროცესია, ან მდგომარეობს ატომთა აგებულების აგრეგაციული მდგომარეობის შეცვლაში. რადიაქტიური პროცესები მიწის სიღრმეში უსათუოდ სუსტდებიან. ისინი რომ ისეთივე ინტენსივობით მიმდინარეობდნენ, როგორც გამოთვლილია მიწის ქერქის ზედაპირული ნაწილებისათვის, მაშინ მიწა უკვე კარგა ხანია სავსებით უნდა გამლღვალაყო. მიწის ღრმა ნაწილების შეკუმშვას მაგმის ინტრუზივებით და ეფუზივებით ხსნიან, რომლებსაც თან სდევს აირების, ორთქლის და იფენური წყლების გამოყოფა. მიწის ქერქის შემცირების დამამტკიცებელია ნაოქების, შეტოვებების და შარიაეების წარმოშობა.

უკანასკნელ თეზისში, ვფიქრობთ, ერთგვარი წინააღმდეგობა არსებობს. დედამიწის ბირთვის შეკუმშვა, ალბათ, ისე უნდა იქნეს გაგებული, რომ გაციების შედეგად გარკვეულ მასას, ვთქვათ მოლეკულათა აგრეგაციული მდგომარეობის შეცვლით, შეუძლია უფრო მცირე მოცულობა დაიკავოს, რის გამოც იგი შეიკუმშება ტექპეოატურის ახალი პირობების შესაბამის მოცულობაში, ამიტომ მაგმური აქტივობა არ შეიძლება დედამიწის ბირთვის შეკუმშვასთან იყოს დაკავშირებული, პირიქით, მას კავშირი უნდა ჰქონდეს დედამიწის ქერქის ქვეშ არსებულ ბაზალტური საგების გაფართოებასთან.

2. სითბოს განხიფება მიწის ქერქიდან უფრო მეტია, ვიდრე სიღრმიდან, რადგან უკანასკნელი სითბოს დაკარგვისაგან პირველით არის დაცული, რის გამოც მიწის ქერქის ბირთვის მიმართ შემქიდროვებამ მოცულობის შემცირება და, მაშასადამე, დანაოქება კი არ უნდა გამოიწვიოს, არამედ სიმქიდროვის გამო გაფართოება და ქერქის დაწყვეტა.

ამ მოსაზრების, უარყოფა ხდება სიღრმეთის მოცულობის შემცირების ფაქტით და სითბოს მიცემით, რაც ეფუზივებით და ინტრუზივებით არის გამოხატული, მაგრამ, როგორც აღვნიშნეთ, საეჭვოა, რომ ეფუზივებს და ინტრუზივებს მიწის შეკუმშვასთან ჰქონდეთ კავშირი.

3. მიწის ქერქი მთელს დედამიწაზე არ არის უწყვეტი და ერთგვაროვანი, გარდა ამისა იგი არ შეიძლება განხილულ იქნეს ბრტყელი თაღების მაგვარსხეულებად. იგი სტურაჟს მაგმურ საფუძველზე, რის გამოც გაციების შედეგად ტანგენსიური ძალები ვერ წარმოიშვებიან. ვფიქრობთ, ეს არის კონტრაქციული თეორიის ერთ-ერთი ძლიერ სუსტი მხარეთაგანი, რომლის გაბათილება ძნელია.

ამნაირად, კონტრაქციული ჰიპოთეზი დამოუკიდებელი სახით საქმარისი არ არის ყველა გეოტექტოგენეტური მოვლენების ასახსნელად.

წმინდა პლუტონისტური ჰიპოთეზებიდან საინტერესოა შემდეგი ავტორების მოსაზრებანი:

როტპლეცი (Rothpletz 22) ლაპარაკობს, რომ მიწის შიგნითაა მდებარე მასობრივი მაგმური მასები სწევნ ზევით დანალექ წყებებს და აღმართვენ მათ მთებად.

ლოზინსკი (17) ამტკიცებს, რომ კარბატების, აბალახების და სხვა მთების დანაოჭება გამოწვეულია მთების ქვეშ არსებული მაგმის გვერდითი დაწოლით.

ა. პენკი (Penk 21) აღნიშნავს, რომ ჩრდილო ამერიკის დასავლეთით არსებული მთაგრეხილების აგებულება არ შეიძლება ახსნილ იქნეს გვერდითი მოწოლით. იგი გამოწვეული უნდა იყოს ქვევიდან ამოწევით.

ლინდემანი (Lindemann 16) უარყოფს კონტრაქციულ ჰიპოთეზს იმის გამო, რომ მას არ შეუძლია ახსნას ღია ნაპრალების, დიდი გრაბენების და ინტრუზიების წარმოშობა, რომელიც ლაპარაკობს მიწის ქერქის გაფართოებაზე და არა შეკუმშვაზე. ამის გამო იგი საფუძვლად ედებულობს მიწის ბირთვის გაფართოებას, რომელიც გამოწვეულია ცხელი და მეტად შემჭიდროებული აირების გაფართოებით, რომლებიც გადაეცემიან მაგმურ შრეს და უკანასკნელის შემწვობით მიწის ქერქს.

ამ თეორიის მოწინააღმდეგენი აღიარებენ რა აირებით და ორთქლით მდიდარი მაგმის გარკვეულ აქტივობას, რომელსაც შეუძლია გვერდითი ქანების ნაწილობრივი შთანთქმით ან რამდენადმე აწევით თავისათვის სივრცის შოვნა, აღნიშნავენ, რომ არიან ისეთი მთები, მაგალითად, იურის მთები შვეიცარიაში, კამბრიულის ნაოჭები ბაიკალის დასავლეთ ნაპირზე, რომლებიც მაგმურ ქანებს არ შეიცავენ. გარდა ამისა მაგმური მასები თვითონ ატარებენ დანაოჭების ნიშნებს, ისე როგორც ამას აღვილი აქვს ალპების ცენტრულ მასივებში, რაც იმაზე მიგვითითებს, რომ ისინი თამაშობენ არა აქტიურ, არამედ პასიურ როლს.

ასეთი სახით არსებული პლუტონისტური ჰიპოთეზების საწინააღმდეგოდ უნდა აღვნიშნოთ, რომ დანალექ წყებზე მაგმის ქვევიდან ზევით უშუალო მოწოლით ვერავითარ შემთხვევაში ჩვენ ვერ ახსნით ნაოჭა სტრუქტურების მრავალფეროვნებას. ასეთი ამოწევით ჩვენ ძირითადად უნდა მიგვეღო როგენის პრიმიტიული გუმბათისებური ამობურცვა, სადაც აქა-იქ აღვილი ექნებოდა შედარებით უფრო წვრილ არაკანონზომიერ ნაოჭების არსებობას.

რაც შეეხება აზრს იმის შესახებ, რომ არსებობენ ისეთი მთები, რომლებიც მაგმურ ქანებს არ შეიცავენ, უნდა აღვნიშნოთ, რომ ეს არ გამოირიცხავს მიწის ქერქის ღრმა ზონებში ინტრუზიული სხეულების არსებობის შესაძლებლობას.

აქტიური მაგმით დანაოჭების გამოწვევე წარმოდგენებიდან არა ნაკლებ საინტერესო არიან მაგმური დინების ჰიპოთეზები.

მასათა დინების თეორიის მამამთავრად დიოტონი (Dutton 9) ითვლება. დიოტონი უარყოფდა რა კონტრაქციულ ჰიპოთეზს, აღნიშნავდა, რომ მიწის ქერქი შედგება უფრო მძიმე და უფრო მსუბუქი მასებისაგან. წონასწორობის (იზოსტაზისის) აღდგენისათვის პირველნი უნდა იძირებოდნენ, რის შედეგადაც წარმოიშევიან ჩაღრმავებები, მეორენი კი უნდა იწვევდნენ მაღლა, რის შედეგადაც წარმოიშობიან ამოზნექებები. როდესაც არსებული ჩაღრმავება ნალექებით

ივსება და ხდება უფრო მძიმე, იგი იწვევს დაბლა. გვერდით არსებული ამოხნე-
ქილობა დენუდაციის გამო ხდება უფრო მსუბუქი, ამიტომ იგი უწევს იწვევს,
და მის ფერდობებზე აღდგოლი აქვს ახლად დაღეკილი წყებების დინების მაგვარ
მოვლენას, რის შედეგადაც წარმოიშობიან ნაოჭები და მთებიც.

