

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Доктор биологических наук, профессор
П. В. МАКАРОВ

**НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТЬ
ЦИТОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ
ВЕЙСМАНИЗМА-МОРГАНИЗМА**

СТЕНОГРАММА ПУБЛИЧНОЙ ЛЕКЦИИ,
прочитанной в 1949 году в Ленинграде

ЛЕНИНГРАД — 1949

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Доктор биологических наук, профессор

П. В. МАКАРОВ

НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТЬ
ЦИТОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ
ВЕЙСМАНИЗМА-МОРГАНИЗМА

СТЕНОГРАММА ПУБЛИЧНОЙ ЛЕКЦИИ,
прочитанной в 1949 году в Ленинграде

ЛЕНИНГРАД—1949

Решения августовской сессии Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина, доклад академика Т. Д. Лысенко «О положении в биологической науке» открыли необозримые творческие перспективы во всех областях биологии и сопредельных с нею наук. В свете этих исторических решений необходимо пересмотреть, переоценить, по-новому осветить многие представления, прочно вошедшие в научный обиход, ставшие традиционными.

Итоги сессии порождают множество новых проблем, которые нуждаются в глубоком изучении и осмысливании. Впереди предстоит громадная работа, требующая и научного дерзания и вдохновенного труда. Тенёта, сковывавшие творческую активность, сброшены, пути движения вперед ясны, их освещает, как прожектор, великое непобедимое учение Ленина—Сталина.

I

Одной из существенных, важных и первоочередных задач, вставших сейчас перед нами, несомненно, является переоценка и переисследование ряда основных положений науки о клетке — цитологии.

За трехвековой период своего развития эта наука собрала громадный фактический материал и дала немало обобщений общеприкладного значения. Достаточно здесь напомнить хотя бы о клеточной теории, которая, по оценке Ф. Энгельса, представляет собой одно из величайших завоеваний естествознания XIX века. Вместе с тем, однако, в цитологии накопилось немало метафизической, идеалистической шелухи, лишь освободившись от которой можно с успехом двигаться дальше.

Нельзя забывать о том, что в течение последних 70 лет изучение клетки велось сначала под несомненным идейным воздействием вейсманизма, а затем под гипнозом реакцион-

ного организма. В результате этого цитология превратилась в придаток вейсманизма-морганизма, в его верную опору. В последние десятилетия она выродилась в хромосомистику; хромосомы стали центром внимания исследователей. Их строению, форме, числу, изучаемым под определенным углом зрения, с заранее заданной целевой установкой, посвящены тысячи работ, наводнявшие научные журналы. Незадолго перед второй мировой войной в Германии начал выходить специальный журнал «Хромосома», который теперь, кстати, возобновлен в Швейцарии. Сама клетка с ее сложнейшим строением и многообразными проявлениями жизнедеятельности была оттеснена на задний план. Она стала рассматриваться многими лишь как некое вместилище «генового богатства», сосредоточенного в хромосомах.

Сейчас, в свете передовой биологической науки, клетке возвращается все ее значение, как главной органической структурной формы, из развития и размножения которой образуется организм. Так в свое время охарактеризовал клетку Ф. Энгельс.

Известно, что основой вейсманизма-морганизма служит признание наличия особого бессмертного наследственного вещества, которое было измыслено Вейсманом для аргументации невозможности наследования приобретенных признаков. Единое живое тело было им разделено на две сущности: смертную, изменчивую, развивающуюся сомю и бессмертную, постоянную, не претерпевающую развития зародышевую плазму. Последняя будто бы имеет своим местопребыванием хромосомы, в которых и располагаются наследственные зачатки — детерминанты, по Вейсману, или гены, по терминологии позднейших авторов.

Эта метафизическая, идеалистическая концепция бессмертного вещества наследственности пыталась найти опору в теории непрерывности хромосом. Согласно последней, хромосомы передаются, переходят как таковые, как индивидуализированные тела, из клетки в клетку, из одного поколения организмов в последующие. Так повелось от начала жизни и так будет происходить до ее конца. Бессмертие наследственного вещества обеспечивается бессмертием хромосом.

Возникать, развиваться заново хромосомы не могут. Они размножаются лишь делением себе подобных. Если и наблюдается иногда изменение числа хромосом, то оно обусловлено комбинаторикой при скрещивании, или нерасхождением при делении клетки, или, наконец, исчезновением в результате того или иного патологического процесса. Следовательно,

но, хромосомы вечны, так же, как вечны и наследственные зачатки, или гены.

Однако известно, что хромосомы как таковые появляются лишь во время сложного процесса клеточного деления — кариокинеза. В промежутках между двумя последовательными делениями они входят в состав клеточного, так называемого интеркинетического ядра. Сохраняются ли хромосомы в этом последнем или нет? Гипотеза непрерывности настоятельно требовала утвердительного ответа на этот вопрос. Хромосомы должны сохраняться в клетке и в период интеркинеза. Если этого нет, то непрерывность окажется нарушенной, теория лишится каких-либо фактических оснований и вместе с этим потеряет почву и вейсмановская концепция бессмертного наследственного вещества. Непостоянство временная природа хромосом разоблачают несостоятельность, лжебессмертие вещества наследственности.