ამპფერერი (Amperer 1) ფიქრობდა, რომ ნაოჭა მთები წარმოადგენენ
ცოტად თუ ბევრად მნიშვნელოვან აწვეათა სარტყელს, საიდანაც გამოდიან
საწინააღმდეგოდ მიმართული მავმური ნაკადები, რომლებიც იწვევენ დანაო-
ჭებას.

აღნიშნული ამოწვევები შეიძლება გამოწვეულ იქნეს როგორც მიწის ქერქის
ქვეშ არსებული პლასტური მასების გავანიერებით, ისე ახლო მდებარე სხვა
უბნების დაძირვით. გარდა ამისა შესაძლებელია სათანადო როლს თამაშობდნენ
დაპოჟიციდებელი თერმული დინებანიც.

ქ. ანდრე (Andree 2) ტამანის ცდების საფუძველზე აღნიშნავდა, რომ
ამოწვეათა მიზეზი უნდა მდგომარეობდეს დიდი წნევის პირობებში მყოფ სილი-
კატური მასების კრისტალიზაციისას, გლაუბერის მარილის მგავსად, მოცულო-
ბის გადიდებაში. მოცულობის გაზრდით გამოწვეული წონასწორობის დარღვევა
პლასტურ მასებში ახდენს იზოსტატიკურ დინებებს, რომლებიც გეოსინკლი-
ნებში მთათა წარმოშობას იწვევენ.

დინების მიმართულება დამოკიდებულია მეზობელი უბნების სიმაღლეთა
სხვაობაზე, რაც წარმოშობს წინა და უკანა მხარეებს (Vorland und Rück-
land). იმის გამო, რომ მიწის ქერქი და პლასტური მასა რამდენადვე ერთმან-
ნეთთან არიან დაკავშირებული, უკანასკნელის მოძრაობას მიჰყვება თან პირ-
ველი, რომელიც ნაოჭდება.

რუკლანდისა და ნაოჭა მასების საზღვრებზე არა იშვიათად ხდება მაგმის
ზედაპირზე ამოჭრა. დინების მიმართულება იწვევს ნაოჭა მთების ერთმხრივ
აგებულებას.

შესაძლებელია აგრეთვე ფორლანდის ამოხნექვა. პლასტური მასის დი-
ნება გეოსინკლინში იწვევს ოროგენეტურ, ხოლო მატერიკულ მხარეებში კი
ეპიროგენეტურ მოვლენებს.

აღნიშნული თეორიის საწინააღმდეგო დებულებანი კარგად აქვს ჩამოყა-
ლიბებული ობრუჩევის (18).

1. დიდი წნევის პირობებში სელიკატური ქანების დაკრისტალეპისას მათი
მოცულობის გაზრდა არ არის დამტკიცებული.

ეს საკითხი ამ სახით უნდა მოიხსნას, რადგან ვფიქრობთ, რომ დანაო-
ჭება ხდება მიწის ქვეშ არსებული მავმური მასების დაკრისტალეპამდე. საერ-
თოდ კი მიწის ბირთვის შეკუმშვამ შესაძლებელია გამოიწვიოს ტემპერატურის
გაზრდა და მავმური მასების გაფართოება.

2. თუ მაგარი მიწის ქერქი მკვიდრად არის დაკავშირებული პლასტურ
მასასთან, მაშინ უკანასკნელის ამოხტრევისას პირველი უნდა გაიჭიმოს, დანა-
პრალდეს, ღია ნაპრალეებში კი მაგმა უნდა შეიჭრას და მხოლოდ უკანასკნელის
გამაგრების შემდეგ შეიძლება მოხდეს დინებას მოყოლილ მიწის ქერქის დანა-
ოჭება.

3. ძნელია პლასტური მასების აზობურცვის საშუალებით გეოპლასტიკურ ნებში მატერიკების კიდეების პარალელურად ნაოჭების არსებობის ახსნა. გეო-ხინკლინის მნიშვნელოვან სავანისას უნდა წარმოიშვას სხვადასხვა მიმართულე-ბის ადგილობრივი ნაოჭები.

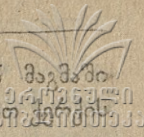
4. ორო- და ეპიროგენეტურ მოძრაობათა ციკლიურობა აუხსნელი რჩება. აქტიური მაგმის დინებით გამოწვეული დანაოჭების ჰიპოთეზში, ვფიქრობთ, საჭიროა შემდეგი შესწორების შეტანა. მაგური მასების დინებანი მიაცურებენ შათზე მოტივტივე კონტინენტებს, რომლებიც გეოსინკლინებში იწვევენ დანაო-ჭებას. კონტინენტების მოძრაობის გამოწვევი მიზეზის გამოკლებით, მიღებული შედეგი ანალოგიური იქნება იმ შედეგისა, რომელიც მიიღება კონტრაქციული ჰიპოთეზით კონტინენტური მასივების მოძრაობის დროს.

პიროსფეროში არსებული რადიოაქტიური პროცესების საშუალებით და შემდეგ კოსმიური მოვლენების შემწეობით ხსნის ჯოლი (July 11, 6, 7) მიწის ქერქის დანაოჭებას და მთების წარმოშობას.

მისი აზრით მატერიკების ქვედა ნაწილები და ოკეანეების ძირები სამყა-როში განსხივების შედეგად განუწყვეტლივ ჰკარგავენ სითბოს, მაგრამ გარ-კვეულ სიღრმეზე ბაზალტურ საგებში სითბო, წარმოშობილი რადიოაქტიური ელემენტების დაშლით, არა თუ დაკარგულის კომპენსაციას ახდენს, არამედ თანდათან გროვდება.

გრანიტული შემაღელობის მატერიკების ქვედა ნაწილის ტემპერატურას ჯოლი დებულობს $9^{\circ}1^{\circ}C$, ხოლო მის ქვემოთ არსებული ბაზალტის ზედა ნაწილის ტემპერატურას კი $1050^{\circ}C$, რაც ბაზალტის დნობის ტემპერატურაზე 100° -ით ნაკლებია, ამიტომ იგი მაგარ მდგომარეობაში იმყოფება.

ჯოლის გამონაგარიშებით კონტინენტების და გარკვეულ სიღრმეზე ოკეანეების ქვეშ ბაზალტურ საგებში შემაჯალი რადიუმისა დი თორიუმის (მის მიერ მხედველობაში არ არის მიღებული კალიუმი და რუბიდიუმი) რადიოაქტი-ური დაშლის შედეგად გარკვეული დროის განმავლობაში (33—50 მილიონი წელი) ხდება სითბოს დაგროვება, რომელიც ბაზალტურ საწოლს ალღობს. ბაზალტური საგების თხევად მდგომარეობაში გადასვლისა და მისი ხვედრითი წონის შეტვირების გამო, კონტინენტური მასივები გამლღვალ ბაზალტში კიდევ უფრო ღრმად ჩაიძირებიან, რასაც ზღვის ტრანსგრესია მოჰყვება. ამავე დროს ბაზალტური საგების მოცულობის გაზრდის შედეგად მიწის მთელს ზედაპირზე წარმოიქმნებიან ვამხლეჩი ძალები, რომლებიც მიწის ქერქს დაანაპრალებენ. ღია ნაპრალებში მოხდება ბაზალტის გაქრა, რომელიც წარმოშობს ვულკანურ კუნძულებს და პლატოებს. როდესაც ბაზალტური საგების მნიშვნელოვანი ნაწილი, ოკეანეების უშუალო ძირის გამოკლებით, თხევად მდგომარეობაში გადავა, მზისა და მთვარის მიზიდულობით მასში ადგილი ექნება მოქცევას და მიქცევას, რაც განიიწვევს ოკეანის 6 კმ. სისქის მაგარი ქერქის და მატერი-კების აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ თხევად საგებზე სრიალს, რის შედე-გადაც მოხდება მატერიკების ძირის ყოველ ადგილზე ოკეანური სივრცის თან-დათან გადაადგილება და, წყლის მასების შემწეობით სწრაფი გაციების გამო, ბაზალტი კვლავ მაგარ მდგომარეობაში გადავა.