Центр тяжести проблемы перемещается в интеркинетическое ядро. С этой точки зрения становится понятной важность исследования его истинного строения.

Еще в 80-е годы прошлого века Флемминг выдвинул учение о так называемом ядерном остове. Оно затем вошло во все учебники и руководства и послужило основой для широко распространенного представления о строении клеточного ядра, давно ставшего «школьной истиной». Ядра во всех клетках будто бы имеют однотипное строение (рис. 1). Снаружи они окружены тонкой пленкой — ядерной оболочкой, отграничивающей ядро от клеточного тела. От оболочки во внутрь отходит целая система тонких, переплетающихся и соединяющихся между собою нитей, пронизывающих все ядро. На этих нитях, как бусины ожерелья, сидят зерна и глыбки особого, резко окрашивающегося вещества — хроматина. В своей совокупности нити и зерна образуют ядерный остов. Все промежутки между петлями остова заполнены особой жидкостью — ядерным соком, в котором лежат одно или несколько ядрышек. Ядерный остов будто бы и соответствует той форме, тому облику, который приобретают хромосомы между клеточными делениями в период интеркинеза.

Одновременно с теорией ядерного остова, в период не критического увлечения микроскопической техникой, был выдвинут ряд теорий универсального строения клеточного тела: нитчатая, сетчатая, зернистая, ячеистая и другие. Однако все эти теории не выдержали испытания временем и были отброшены как не отвечающие действительности. Теория ядерного

остова не только сохранилась, но даже получила широкое признание. В чем тут дело, чем можно объяснить такое положение? Дело в том, что в начале нашего столетия эта теория была подхвачена метафизической генетикой, зародившейся на рубеже нового века под эгидой вновь открытых «законов» Менделя. Она стала основой теории непрерывности хромосом.

Усилия множества цитологов были направлены на то, чтобы доказать реальное существование ядерного остова. Дело в том, что рассмотренной структурой обладают ядра клеток, убитых обработкой сильно действующими реактивами, после фиксации. В состав фиксаторов входят обычно такие вещества, которые осаждают, коагулируют белки: сулема, спирт, кислоты и т. д. Под влиянием этих агентов белки, составляющие основу клетки, а в том числе и ядра, свертываются так же, как свертывается при варке куриный белок.



Рис. 1. Строение ядра. Виден ядерный остов (по Страсбургеру).

Старания целого ряда исследователей устремились на розыски структур, обнаруживаемых на фиксированных препаратах, а также и в ядрах живых клеток. Для того, чтобы обосновать реальность остова, выдвигается мысль о том, что фиксаторы будто бы не вносят в строение ядра ничего нового, они лишь сохраняют его прижизненную структуру. То, что видно при жизни, то в неизменном виде выступает и в фиксированной клетке.

Особую остроту рассматриваемая проблема приобрела в последние десятилетия в связи с генетическими построениями Моргана и его последователей. Как известно, по концепции Моргана, усугубившего мистическую и схоластическую сущность вейсманизма, наследственные зачатки — гены располагаются в хромосомах в определенной, закономерной и правильной последовательности, они лежат в линейном порядке. Такое расположение генов должны сохранять и в клетках между делениями, в период, когда как раз и проявляется будто бы действие генов. Поэтому-то с позиций морганизма представляется совершенно невероятным, немыс-

лимым разрушение хромосом в интеркинезе, распад их на части, исчезновение их как индивидуализированных тел.

Один из трубадуров морганизма в нашей стране — Кольцов писал: «Вслед за Бовери и вместе с генетиками морганистской школы я считаю, что хромосомы... не могут при каждом успокоении ядра рассыпаться на отдельные части и снова собираться в прежнем порядке». И далее: «цепь генов, составляющая основу хромосомы, должна сохраняться на всех стадиях ядра неизменной».

Исходя из этих предпосылок о неизменяемости наследственного вещества, Кольцов высказал положение о том, что генома (белковый субстрат — «носитель генов») лишена обмена веществ, ассимиляции и диссимиляции. Не надо думать, что такое парадоксальное заключение является чем-то случайным, лишь субъективным продуктом домысла одного Кольцова. Последний только довел до логического конца, до неизбежного абсурда цепь рассуждений вейсманизма-морганизма о бессмертном, независимом от тела, наследственном веществе. Если гены неизменяемы, независимы от сомы, в них не могут происходить обменные превращения. Генома по своим свойствам поэтому должна соответствовать металлическому стержню кабеля или шелковой нити, как об этом пишет Кольцов.

Мы прекрасно знаем, и это соответствует всем данным современной науки, что *«жизнь есть способ существования белковых тел и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел»*.¹ Следовательно, морганисты отрицают наличие основного свойства живого в одной из живых частей клетки, как раз той части, которая с их позиций по существу является наиболее, если даже не единственно, живой в организме. Вот до каких геркулесовых столбов нелепости доводят рассуждения вейсманизма-морганизма.

В последнее, уже послевоенное время предпринимаются многочисленные попытки, главным образом со стороны американских авторов, доказать, что в интеркинетических ядрах содержатся хромосомы в том виде, в котором они обнаруживаются и во время клеточного деления. Основанием для подобных утверждений служат такие опыты: клетки (эритроциты рыб и птиц, лейкоциты и т. д.) разрушаются, превра-

¹ Ф. Энгельс. Анти-Дюринг. 1945, стр. 77.

щаются в кашлицу или растиранием с кварцевым песком или при помощи специального аппарата для раздробления. Кашлица многократно промывается солевым раствором, а затем центрифугируется. В известной части центрифугата, в котором вещества располагаются послойно в соответствии с их удельным весом, собирается ядерный материал. Если из последнего приготовить мазки, то на таких препаратах под микроскопом можно обнаружить нити, напоминающие по своей форме хромосомы.

Эти эксперименты рекламируются, как бесспорное доказательство сохранения хромосом в интеркинетическом ядре, как прямое подтверждение теории непрерывности хромосом. В действительности же они свидетельствуют как раз об обратном. Наивно было бы думать, что при тех грубейших воздействиях, которые применялись в рассмотренных опытах, могли бы сохраниться в сколько-нибудь неизменном виде хоть какие-нибудь части живой клетки и, в первую очередь, ядра. Хорошо известно, что малейшие изменения внешней среды вызывают обычно глубокие изменения строения клетки. Наблюдения американцев говорят лишь о том, что ядерное вещество в высокой степени способно слагаться в нитевидные структуры, а это помогает нам понять те процессы, которые разыгрываются в ядре во время подготовки клеток к делению. Но об этом речь будет итти ниже.

Гипотеза непрерывности хромосом находится в явном противоречии с всеобщим законом развития.

«В противоположность метафизике диалектика рассматривает природу не как состояние покоя и неподвижности, застоя и неизменяемости, а как состояние непрерывного движения и изменения, непрерывного обновления и развития, где всегда что-то возникает и развивается, что-то разрушается и отживает свой век».¹

Теория непрерывности хромосом приписывает последним застой и неизменяемость, отрицает их обновление и развитие. К ней полностью относятся слова Т. Д. Лысенко о том, что «все теории наследственности, построенные по типу «плоть от плоти», или «хромосома от хромосомы», или «ген от гена», приводят к выводу, что нового ничего не появляется, что все дано изначально». Одним из оснований для таких теорий и служит признание универсальной, неизменной структуры интеркинетического ядра.

¹ И. В. Сталин. Вопросы ленинизма. 11-е изд., 1939, стр. 537.

Уже и в настоящее время накопилось немало фактов, которые никак нельзя примирить с гипотезой непрерывности хромосом, наблюдений, противоречащих хромосомной теории наследственности. Эти данные или замалчивались вейсманистами-морганистами или же их пытались насильственно втиснуть в прокрустово ложе метафизической теории наследственности.

Теории ядерного остова прежде всего противоречат имеющиеся данные об агрегатном состоянии ядра. Если бы ядро действительно обладало прочным, неизменным остовом, то оно по своим свойствам должно было бы приближаться к твердому телу. На самом деле это далеко не так. Многочисленные наблюдения и опыты в ряде случаев с несомненностью свидетельствуют о жидкой природе ядра. Так, ядра, приходя в соприкосновение друг с другом, могут сливаться в единую, общую массу, так же как сливаются соприкасающиеся капельки ртути или масла. Тот же процесс, по сути говоря, происходит и в естественной обстановке, при оплодотворении, когда отцовские и материнские ядра объединяются в одно общее новое ядро.

О низкой вязкости ядерного материала, лишь немного отличающейся от вязкости воды, говорят как прямые определения коэффициента внутреннего трения, так и некоторые эксперименты. Так, было замечено, что в ядрах яйцевых клеток некоторых животных ядрышки всегда лежат на нижней стороне ядра. При переворачивании яичника ядрышки под влиянием силы тяжести падают на новую нижнюю поверхность, не встречая на своем пути никаких препятствий. Не смогли быть «прощупаны» ядерные структуры и тонкими иголками, вводимыми в клетку при помощи специального прибора — микроманипулятора.

Если в ядрах при жизни видны те или иные мелкие включения, так называемые микросомы, то они нередко находятся в непрерывном броуновском движении. Вместе с тем установлено, что последнее может осуществляться лишь в таких средах, вязкость которых не очень высока, во всяком случае не превышает вязкости глицерина. При пропускании через клетку электрического тока происходит перемещение ядерных включений в сторону положительного полюса (электрофорез). Наконец, по данным Чемберса, являющегося, кстати, убежденным противником ядерного остова, содержимое ядра может быть полностью высосано при помощи пипетки

микроманипулятора (рис. 2). Понятно, что отсосать можно только жидкость, а отнюдь не твердое тело.