გამაგრებული მასები მეტი ხვედრითი წონის გამო დაიწყებენ მაკმობი ჩაძირვას, და გაციება იწარმოებს ქვევიდან ზევით ამავე მიმართულებით თანდათან ზრდით.

გამაგრების შედეგად კოსმიური მიზიდულობის ძალების გავლენაც კლებულობს.

ბაზალტი მოცულობით ისევ მცირდება, ზოლო მისი სიმკვრივე მატულობს. ხდება მიწის რადიუსის შემცირება. ამის გამო მიწის ზედაპირზე ადგილი ექნება შემამკიდროებელ დაძაბულობას, რომელიც ყველაზე მეტ შედეგს ოკეანეების ძირზე მოგვცემს. ასე იწყება დანაოჭების პროცესი. კონტინენტური მასივები ოკეანური დონის მიმართ რამდენადმე ზევით აიწევენ, რაც რეგრესიას გამოიწვევს.

დანაოჭების საწყის სტადიაში ოკეანეების ძირში წარმოიშობიან ბრტყელი ტალღისებრივი ნაოჭები, რომლებიც თანდათან შეკუმშვით და შემცირებით დაიწყებენ კონტინენტზე მიწოლას, სადაც გეოსინკლინის განაპირა ნაწილში ადგილი ექნება კონტინენტების შიგნით გადაწოლილი ნაოჭების დაგროვებას და მთების წარმოშობას. ეს პროცესი გავრძელდება ბაზალტური საგების დაკრისტალდებად. ბოლოს ხდება დანაოჭებული ზოლის იზოსტატიკური ხასიათის საერთო ვერტიკალური აწევა, რომელიც ოროგენეზისის უკანასკნელ აქტს წარმოადგენს. ავტორის აზრით, სხვადასხვა მიზეზებით შავადაშვი შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ბაზალტური საგების ნაწილობრივ გაღობას, რაც ოროგენეტურ პროცესს რამდენადმე ასუსტებს და აფერხებს.

გრანიტული ინტრუზივების წარმოშობას ჯოლი შემდეგნაირად ხსნის: კონტინენტური მასივები, ბაზალტურ საგებში იზოსტაზისის კანონით ღრმად ჩაძირულობის გამო, ძალიან დიდი დროის განმავლობაში, მაღალი ტემპერატურის პირობებში იმყოფებიან, იმდენად მაღალი ტემპერატურისა, რომ ეს იწვევს გაღობას თუ არა, დარბილებას მაინც.

დანაოჭების უკანასკნელ აქტისას, როდესაც ადგილი აქვს მთაგრეხილის საერთო ვერტიკალურ აწევას და მის საბოლოო ჩამოყალიბებას, ეს დარბილებული გრანიტული მასები ოროგენის აღმავალ მოძრაობას ზევით მიჰყვებიან და წარმოიშობიან ის ფართე ინტრუზივები, რომლებს შემოჭრაც ოროგენეზისის მთავარსა და უკანასკნელ აქტს მოსდევნენ.

ამაირად, მიუხედავად იმისა რომ ჯოლის ჰიპოთეზში დანაოჭების ციკლის დასაბამს ბაზალტური საგების გაფართოება წარმოადგენს, თვით დანაოჭება კონტრაქციის თეორიის მსგავსად მის შეკუმშვასთან არას დაკავშირებული.

ჯოლის ჰიპოთეზში სხვადასხვა ავტორების მიერ შემჩნეულია ზოგიერთი ნაკლოვანებანი, რომლებიც ამ ჰიპოთეზის დამცველთა მიერ მოხერხებულად არის უარყოფილი.

ჯონ ივანსი (John Evans) 1926 წელს აღნიშნავდა, რომ ბაზალტური საგების რადიოაქტიური სითბოს მნიშვნელოვანი ნაწილი დაიხარჯება ამ საგების ქიმიურ, ფიზიკურსა და ატომურ სახეცვლაზე. უმნიშვნელო ნაწილი კი მის

ვალლობაზე. ამის მაგალითად ავტორს მოჰყავს ბიოტიტში ჩართული აქტიური მინერალის ცირკონის გარშემო არსებული პლეოქროული ორეოლი, რომლის მოცულობა ბევრად მეტია, ვიდრე მისი წარმოქმნილი რადიოაქტიური წყარო — ურანი და თორიუმი.

ჰოლმსის თანამშრომელი ლაუსონი (R. W. Lawson) 1927 წელს ჩატარებული ლაბორატორიული ცდების საფუძველზე ივანსის საპასუხოდ წერდა, რომ უკანასკნელი ავტორის მიერ აღნიშნული სითბოს დანახარჯი, მთელს რადიოაქტიურ სითბოსთან შედარებით, 1% -ს არ უნდა აღემატებოდეს.

მეორე საწინააღმდეგო აზრი გამოთქმულ იქნა ისევ 1926 წელს ჯერარდ მაკ-კარსის (G. R. Mac-Carthy) მიერ, რომელიც აღნიშნავდა, რომ, როდესაც ოკეანის ქვეშ არსებული ბაზალტური მასები ვალდებიან, ოკეანის მაგარ ძირს დასაყრდენი გამოეცლება, გახსაკუთრებით მაშინ, როდესაც გაწევის ნაპრალებში ქვევიდან მაგმა გამოიჭრება, ამ დროს ოკეანის ძირი ჩანგრევას და ვალლობას დაიწყებს და ბაზალტის გამლღვალი მასები ოკეანის წყალთან უშუალო შეხებაში მოვლენ, რაც კატასტროფას გამოიწვევს.

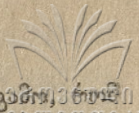
ამის საპასუხოდ ჰოლმსი (A. Holms) ამტკიცებს, რომ ოკეანური ძირის ჩანგრევის შემთხვევაშიც კი კატასტროფას ადგილი არ ექნება, რადგან გაჩნდება ახალი მაგარი ქერქი, რომელიც 6 კვირის განმავლობაში 250 სანტიმეტრ სიძლიერეს მიაღწევს. ამავე დროის განმავლობაში ოკეანური ძირის ყოველ კვადრატულ სანტიმეტრს მაგმა მისცემს 100.000 კალორია სითბოს, რომელიც გადაეა 400.000 ს. მ. სიმაღლის სვეტში. თუ მავმურ სითბოს მთელს ამ სვეტზე გავანაწილებთ, მაშინ უკანასკნელის ტემპერატურა 6 კვირის განმავლობაში 0,25°-მდე ძლიერს იწვევს.

ჯოლის ჰიპოთეზის მთავარი ნაკლი ჩვენის ფიქრით მდგომარეობს არა ახლა ჩამოთვლილ მოსაზრებებში, არამედ იმაში, რომ ეს ჰიპოთეზი ვრანტიკოიდული ინტრუზივების წარმოშობას ვერ ხსნის, იგი აქ მიტმანისლის შთაბეჭდილებას სტოვებს.

ნაწილობრივ დასაშვებია, რომ მთავრებილის იზოსტატიკური ხასიათის საერთო ვერტიკალურ აწევას თან გაჰყვეს პალინგენეტური გრანიტული მაგმა, მაგრამ მეავე მაგმის ასეთი გაყოლით ჩვენ ვერ ავხსნივთ გრანიტიკოიდული მაგმის მიერ მის ზევით არსებული ქანების გაკვეთას, ფართე მასშტაბის ინტრუზივების და რივ შემთხვევაში მეავე ეფუზივების წარმოშობას.

თუ გრანიტული მასა, როგორც ავტორი აღნიშნავს, მთლიანად გამლღვალი არ არის და მხოლოდ დარბილებულია, იგი კონტინენტის ზევით ამოწევისას მასთან ერთად, როგორც მისი შემადგენელი ქვედა ნაწილი, აგრეთვე ზევით იმოდრავებს და არ არის პირობები იმისა, რომ ეს რბილი მასა ზევით გამოიჭრას.

ხოლო თუ ბაზალტური საგების გარკვეულ უბანში მის თავზე და კონტინენტის ქვეშ წარმოვიდგენთ პალინგენეტურად წარმოშობილ ნამდვილ გრანიტიკოიდულ ნაღობს, უკანასკნელის დონის ქანაობა დამოკიდებული იქნება არა კონტინენტის და მთელი ნაოჭა სისტემის აღმავალ მოძრაობასთან, რომლის მიზეზი, ავტორის მიხედვით, ბაზალტური საგების გამაგრებაში მდგომარეობს,



არამედ ამ უკანასკნელთან, რომელიც შეკუმშვისა და აგრეთვე იმის გამოკონტინენტის ზევით ამოწვევით გარკვეული სივრცე თავისუფლდება, შვევით იწვეს. ამ შემთხვევაშიც არ არის პირობა იმისა, რომ მთავე მაგმის მიწის ქერქში გამოქრა წარმოვიდგინოთ.

დაბოლოს, უნდა აღვნიშნოთ, რომ თუ მიწის სიღრმეში ამ დროს ბაზალტური საგების შეკუმშვისა და გამაგრების პირობებია დამდგარი, ეს, ალბათ, გრანიტულ ნაღობსაც შეეხება, მით უმეტეს, რომ იგი ბაზალტური საგების თავზე იწყობება.

მოყვანილი მოსაზრებების გარდა ჯოლის ჰიპოთეზს სხვა პეტროგენეტიკური ნაკლოვანებანიც ახლავს. უბირველეს ყოვლისა არ რჩება ადგილი იუვენური მთავე მაგმის წარმოშობისათვის და მეორე ის, რომ სრულიად გამორიცხულია ულტრა-ფუძე მაგმის წარმოშობა, რომელიც დიდ სიღრმეზე უნდა ვიგულისხმოთ, რადგან მიწის ქერქში გაშიშვლებული მეტ წილ ამ ტიპის მასივების შემადგენლობა გვიჩვენებს, რომ ახლანდელ ადგილზე შემოჭრილი მაგმა უკვე ულტრა-ფუძე ხასიათისა იყო, ე. ი. მისი წარმოშობა ადგილზე მომხდარ დიფერენციაციას არ მიეწერება.

კონტინენტების გადაადგილების საშუალებით დანაოჭების ახსნა არა ერთ ავტორს უტყლია. შემდეგში ამ შეხედულებას ჩამოყალიბებული სახე მისცა ვეგენერი (5). იგი ამტკიცებს, რომ დასაწყისში ყველა მატერიკები ერთ მთლიან სხეულს წარმოადგენდნენ, რომლებიც თხელი სიალური შრის სახით ჰფარავდნენ სიმატური საგებს. დედამიწის ბრუნვისაგან დამოკიდებით ქერქში ჩნდება ორგვარი ძალა. ერთის გავლენით ხდება მიწის პოლუსებთან ჩახნეჭვა და ეკვატორის გამობურცვა, რაც იწვევს ქერქის პოლუსებიდან ეკვატორისაკენ გადაადგილებას. მეორე ძალა არის უფრო ძლიერი, რომელიც წარმოიქმნება ზედაპირული შრეების შინაგანისაგან ჩამორჩენის შედეგად, რომელსაც იწვევს მიწის დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ ბრუნვა და მზისა და მთვარის მიზიდულობით პლასტურ ბაზალტურ საგებში მოქცევის ტალღების გაჩენა, რაც ბრუნვას აფერხებს.

ამ ძალების განსაკუთრებით უკანასკნელის გავლენით მთლიან სიალურ შრეში ნაოჭები და რღვევები გაჩნდნენ და პალეოზოურ ერაში ძლიერი დანაოჭება გამოიწვიეს. სიალურმა შრემ ერთად მოიყარა თავი და ერთი მთლიანი მატერიკი წარმოიშვა. მიწის დანარჩენი ნაწილი კი სიმატური საგების მქონე ოკეანეს წარმოადგენდა. შემდეგ მეზო- და კაინოზოური ერების განმავლობაში იმავე ძალების მოქმედებით მატერიკმა სხვადასხვა ნაწილებში გაბოზა იწყო. ამ დროს სხვადასხვა მამართულებით მასში შეჭრილ თხელი ზღვების ახალგაზრდა ნალექებში ხდებოდა ნაოჭების წარმოშობა.

მატერიკების შემდგომმა გადაადგილებამ მოგვცა კონტინენტების ისეთი განლაგება, როგორსაც აქვს ადგილი დღეს. ამ გადაადგილების შედეგად კონტინენტების საზღვარზე ხდებოდა ნაოჭების გაჩენა და მთავრებილების წარმოშობა.

ვეგენერის ჰიპოთეზის მთავარი დამაქვევებელი დებულებები შემდეგია:

1. სიალის ერთად თავმოყრა ძირითადად ჩრდილო ნახევარსფეროშია შესრულებული. მისი სიალური აპკის დანაოჭებისა, გაპობისა და გადაადგილების შედეგად ეკვატორის გასწვრივ წვრილი მატერიკი უნდა წარმოშობილიყო.

2. უფროპისა და აფრიკის დასავლეთ ნაპირზე ნაოჭა მთების არ-არსებობა, ისე როგორც ამას ადგილი აქვს ამერიკის დასავლეთ ნაპირზე. ნაოჭა მთების არსებობა აზიის აღმოსავლეთ ნაპირზე.

3. ანტარქტიკისა და ავსტრალიის სიგანედური მოწყვეტა აზიისაგან და აფრიკისაგან და მათი გადაადგილება სამხრეთისაკენ, ე. ი. პოლუსისაკენ და არა ეკვატორისაკენ.

4. ჰელკეს გამოთვლით ძალა, რომელიც იწვევს პოლუსების ჩაზნექას, ერთ კვადრატულ სმ. ფართზე აღწევს მხოლოდ ორ ატმოსფეროს, რაც საკმარისი არ არის სიმთვრის შრის წინააღმდეგობის გადალახვისათვის. ასევე საკმარისი არ არის ძალა, რომელიც წარმოიშობა მოქცევის ხახუნის შედეგად.

5. ფეგენერიის თეორიას, ჩვენის ფიქრით, არ ძალუძს მავშური პროცესების ახსნა. განსაკუთრებით მას არ ძალუძს ნაოჭა მთებში ფართოდ გავრცელებული მჭავე ინტრუზივების წარმოშობის განმარტება.

ზემოთ მოყვანილ ტექტოგენეტურ წარმოდგენათა შემდეგ, საინტერესოა პულსაციის ჰიპოთეზი, რომელსაც 1939 წელს გარკვეული სახე მისცა ბოჩერმა (Bocher 3, 19).

ეს ჰიპოთეზი წარმოადგენს შეხამებას, ერთის მხრივ, კონტრაქციული ჰიპოთეზისას, რომელიც სითბოს დაკარგვით გამოწვეულ შეკუმშვის საშუალებით ხსნის მიწის ქერქის დეფორმაციებს და, მეორე მხრივ, იმ ჰიპოთეზებისა, რომლებიც ამ დეფორმაციებს მიწის ბირთვის გაფართოებას მიაწერენ.

ოროგენეზისი დაკავშირებულია მიწის შეკუმშვასთან, გეოსინკლინური დაძირვა კი საწინააღმდეგო დაძბულობასთან, სახელდობრ გაფართოებასთან.

ბოჩერი აღნიშნავს, რომ დიასტოლიურ ფაზაში ქერქის ქვეშა მასებებს მოკულობის გაზრდის შედეგად ხდება მიწის ქერქის გაწევა. ეს გაწევა გამოიხატება გარკვეული ზონების დაწევაში. იქ, სადაც ხმელეთიდან მოიტანება ბევრი მასალა, ადგილი აქვს ქერქის ქვევითკენ განსაკუთრებით ძლიერ გაღუნვას და წარმოიშობიან დადაბლებული ზონები, რომლებიც შეიძლება ზღვით დაიფარნენ.

სისტოლიურ ფაზაში გაფართოება იცვლება შეკუმშვით, მიწის ქერქის შემცირება და გასქელება ხდება ნაკლები წინააღმდეგობის ადგილებში. ასეთებად უპირველეს ყოვლისა უნდა ჩაითვალოს ზონები, რომელთა მიმართაც კრისტალური საფუძველი განსაკუთრებით გაღუნულია, ე. ი. სინკლინური ზონები. ამ გეოსინკლინებში ხდება მთავრეხილების წარმოშობა. მათ შორის არსებულ შუალედ ადგილებში მიწის ქერქის ამობურცვანი კი უფრო იზურცებიან.