Количество примеров, говорящих о жидкой природе ядерного материала, можно было бы значительно увеличить, однако ограничимся приведенными. Не надо думать, что все ядра всегда жидки. Агрегатное состояние их может меняться. Известны ядра, обладающие высокой плотностью, однако это не может повлиять на основной вывод. Для нас существенно то, что ядра могут находиться в жидком состоянии, а это противоречит теории ядерного остова.

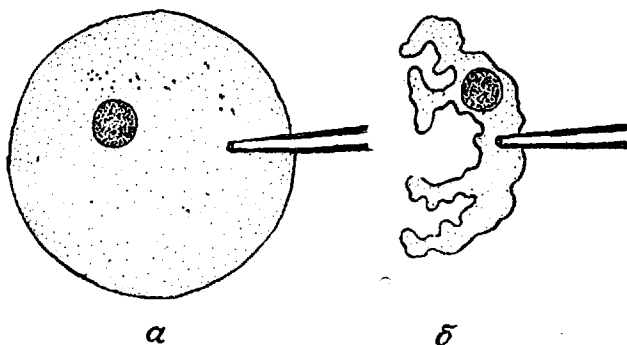


Рис. 2. Высасывание содержимого ядра микропипеткой. а — микропипетка введена в ядро; б — содержимое ядра удалено (по Чемберсу).

При изучении под микроскопом живых клеток часто в ядрах не удается различить каких-либо структур, кроме ядрышек. Такого рода наблюдения накапливались в цитологии, начиная с первых описаний ядер в 30-е годы прошлого столетия. При соблюдении должных условий исследования обычно ядра представляются в виде однородных пузырьков, сетчатые и иные структуры в них отсутствуют.

Не оправдались надежды сторонников ядерного остова и на такой метод исследования живых клеток, как ультрамикроскопия. Ультрамикроскопически в ядрах не удается обнаружить каких-либо структур, они представляются, как говорится, оптически пустыми (рис. 3а).

Многие авторы с несомненностью показали, что разные фиксаторы вызывают появление различных структур в ядрах одних и тех же клеток. Характер обработки оказывает свое влияние на строение ядра. Оказывается, можно проследить шаг за шагом, как под влиянием фиксирующей жидкости

в прижизненно однородных ядрах появляются те или иные структуры (рис. 4). Этими опытами было убедительно опровергнуто утверждение о том, что будто бы фиксация не приносит ничего нового в строение ядра.

Особенно большое значение для решения проблемы реаль-

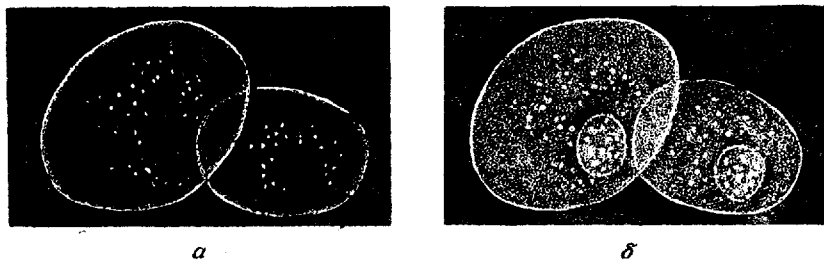


Рис. 3. Живые нервные клетки сердца в ультрамикроскопе.
a — норма; *b* — в состоянии паранекроза (по Макарову).

ности ядерного остова имели исследования Насонова и его сотрудников. Ими были использованы различные приемы прижизненного наблюдения: витальная окраска, ультрамик-

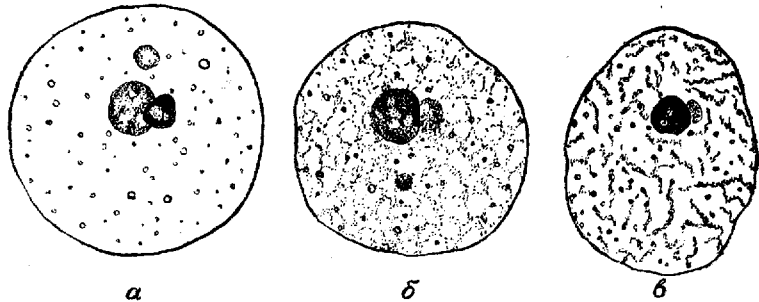


Рис. 4. Ядра яйцеклеток моллюска.
a — при жизни; *b* и *c* — после действия двух различных фиксаторов (из Макарова).

роскопия и т. д. Оказалось, что в живых, нормальных клетках ядерные структуры обычно отсутствуют (рис. 3*a*, и 5*a*). Во всяком случае, они не могут быть обнаружены ни одним из известных нам методов исследования. При раздражении клеток, а также под влиянием различных повреждающих агентов в ядрах возникают структуры, легко выявляемые и ультрамикроскопически и прижизненной окраской.

(рис. 3б и 5б). После устранения примененного агента в опытах с обратимостью все возникшие изменения бесследно исчезали, и ядра вновь становились бесструктурными. Такой результат наблюдался на самых различных объектах при использовании разнообразных раздражителей (повышенная температура, гипотония, повышение кислотности среды, недостаток кислорода, действие наркотиков и т. д.). Изменения не ограничиваются одним ядром, они захватывают клетку в целом, но, как правило, прежде всего проявляются на ядре. То состояние, в котором находится раздраженная клетка, и которое характеризуется, наряду с другими признаками (изменение свойств клеточных белков, их денатурация, изменение окрашиваемости и т. д.), обратимым появлением структур в ядре, Насонов назвал паранекрозом.