დიდ გეოსინკლინებში მიწის ქერქი, სცილდება რა საფუძველს, იწვევს ძირს და წარმოიშობა სიალური მასალისაგან შემდგარი მთების ფესვები, მაშინ როდესაც ყველაზე უფრო ზედა შრეები ნაოჭებს წარმოშობენ. ხოლო როგორც კი შეკუმშვა შეწყდება, მთიანი ოლქი აიწევის იზოსტატიკური წონასწორობის აღდგენისათვის.

ობრუჩევი (19) პულსაციის ჰიპოთეზის ერთ-ერთ ძირითად თეზის შემდგენიარად აყალიბებს: „Непрерывно-прерывистый ход развития состоит не только в перемежаемости длинных более спокойных эволюционных и бурных революционных эпох, соответствующих временным победам сжатия над расширением или обратно, но и в перемежаемости более коротких эпох тех и других движений. Длинные эпохи можно назвать циклами, короткие — фазами. Каждому циклу подчинено большее или меньшее число фаз. Фазы сжатия и расширения, чередующиеся друг с другом, представляют пульсации, сравнимые с движениями живого сердца, почему гипотеза, основанная на них, называется пульсационной“ (стр. 25).

მ. ტეტიაევის (23) მიხედვით დანაოქება გეოტექტოგენეზში არის მიწის გაფართოების ნახტომური ფაზა, რომელიც წარმოადგენს მიწის ქერქის წარმოშობის შემდგომი დროის შეკუმშვისა და გაფართოების ბრძოლის წამყვან მხარეს.

ჩვენს პლანეტაზე ქერქის წარმოშობის შემდეგ მოისპო განსხივება, როგორც უკუგდების ფორმა, და მიზიდულობისა და უკუგდების ურთიერთ მოქმედებაში მიიღო ხარისხობრივად სხვა სახე. ადგილი აქვს წინააღმდეგობებს მიწის ქერქსა და განვითარების პროცესში მყოფ მიწის შინაგან მასას შორის, სადაც შეკუმშვის გამო ხდება სხვადასხვა სახის ენერჯის დაგროვება. ამნაირად, თუ წინათ წამყვან როლს შეკუმშვა თამაშობდა, ახლა ეს როლი მიეკუთვნა გაფართოებას.

მ. უსოვის (26) მიხედვით, არ არის სწორი, რომ ვარსკვლავურ სტადიაში ციურ სხეულში უკუგდება გამოხატული იყოს მხოლოდ სხივების გაფანტვაში. ასტროფიზიკის მონაცემების საფუძველზე იგი გამოიხატება აგრეთვე გაფართოებაში ვარსკვლავის „გაბერვაში“, გარდა ამისა ქერქის არსებობისათვის უკუგდების სხვაგვარი ხარისხობრივი გამოხატულება არ ნიშნავს წამყვანი როლის გადასვლას გაფართოებაზე.

მიწის, როგორც ციური სხეულის, ევოლუცია, რომელიც მის შემქმნელობაში მდგომარეობს, ჯერ კიდევ არ არის დამთავრებული და წამყვანი არის შეკუმშვა. ამნაირად, ტექტოგენეზის ფაზა გამოიხატება შეკუმშვის ნახტომში. ამჟამად უფრო მეტად, ვიდრე ვარსკვლავურ ფაზაში, უნდა შედარდებოდეს აგრეთვე გაფართოება, როგორც შეკუმშვის აუცილებელი თანამგზავრი. შეკუმშვის და გაფართოების ბრძოლა წარმოებს ცვალებადი წარმატებით, შეკუმშვის წამყვანი როლით.

იმავე სტატიაში მ. უსოვი ლაპარაკობს, რომ ტეტიაევისა და მის წინამორბედთა ცდებმა — დანაოქება გაფართოებას მიაწერონ, წარმატება ვერ მოიპოვეს. უპირველეს ყოვლისა გაუგებარია გაფართოების ფაზის დასაწყისში მასების აღმავლობის გეოსინკლინებთან კავშირი, სადაც ტეტიაევი წინა ევოლუციის შემდეგ ყველაზე მეტ შეკუმშვას გულისხმობს. გაუგებარია აგრეთვე აღმავალი მოძრაობის გადასვლა ჰორიზონტული მიმართულების ნაოქა გადაადგილებაში.

იგივე ავტორი სხვა წერილში აღნიშნავს, რომ მიწის თვითგანვითარება გამოხატება სხვადასხვაგვარ მოლეკულარულ და ატომურ ცვალებადობაში და მიწის შიგნით გენეტური ზონების გადანაწილებაში, რაც იწვევს მისი მოცულობის შეცვლას. მიზიდულობა მიისწრაფვის შეამკიდროვოს მატერია და იწვევს მის შეკუმშვას, მაგრამ შემკიდროვება იწვევს ენერგიის გამოყოფას, რაც ენჯელსის მიხედვით არის უკუგღების გამომხატველი. უკანასკნელი მიწის წიაღში მჟღავნდება გაწვევის ფორმებში. მიწის ქერქის წარმოშობის შემდეგ წამყვანი პროცესია შეკუმშვა. შეკუმშვის შედეგად მიწის წიაღში ხდება ენერგიის დაგროვება, იგი აღწევს გარკვეულ დაძაბულობას და ნახტომით აფართოებს წიაღს, იკვლევს გზას მკვირვ ქანებში და ნაწილობრივ ვულკანური მოვლენების სახით ხდება მისი სამყაროში გაბნევა.

მკვეთრი შეკუმშვის შემდეგ ჩვეულებრივად ადგილი აქვს ცოტად თუ ბევრად მკვეთრ გაფართოებას, რადგან შეკუმშვისას თავისუფლდება დიდი ენერგია. დანაოჭება არის ტექტოგენეზის ძირითადი ფორმა, რადგან გამოწვეულია შეკუმშვის ნახტომით, რომელიც წარმოადგენს მიწის განვითარების წამყვან მომენტს, ვულკანიზმი კი არის გაფართოების დროებითი გამარჯვება.

შეკუმშვის ფაზები სხვადასხვა პირობებში სხვადასხვანაირად მჟღავნდებიან: გეოსინკლინურ ზონებში ხდება ძლიერი დანაოჭება, უფრო მაგარ უბნებში კი ბელტური ანუ ლოდა დანაოჭება; დიდი ნაოჭები, გპროგენეტური ტალღები; ზღვიურ მხაოებში — ფაციესების ცოტად თუ ბევრად მკვეთრი ცვლა. საუკუნეებრივი რყევები წარმოადგენენ შეკუმშვასა და გაფართოებას შორის არსებული ბრძოლის შედეგს, მინიატურული ნახტომური მოძრაობანი, პულსაციები.

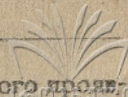
გაფართოების ფაზები გამოიხატებიან გეოსინკლინების წარმოშობით და დაძირვით, რომელთა ფორმირება წარმძღვანებულია პულსაციებით, რაც გაწვევის წვეტილებას ამტკიცებს.

დანაოჭების ზონებში გაფართოების ფაზები ინტრუზიულ ვულკანიზმში მჟღავნდებიან: შემდეგ კი მაგმური კერის დაღვეისა და მიწის ქერქის ზედა პორიზონტების ერთგვარი კონსოლიდაციის გამო წარმოიშობა ჩაქცევები და დაწვეები.

მიწის მაგარ უბნებში ფუძე ქანების, უმთავრესად ეფუზივების სიჭარბე გამოწვეულია იმით, რომ ამ ადგილებში გაწვევის შემდეგ წარმოშობილი ნაპრალები ჩადიან ბაზალტურ შრემდე (24).