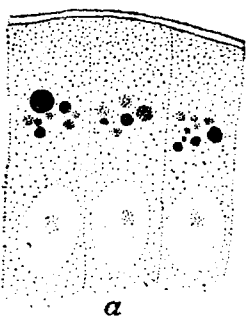


Рис. 5. Клетки эпителия кишечника лягушки при витальной окраске.

а — норма; б — удушье (по Насонову).

Подытоживая многочисленные данные, имевшиеся в их распоряжении, Насонов и Александров приходят к выводу о том, что «нельзя говорить: «интеркинетическое ядро имеет структуру», так же как нельзя утверждать и обратное. В действительности покоящееся ядро может быть структурированным и бесструктурным в зависимости от его физиологического состояния, в зависимости от того, в каких условиях оно находится».

Однако против этих бесспорных фактов, свидетельствующих об изменчивости, лабильности ядра и его структур, вейсманисты - морганисты выдвигают тезис об особых оптических условиях, которые будто бы существуют в ядре. Они утверждают, что структуры в ядре имеются всегда, но они могут быть и не видны благодаря равенству, одинаковости показателей преломления остова и ядерного сока. При изменении внешних условий ядерный остов теряет воду, он подвергается процессу дегидратации. «Нормальные» оптические условия нарушаются, и невидимое до того становится видимым. Следовательно, согласно только что изложенному представле-

нию, ядро обладает лишь кажущейся однородностью, квазигомогенностью. При раздражении и повреждении клетки ядерные структуры не образуются заново, они не возникают, а лишь проявляются.

Преформисты XVIII века в ответ на указания эпигенетиков (сторонники развития) об отсутствии в яйцах или сперматозоидах ручек, ножек и других частей человеческого тела, прибегали к ссылкам на нежность и прозрачность всех этих органов, что-де и обуславливает их невидимость. Преформисты нашего времени — вейсманисты-морганисты — пытаются обесценить аргументы своих противников указаниями на особые оптические условия, существующие в ядре, и на тонкость ядерных структур.

В свое время наивный преформизм был опровергнут точными данными о новообразовании частей тела зародыша во время эмбрионального развития. Тот же путь должен быть избран и для окончательного доказательства приложимости принципа развития к проблеме строения клеточного ядра и формирования хромосом.

III

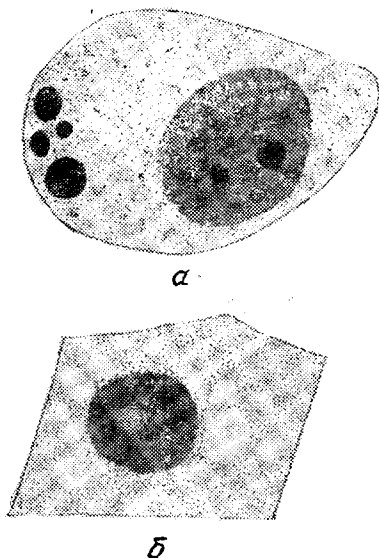
Каким образом можно доказать неосновательность аргументов защитников ядерного остова? Задача эта не столь проста. Какие бы наблюдения над становлением ядерных структур при жизни ни приводить, всегда их можно истолковать как последовательные этапы проявления отдельных участков остова, неравномерно утрачивающих воду. Наиболее верный путь окончательного опровержения теории ядерного остова — это изыскание такой методики, которая давала бы возможность сохранять на постоянных фиксированных препаратах микроскопическое строение ядра, соответствующее, адекватное прижизненному. Такая методика и была разработана мною.

Для этой цели использовалась обработка клеток четырехокисью осмия. Последняя обладает способностью убивать клетки, не вызывая осадения, свертывания белков. Больше того, как показали специальные опыты, после обработки этим реактивом белки и протоплазма утрачивают способность коагулировать при действии таких агентов, как высокая температура, кислоты, спирты и другие. Можно, например, яичный белок, к которому добавлено некоторое количество четырехоксида осмия, кипятить, и раствор не теряет своей прозрачности. Такие же опыты удается осуществить и на клет-

ках. Если взять пленку лука и обработать ее осмием, то после этого ни кипячение, ни добавление кислот не вызовет уже явлений свертывания, которые легко устанавливаются ультрамикроскопически. Благодаря этим особенностям четырехоксида осмия и представляется возможным использовать ее для решения интересующих нас вопросов.