მ. უსოვი 1940 წელს გამოსულ შრომაში (26) ეთანხმება ტექტონიკის მიერ გამოთქმულ აზრს ინტრუზიული პროცესის დანაოჭებასთან და გაფართოებასთან კავშირის შესახებ და აღნიშნავს, რომ ეს შემდეგიდან ჩანს: За исключением абиссальных интрузивов, раскристаллизовавшихся примерно в зоне рождения магмы, интрузивы средних глубин и гилабиссальные имеют приводящие каналы и развиваются в верхних формациях по уже готовым структурам. Следовательно, они внедряются в подфазу расширения, следующую за подфазой сжатия общей фазы тектогенеза.

Множественность частных интрузий и эманаций указывает на неоднократное чередование сжатия и следующего за ним расширения



в скачковые фазы тектогенеза, как особенность диалектического проявления саморазвития материи земли в условиях земной коры. Садовни-
 тельно, правы и неправы геологи, связывающие интрузивную деятельность с фазами складчатости.

Необходимость кислого состава магмы и интрузивный ее характер в геосинклинальных складчатых зонах. Опускание кислой по существу земной коры в геосинклиналях до глубины формирования магмы в подфазы расширения. Выклинивание подводящих трещин — каналов в верхних еще гибких, сложенных в складки и формациях при редком выходе магмы на дневную поверхность.

Проявление вулканизма, вернее трещин, подводящих магму в фазу тектогенеза, существенно в складчатых зонах вследствие подготовки в них трещин при предыдущем развитии геосинклиналей и в подфазы сжатия“ (стр. 5).

ყველა ზემოთ მოყვანილ მოსაზრებათა ანალიზი საშუალებას იძლევა აღვნიშნოთ:

1. მიწა ვაეარვარებულ მდგომარეობიდან დაწყებული, სამყაროში სითბოს გასხივების გამო, ვაციებას განიცდის, რაც მტკიცდება მიწის ქერქის გაჩენით, რომელიც დღეს უკვე საკმაოდ სქელ შრეს წარმოადგენს. ვიდრე ეს დებულება უკუგდებული არ იქნება, უნდა დაფუძვით, რომ მიწა დღესაც განუწყვეტილად ცივდება, მიუხედავად იმისა, რომ რადიოაქტიური პროცესებით, აირების გაფართოებით და აგრეთვე შეკუმშვის შედეგად, ადგილი უნდა ჰქონდეს სითბოს პერიოდულ დაგროვებასაც.

2. გეოსინკლინები წარმოადგენენ მიწის ქერქის განსაკუთრებით დრეკად ზონებს, რომლებიც განლაგებული არიან არა მარტო მატერიკებს შორის, არამედ კონტინენტური ფარების ფარგლებშიც, როგორც მათი შემადგენელი ნაწილი. მათთვის აუცილებელი არ არის ვიწრო და გრძელი აუზების ფორმა და დიდი სიღრმე.

გეოსინკლინებში ან, ზოგადად რომ ვთქვათ, დაძირვის მხარეებში მოსალოდნელია როგორც ტიპური ღრმა ზღვის, ისე კონტინენტური, ლაგუნური და სხვა ნალექები. ნალექებს შორის შეიძლება ადგილი ჰქონდეს უთანხმოებასაც. გარდა ამისა აუცილებელი არ არის, რომ ნალექებს დიდი სიმძლავრე ჰქონდეს. რიგ შემთხვევაში დაძირვის მხარეები დანაოკებას არ განიცდიან.

3. კონტრაქციული ჰიპოთეზის მიმდევრების მიერ მიწის ბირთვის შეკუმშვით მავნური პროცესების ახსნა გაუგებარაა. დედამიწის ბირთვის შეკუმშვა, ალბათ, ისე უნდა იქნეს გაგებული, რომ ვაციების შედეგად გარკვეულ მასას, ვთქვათ მოლექულათა აგრეგატიული მდგომარეობის შეცვლით, შეუძლია უფრო მცირე მოცულობა დაიკავოს, რის გამოც იგი შეიკუმშება ტემპერატურის ახალი პირობების შეაბამის მოცულობამდე.

4. კონტრაქციული ჰიპოთეზის ერთ-ერთ სუსტ მხარეს წარმოადგენს ის, რომ მიწის ქერქი არ არის უწყვეტი და გარდა ამისა იგი არ შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც თაღების მსგავსი სისტემა. ფაქტები უფრო იმის სასარ-

გვბლოდ ლაპარაკობენ, რომ ცალკეული მისი ნაწილები (კონტინენტური მასები) სტურავენ მაგმურ საფუძველზე. ამიტომ მიწის გაციება ტანვენსურ ძალებს ვერ წარმოშობს.

5. თუ მაგმური მასების ქვევიდან ერთგვარ მოწოლას არ დავუშვებთ, ძნელია ნაოჭების ზევით ამობურცვა და მთების წარმოშობა წარმოვიდგინოთ. ამავე დროს მაგმური მასების დანაღებ წყებაზე ქვევიდან ზევით მოწოლა საკმარისი არ არის იმისათვის, რომ მივიღოთ ის რთული, მრავალფეროვანი და ამასთან ერთად კანონზომიერი სურათი, რომელსაც ჩვენ ნაოჭა მთათა სისტემაში შევხვდებით.

ასეთი ამოწვევით ჩვენ ძირითადად ოროგენის პრიმიტიული ამობურცვა ლობა უნდა მივიღოთ, სადაც აქა-იქ იარსებებს შედარებით უფრო წვრილი ნაოჭები. ამიტომ აუცილებელია ჰორიზონტალური ძალების არსებობის დაშვებაც, რომლებიც კონტინენტურ მასივებს დასანაოჭებელი სისტემის მიმართულებით გადაადგილებენ და მის დანაოჭებას გამოიწვევენ.

6. მიწის ქერქი შედგება უფრო მძიმე და უფრო მსუბუქი მასებისაგან. წონასწორობის (იზოსტაზისის) დამყარებისათვის პირველი იძირებიან და ჩაღრმავებებს წარმოშობენ, მეორე კი იწვევენ მაღლა. დენუდაციის შედეგად ეს პროცესი კიდევ უფრო ინტენსიური ხდება.

7. მიწის სიღრმეში მასების ვაგანიერების ან იზოსტატიკური წონასწორობის დარღვევის შედეგად მაგმური ან კონვექციური ნაკადების არსებობა ლოკალურ აზროვნებას არ ეწინააღმდეგება.

8. მაგმური ნაკადების ვაგლენით მიწის ქერქის დანაოჭება მთელ რიგ წინააღმდეგობებს იწვევს. თუ მაგარი მიწის ქერქი ბაზალტურ საგებთან შეკიდრად არის დაკავშირებული, უკანასკნელის ამოხნევის შედეგად ქერქი უნდა გაიწელოს, დანაპრაღდეს, ღია ნაპრაღებში კი მაგმა უნდა შეიჭრას, რომლის ვამაგრების შემდეგ შეიძლება მოხდეს დინებას მოყოლილ მიწის ქერქის დანაოჭება. ასეთ შემთხვევაში ნაოჭა მთების უკანა ნაწილი უნდა წარმოადგენდეს მაგმური ქანებით გამოვსებულ წყვეტილ გრაბენებს, რასაც ბუნებაში ადგილი არა აქვს.

9. მიწის ქერქის წინააღმდეგობის გადასალახავად, რომლის სიმძლავრე ზოგიერთ გეოსინკლინებში 15 კმ. სციღდება, მაგმური მასების ამოწვევა კიდევ მეტს უნდა უღრიდეს, რასაც სინამდვილეში ადგილი არა აქვს.

10. გეოსინკლინებში მატერიკების კიდებების პარალელურად დანაოჭების ახსნა მოყვანილი სახით არსებულ დენების ჰიპოთეზით შესაძლებელი არ არის.

11. თუ წარმოვიდგენთ, რომ მაგმური დინებანი მიაკურებენ მათზე მოტივტივე კონტინენტურ მასივებს, რომლებიც გეოსინკლინებში (ლაბილ ზონებში) დანაოჭებას იწაივენ, მაშინ ბუნებაში არსებული ბევრი ფაქტი ვასაგები ვახდება.

12. რადიოაქტიური დაშლის შედეგად მიწის სიღრმეში დიდი რაოდენობით სითბოს გამოყოფა სიმართლეს უნდა შევეფერებოდეს. ხოლო რაც შეეხება ჯოღლის მიერ ჩამოყალიბებულ ოროგენეტურ ჰიპოთეზს, იგი სინამდვილეს სციღდება, რადგან პეტროგენეტურ საკითხებს ვერ ხსნის.

13. პულსაციის ჰიპოთეზი დანაოქებას კონტრაქციული თეორიის მსგავსად მიწის ბირთვის შეკუმშვით ხსნის, რის გამოც იგი ამ ნაწილში მისი უპირატესებით მხარეს ინაწილებს (იხ. პუნ. 4).

14. იმისათვის, რომ მაგმური პროცესები აიხსნას, პულსაციის ჰიპოთეზი, დანაოქების დამთავრების შემდეგ უშვებს ბაზალტური საგების გაგანიერებას, რის შედეგადაც იგი მაგარი მდგომარეობიდან თხევალში გადავა. ნაპრალები, რომელნიც წარმოიშვებიან დანაოქებულ გეოსინკლინურ ნალექებში, გაიხსნებიან, მაგმა ნაოქებში შეეკრება და ერთდროულად მათ ზევით ასწევს, რის შედეგადაც ნაირგვარი ინტრუზიული სხეულები წარმოიქმნებიან. სტაბილურ ადგილებში ნაპრალები, რომლებიც მაგმურ შრემდე ჩადიან, აძლევენ მაგმას საშუალებას ზედაპირამდე ამოვიდეს. რაც ვულკანურ ამოფრქვევებს მოვცემს.

მთავანილი მოსაზრების საფუძველზე ვულკანური ამოფრქვევები დანაოქების ბოლო სტადიასთან არიან დაკავშირებული. კავკასიაში კი, როგორც ადენიზნეთ, არა დიფერენცირებული პირველადი ბაზალტური მაგმის ეფუზივებს ადგილი აქვს დაძირვის სტადიაში, როგვინების დაწყებამდე. რაც შეეხება ინტრუზივებს, როგორც ცნობილია, მათი დიდი უმრავლესობა გრანიტოიდული შემადგენლობისაა და რაც მთავარია ისინი დანაოქების ფაზებთან არიან დაკავშირებული, რასაც პულსაციის ჰიპოთეზი ვერ ხსნის. აუხსნელი რჩება აგრეთვე ულტრა-ფუძე მაგმის წარმოშობა, რომლის მასივები დანაოქების ბოლო იმპულსებთან არიან დაკავშირებული.

* * *

განხილული მოსაზრებების გათვალისწინებით უფრო ბუნებრივი იქნება, თუ ზეენ მიწის განვითარებაში მთათა წარმოშობის ერთ მთლიან ციკლს შემდეგნაირად წარმოვიდგინთ:

მიწის ბირთვის თანდათან შეკუმშვასთან დაკავშირებით, რაც მისი რადიუსის შემცირებას იწვევს, ადგილი აქვს ქერქის გარკვეული უბნების დაძირვას. დაძირვა უფრო ინტენსიურ ხასიათს ღებულობს, როდესაც ზემოთ ამოწეული მატერიკებიდან დაძირვის მხარეებში ნალექების დიდი რაოდენობით ჩატანა ხდება. მატერიკი იწვევს ზევით, დაძირვის მხარე კი, თანდათან ღრმავდება. ამ მიზეზით დაძირვის მხარის ქვეშ წნევა მატულობს, კონტინენტის ქვეშ კი დაახლოვებით იმავე სიდიდით კლებულობს, მაგრამ სხვაობა მხარე არ უნდა იყოს, რადგან ადგილი ექნება მასების დინებას დაძირვის მხარიდან მეზობელ კონტინენტისაკენ და ეს გრძელდება იქამდე, სანამ დანაოქება დაიწყებოდეს.

პიროსფეროს გარკვეული ნაწილის შეკუმშვის ტენდენციისას შიგადაშიგ ადგილი აქვს გაფართოების მკირეოდენ ეპიზოდებს, რაც იწვევს გეოსინკლინური აუზის (დაძირვის ოლქის) ქანაობას და პირველადი ბაზალტური მაგმის ამოფრქვევებს. აქ ადგილი აქვს ორი მოწინააღმდეგე ძალის ჰიდილს: ერთის მხრივ ნალექებით დატვირთული აუზი აწევა ბაზალტურ საგებს და სდევნის მას; მეორე მხრივ კი, ბაზალტური საგები დაძირვას გარკვეულ წინააღმდეგობას უწევს. მაგრამ, რადგან საგებში შეკუმშვის ტენდენციაა გამეფებული, ამიტომ დაძირვა სძლევს.

მიწის ქერქის დაძირვისა და პიროსფეროს მანების საწინააღმდეგარ მამაკრის
 თულებით განდევნის ხანგრძლივ ევოლუციურ პროცესში დგება კრიტიკული
 მომენტი, როდესაც ბაზალტური მასების შემდგომი შეკუმშვა აღარაა შესაძლე-
 ბელი, რადგან, შეკუმშვისა, რადიოაქტიური და სხვა პროცესების შედეგად,
 დაგროვდა ენერჯის ისეთი რაოდენობა, რომლის გადალახვა უკვე აღარ ხერხ-
 დება, მსგავსად ზამბარისა, რომლის შეკუმშვა გარკვეულ საზღვრამდე შესაძლე-
 ბელი. ბოლოს გაფართოება იწარჯეებს, რასაც მოსდევს დანაოქება, რომელიც
 ევოლუციის პერიოდთან შედარებით არის ბევრად უფრო მოკლე, რის გამოც
 იგი ციკლის რევოლუციურ პერიოდს უპასუხებს.

პიროსფეროს გარკვეული ნაწილის გაფართოების პროცესი, ჩვენის ფიქ-
 რით, უნდა გამოიხატებოდეს დაძირვის ოლქების მიმართულებით მაგმური ნაკა-
 დების გაჩენით. ეს ნაკადები მიატურებენ მათზე მოტივტივე კონტინენტურ
 მასივებს, რომლებიც დაძირვის ოლქებისაკენ (გეოსინკლინებისაკენ) შემხვედრი
 მიმართულებით მიიმართებიან და იწვევენ მათ შორის მოქცეული ნალექების
 თანდათან დანაოქებას. ნაოქა ზოლის მალა ამოწევა და მთათა წარმოშობა
 ხდება მაგმური ნაკადების ქვემოდან მოწოლით. აქაც პიროსფეროს გარკვეული
 ნაწილის გაფართოების ტენდენციისას შიგადაშიგ შესაძლებელია ადგილი ჰქონ-
 დეს შეკუმშვის მცირეოდენ ეპიზოდებს.

მაგმის ქვევიდან მოწოლის შედეგად, რომელსაც ადგილი ექნება კონტი-
 ნენტური მასივების საკმაო დაახლოვების შემდეგ, ნაოქა სისტემის ქვეშ, შეტ
 წილ შემთხვევაში მაგმური აუზების წარმოშობას უნდა მოველოდეთ, სადაც
 პირველადი ბაზალტური მაგმის დიფერენციაციისათვის ხელსაყრელი პირობები
 იარსებებს.

ლიტერატურა

1. Ampferer O., Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen: Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt, 56, 1906, Wien.
2. Andrée K., Über die Bedingungen der Gebirgsbildung. Berlin, 1914.
3. Bucher W. H., Versuch einer Analyse der grossen Bewegungen der Erdkruste: Geol. Rundsch., 30, Heft 3/4, 1939.
4. Bubnoff S. V., Die Gliederung der Erdrinde: Fortschr. d. Geol. und Paläont. B. I, Heft 3, Berlin, 1923.
5. Вегенер А., Происхождение материков и океанов. Москва, 1924.
6. Герасимов А. П., История поверхности земл: журн. „Природа“, № 9—10, 1926, стр. 22—34.
7. Герасимов А. П., Радиоактивные процессы и основные вопросы геологии: Тр. Третьего Всесоюзного съезда Геологов 20—26 сент. 1928 г. Изд. Средне-Азиатск. отд. Геолкома, Ташкент, 1930, стр. 243—253.
8. Deescke W., Die alpine Geosynclinal: Neues Jahrbuch f. Min., Geol., Pal., Bei- lageband XXXIII, 1912.
9. Dutton C. E., On some of the greater problems of physical geology: Bull. of the Phil. Soc. of Washington, XI, 1:92.
10. ჯანელიძე ა., მთების წარმოშობის საკითხისათვის: საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. IV, № 5, 1943.