Предположим на мгновение, что сторонники теории ядерного остова правы. В таком случае в ядрах, бесструктурных при жизни, после фиксации четырехокисью осмия на соответствующим образом обработанных препаратах, т. е. окрашенных

или подвергнутых действию реактива, химически взаимодействующего с ядерным веществом, должны были бы обнаружиться ядерные структуры. Ибо в этих условиях показатели преломления уже не играют роли, а на сцену выступают другие физические факторы, а именно: разная окрашиваемость, разная абсорбция световых лучей. В действительности же были получены совсем иные результаты, противоречащие утверждениям морганистов. Оказалось, что после фиксации осмием в различных клетках животных и растений ядра обычно не имеют структур, они и на препаратах, а не только при жизни однородны. Никакого ядерного остова в них нет, обнаруживаются только ядрышки. Все остальное пространство ядра окрашивается



Р и с. 6. Однородные ядра после обработки четырехокисью осмия.

а — печень тритона; б — кончик корня лука (по Макарову).

совершенно равномерно. Такие картины были обнаружены в ядрах эпителиальных, железистых (рис. 6а), мышечных, нервных клетках млекопитающих и амфибий, в меристеме корня растений (рис. 6б) и т. д.

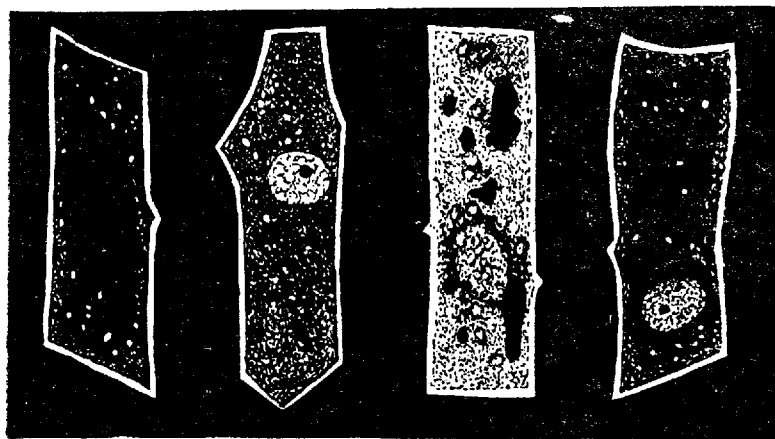
Далее было установлено полное соответствие между прижизненным строением ядер и его обликом на препаратах, фиксированных четырехокисью осмия.

Можно ли говорить о том, что ядра всегда микроскопи-

чески бесструктурны? Отнюдь нет. Установлено, что структуры в ядре могут появляться и вновь исчезать в зависимости от физиологического состояния клетки, в связи с изменениями окружающей среды.

Рассмотрим несколько примеров.

Снимем с одной из глубинных чешуй луковицы тонкую пленку, покрывающую ее изнутри. Если поместить под микроскоп такую пленку, то в клетках обнаружатся ядра в виде однородных, желтоватых овальных тел. Ультрамикроскопически такие ядра не различимы, они оптически пусты (рис. 7а). На фиксированных осмием препаратах ядра однородны, бесструктурны (рис. 8а). Подпустим под покровное стекло, где лежит пленка, слабый раствор уксусной кислоты или спирта.



а б в г

Рис. 7. Клетки эпидермиса лука в ультрамикроскопе,
а — норма; б — слабая уксусная кислота; в — разбавленный спирт; г — крепкий солевой раствор (по Макарому).

Почти тотчас же ядра начинают слабо опалесцировать, а затем в них появляются отдельные зернышки и глыбки, количество и размеры которых все возрастают. Возникающие структуры различимы под ультрамикроскопом (рис. 7б). После фиксации осмием в ядрах могут быть окрашены типичные ядерные сети (рис. 8б).

На препаратах, сравнивая различные клетки, можно шаг за шагом проследить, как структуры ядра возникают, складываются из частиц, стоящих на границе разрешающей силы микроскопа. Если отмыть раздражающий агент, то спустя

некоторое время возникшие структуры исчезают, диспергируются и ядра вновь становятся однородными как при жизни, так и после фиксации осмием. На препаратах можно наблюдать, как глыбки становятся все мельче и мельче, они как бы тают, а их материал постепенно переходит в замикроскопическую область, в область коллоидного раздробления. Интересно то, что характер появляющихся структур меняется в зависимости от вида примененного раздражителя. Так, легко

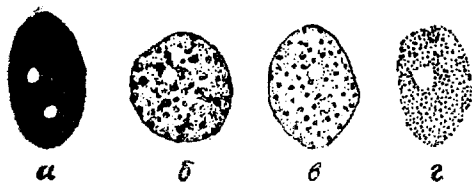


Рис. 8. Ядра клеток эпидермиса лука после фиксации четырехокисью осмия.

а — норма; б — слабая уксусная кислота; в — разбавленный спирт; г — крепкий солевой раствор (по Макарову).

можно отличить структуры, вызванные подкислением среды (рис. 7б и 8б), от возникших под влиянием спирта (рис. 7в и 8в), но каждая из них отличается от результатов действия ультрафиолетовых лучей или температуры. Такого рода вариabильность, изменчивость структур говорит за их новообразование. Данный пример можно использовать также как аргумент, свидетельствующий о том, что четырехокись осмия не вызывает гомогенизации ядер, не оказывает пептизирующего эффекта. После такой фиксации сохраняется строение ядра, видимое при жизни даже в том случае, если структуры очень малы, стоят на границе разрешающей силы микроскопа (рис. 7г, 8г).