11. Давал, История поверхности земли 1930. Перевод с английского проф. Дани-
ташвили А. Ш.
12. Dana J., Results of the earths contraction from cooling including a discussion of
the origin of mountains and the nature of the earths interior: Amer. Journ.
of Scienc. Vol. 5 and 6. 1873.
13. Sandberg C. G., Geodynamische Probleme, I. Isostasie und die ursächliche Ein-
heit von Gebirgsbildung und Vulcanismus, II. Tektonik und Metamorphose.
Die Widersprüche in der Kontraktionstheorie. Berlin, 1924.
14. Suess E., Die Entstehung der Alpen. Wien, 1875.
15. Suess E., Das Antlitz der Erde. Bd. I, 1883. Bd. II, 1888, Bd. III, T. 1, 1901,
T. 2. 1909.
16. Lindemann B., Kettengebirge. Kontinentale Zerspaltung und Erdexpansion. Jena,
1927.
17. Lozinski W., Vulkanismus und Zusammenschub: Geologische Rundschau, IX,
Heft 3/6, 1918.
18. Обручев В. А., Образование гор и рудных месторождений. Изд. Ак. Наук
СССР, 1942.
19. Обручев В. А., Пульсационная гипотеза геотектоники: Изв. Ак. Наук СССР,
сер. геологич. вып. 1, 1910.
20. Haug E., Les géosynclinaux et les aires continentales: Bull. Soc. Géol., France,
II, ser., t. 28, 1900.
21. Ренк А., Geomorphologische Probleme im Fernen Westen Nordamerica: S.-Ber.
d. Preuss. Ak. d. Wiss., phys.-math., Kl., XII, 1929.
22. Rothpletz A., Geotektonische Probleme. Stuttgart, 1894.
23. Тетяев М. М., Основы Геотектоники. 1934.
24. Усов М. А., Геология рудных месторождений Западно-Сибирского Края. Томск,
1935.
25. Усов М. А., Фазы и циклы тектогенеза Западно-Сибирского края. Томск, 1936.
26. Усов М. А., Геотектоническая теория саморазвития материи земли: Изв. Ак. Наук
СССР., серия геологич. вып. 1, 1940.
27. Elie de Beaumont L., Notice sur les systèmes de montagnes. Paris, 1852.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
მინეროლოგიისა და პეტროგრაფიის
კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1944. V. 16)

Г. М. Заридзе

Образование гор и связанные с ним магматические процессы

Резюме

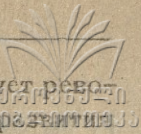
Критически рассматривая ряд орогенетических гипотез и исходя из фактических данных по Кавказу, автор представляет себе один полный цикл развития земли (орогенезис) следующим образом:

В связи с постепенным сжатием земного ядра и сокращением земного радиуса, происходит погружение определенных участков земной коры. Оседание становится еще более интенсивным, когда из приподнятых вверх материков в области погружения сносится большее количество терриченного материала. Материк поднимается вверх, а область погружения постепенно оседает. Вследствие этого под областью погружения повышается давление, а под континентом, приблизительно на такую же величину, уменьшается. Но разница в силе давлений в этих двух областях не будет расти, так как с области погружения в направлении соседнего континента будет иметь место течение подкоровых пластических базальтовых масс и это будет продолжаться до начала складчатости.

В период господства сжимающих усилий, в определенной части земли, временами имеют место короткие эпизоды расширения, что обуславливает колебание уровня геосинклинального бассейна (области погружения) и излияние первичной, не дифференцированной базальтовой магмы. Происходит борьба двух противоположных сил. С одной стороны, нагруженный осадками бассейн нажимает на базальтовую постель и вытесняет ее, а с другой, базальтовая постель как-то препятствует погружению. Но так как в базальтовой постели, на данном этапе, господствующим является сжатие, поэтому погружение побеждает.

После длительного эволюционного периода погружения определенных областей земной коры и вытеснения пластических масс в противоположные стороны, настает момент, когда дальнейшее вытеснение и сжатие базальтовых масс уже невозможно, так как в результате того-же сжатия, радиоактивных и других процессов, накопилось такое количество энергии, которая уже не преодолима, наподобие пружины, которая способна сжиматься до определенного предела, тем самым накапливая в себе большую отталкивающую силу.

После критического момента начинает побеждать отталкивающее усилие (расширение), с которым связано складкообразование. Последнее, по сравнению с предшествующим эволюционным периодом, яв-



ляется относительно коротким, вследствие чего оно соответствует революционному периоду в одном полном орогенетическом цикле развития земли.

В результате расширения в базальтовой постели должны возникнуть магматические токи, ищущие себе свободное пространство. Поэтому они будут двигаться по направлению лабильных зон земной коры, т. е. бывших областей погружения. Магматические токи во время своего движения увлекут с собой плавающие на них континентальные массивы, которые будут перемещаться к областям погружения и осадкообразования во встречном направлении и собирать их в складки. Это перемещение будет иметь характер толчков, так как, по видимому, накопление энергии происходит периодически.

Движением континентальных массивов обуславливается частичное превращение тепловой энергии в механическую.

Подъем вверх складчатой структуры и образование горной цепи, осуществляется давлением снизу.

Здесь также в период господства расширяющих усилий, время от времени, нужно предполагать небольшие эпизоды сжатия.

В результате напора магмы снизу, который, по видимому, осуществится главным образом после достаточного сближения континентальных массивов, под складчатой системой обычно должны образовываться магматические бассейны, где мы должны ожидать наличия благоприятных условий для дифференциации первичной базальтовой магмы.

G. M. Zaridze

Origin of the mountains and the magmatic phenomena, connected with it

Critical consideration of a series of geotectonical hypotheses, and an assiduous study of the data of the geology of Caucasia, leads the author to form a following idea of one complete cycle of development of the earth.

Gradual contraction of the earth's core results in the sinking of certain areas of the outer crust. The sinking becomes more intensive, as great quantities of terrigenous material are washed away from the continental regions to be deposited in the sinking areas. As the result, the continent is rising while the sinking regions go on sinking. In connection with that, the pressure must increase under the sinking regions, and diminish nearly by the same amount under the continents. But the

difference between the pressures under these regions will not increase, for it will occasion a magmatic infracrustal current, directed from the sinking parts of the crust towards neighbouring continents. This will continue until the folding begins.

During the period when contracting forces are dominant, occasionally there take place short episodic dilatations, which cause the oscillations of the level of geosynclinal basins and eruptions of primary undifferentiated basaltic magma. A struggle of two opposed forces ensues; the basin, overloaded with sediments, presses on the basaltic bed and forces it out, but on the other hand, the same basaltic bed thwarts the sinking movement of the crust. But contraction being the dominant tendency of the basaltic bed, at the present stage of development necessarily the sinking movement prevails.

After a long evolutionary period of sinking of certain parts of the earth's crust and squeezing out of plastic masses, there comes a moment, when no further contraction and squeezing out of basaltic masses is possible, for the contraction, radioactivity and some other processes should result in the accumulation of an insuperable amount of energy. This can be compared to a spring, which contracts to a certain extent, accumulating in itself considerable expansive forces.

After this critical moment, expansive forces (dilatation) begins to prevail, with which folding is connected. The latter in comparison with the preceding evolutionary period is relatively shorter and corresponds to the revolutionary period of the earth's development.

As the result of expansion, in the basaltic bed must arise magmatic currents making for free spaces. Therefore they shall move towards the weak zones of the earth's crust, the former sinking regions. In their movement these currents will carry along the floating continental blocks which, drifting towards the belts of sinking and sedimentation, consequently give beginning to the folding.

The movement of continental blocks stimulates partial transformation of thermal energy into mechanic energy.

The rise of a folded system and the formation of a mountain range is effected by the upward pressure from below.

Here too, during the period of dominant expansion, we must suppose the existence of episodic contractions.

In consequence of the pressure of magma from below, which evidently will be realized after the continental blocks have sufficiently approached each-other, under the folded system must form magmatic basins, where favorable conditions for the differentiation of the primary basaltic magma are to be expected.