Рассмотрим другой пример, основанный на исследовании, проведенном в нашей лаборатории Шмидт. Возьмем несколько лягушек и разделим их на две партии. Одну из них оставим в банке, в обычных условиях, другую поместим в атмосферу, содержащую угарный газ. Спустя некоторое время уьем по несколько лягушек из той и другой партии и зафиксируем четырехокисью осмия небольшие кусочки разных органов. При исследовании препаратов обнаруживается, что во всех исследованных органах контрольных животных ядра однородны, у отравленных же угарным газом — они структурированы. Если теперь лягушек из угарного газа перенести в нормальные условия, чтобы они оправились от отравления, то уже на следующий день, после осмиевой фиксации, ядра у них будут вновь такими же гомогенными, как и в контроле. Надо отметить, что в каждом органе нормальных животных,

например, почке, всегда встречается некоторое небольшое количество клеток, в которых ядра обладают структурами, и которые вкраплены среди множества других клеток с однородными ядрами (рис. 9). Это отмирающие в результате жизнедеятельности, «стадийно» старые клетки. Нахождение таких клеток может служить указанием на отсутствие гомогенизирующего действия осмия.

Наконец последний пример, иллюстрирующий изменчивость строения ядра. Данный опыт был осуществлен на нервных клетках лягушки. Если зафиксировать четырехокисью осмия спинномозговые ганглии сразу же после извлечения их из тела животного или после пребывания в рингеровской жидкости, то ядра сенсорных, чувствительных нейронов являются совершенно однород-

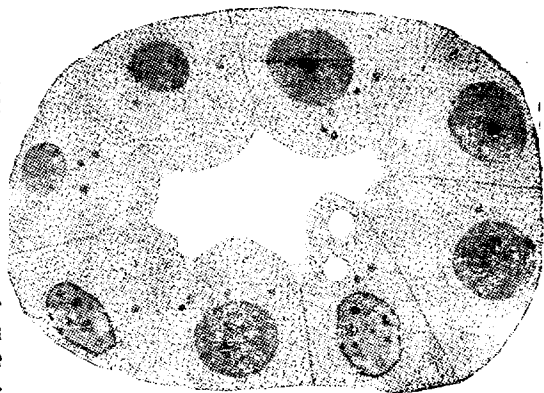


Рис. 9. Мочевой каналец почки лягушки, фиксированной четырехокисью осмия. Среди однородных ядер видны ядра структурированные. (Оригинал).

ными, в них видны лишь крупные ядрышки (рис. 10а). При подкислении среды, повышении температуры, а также после раздражения нерва электрическим током в ядрах возникают структуры (рис. 10б), подобные тем, которые могут быть выявлены на препаратах, обработанных «хорошими» ядерными фиксаторами (рис. 10в). Прижизненная структуризация ядер исчезает после устранения раздражителя и перенесения ганглиев в рингеровский раствор (рис. 10г). Оказалось, что можно многократно, в моих опытах до пяти раз, то действуя раздражителем, то удаляя его, вызывать появление и исчезновение ядерных структур.

Таким образом, путем изменения внешних условий, влияя на физиологическое состояние клеток, становится возможным получать по желанию или структурированные или однородные ядра, т. е. «управлять» их строением. Это обстоятельство, как мне кажется, говорит о том, что наши исследования идут по правильному пути.

В связи с рассматриваемым вопросом существенный интерес представляют данные, полученные Ларионовым и Брумбергом. Пользуясь иными методами, чем я, а именно, абсорбцией ультрафиолетовых лучей, они показали, что при малой экспозиции ядра на микрофотографиях представляются гомогенными. При удлинении выдержки, благодаря повреждаю-

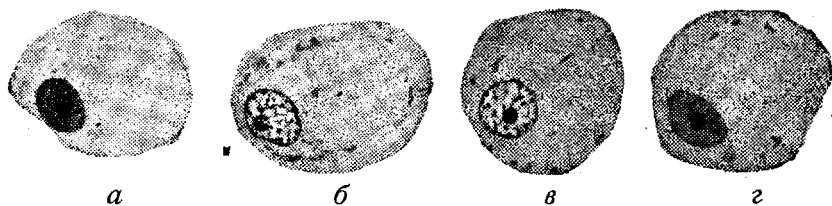


Рис. 10. Нервные клетки спинномозговых ганглиев лягушки после фиксации осмием.
а — норма; *б* — слабая уксусная кислота; *в* — фиксация по Васюточкину; *г* — обратимость (по Макарову).

щему действию самих ультрафиолетовых лучей, в ядрах появляются структуры. Эти наблюдения объясняют результаты некоторых зарубежных авторов, получавших при микрофотографировании «живых» клеток в ультрафиолетовых лучах структурированные ядра.

В последнее время цитогенетики-морганисты выдвигают гипотезу о том, что будто бы в ядрах существует тончайший, лежащий за пределами разрешающей способности микроскопа, субмикроскопический остов. По их утверждениям он соответствует «генетически ценной» части хромосом — генонемам или хромономам. Совершенно понятно, что довольно трудно опровергнуть существование того, что заранее, априори предполагается невидимым, необнаружимым. Это уже переходит из сферы точного научного знания в область веры. Однако и против подобных ухищрений органистов можно выдвинуть ряд возражений. Об их несостоятельности говорит последовательность картин становления ядерных структур, а также данные об исчезновении последних. То, что наблюдается в действительности, ни в коей мере не отвечает тем картинам, которые нужно было ожидать, исходя из гипотезы субмикроскопического остова (рис. 11).

Таким образом оказалось несостоятельным и это предположение, выдвинутое для спасения теории непрерывности хромосом.

Обычное, давно ставшее школьной «истинной», традиционное разделение ядра на ядерный остов, глыбки хроматина, ядерный сок оказывается не соответствующим действительности. На основании наших исследований можно говорить лишь об едином ядерном веществе — карิโอплазме, противопоставляя его материалу клеточного тела — цитоплазме. Вопрос о том, имеется или нет на поверхности ядра особая оболочка или мембрана, не представляет особого интереса. Вероятно, в некоторых случаях такая мембрана существует, в других же она отсутствует.

Некогда, на заре жизни, когда, по Опарину, появились белковые комочки, первые живые организмы, в их состав входила единая протоплазма, включающая в себя материал и будущей цитоплазмы и карิโอплазмы. В резуль-

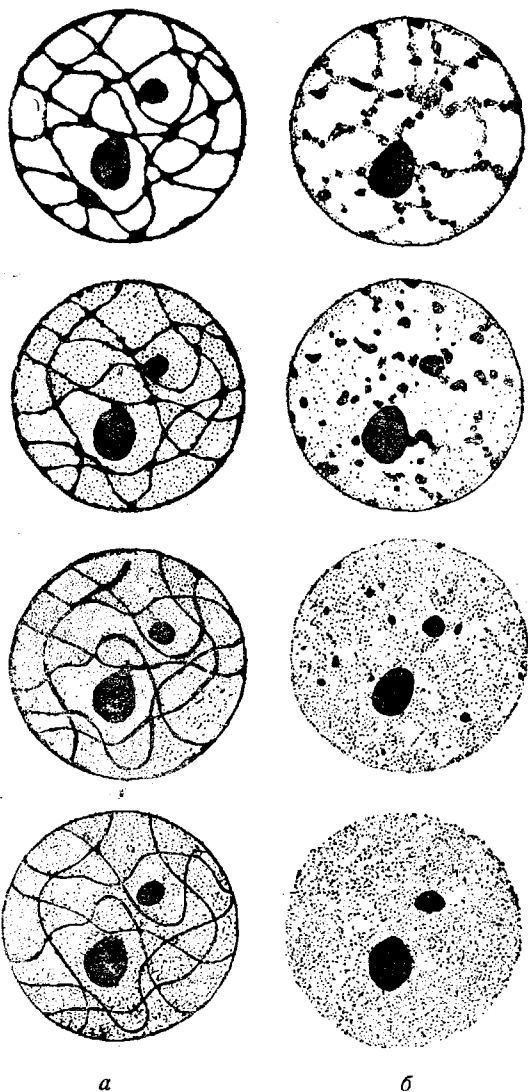


Рис. 11. Схема последовательных этапов становления видимых ядерных структур (снизу вверх).

а — при допущении наличия субмикроскопического остова; *б* — действительно наблюдаемые картины (по Макарову).

тате длительной эволюции произошло обособление карิโอплазмы. Последняя обладала свойством нерастворимости в окружающей цитоплазме и вела себя в целом как фаза. Этими фазовыми свойствами и может быть полностью объяснена несмешиваемость ядерного и цитоплазматического материала, наблюдаемая нами в клетках.

В состав карิโอплазмы входят белки, протейноподобные тела (протамины, гистоны и др.), а также нуклеиновая — дезоксирибозонуклеиновая или тимонуклеиновая кислота. Они вступают между собою в сложные химические связи, давая соединения типа нуклеопротеидов, которые находятся в коллоидно-дисперсном состоянии. Судя по ряду данных, эта коллоидная система содержит бесчисленное множество палочковидных или нитчатых частиц — мицелл. Количество последних чрезвычайно велико, и их отнюдь нельзя идентифицировать, приравнивать остову хромосом. Число хромосом, как известно, колеблется в среднем от 6 до 48, в то время как количество мицелл исчисляется астрономическими цифрами.

Ядерный материал весьма изменчив. Мицеллы то могут быть изолированными, то соединяются между собой. В зависимости от того, в каком виде находятся мицеллы, меняется агрегатное состояние ядра. При соединении мицелл друг с другом ядерное вещество переходит в студнеобразное состояние, при разобщении их ядро разжижается. Из изложенного ясно, что микроскопически бесструктурные, однородные ядра всегда обладают сложной мицеллярной структурой, которая и обуславливает свойства карิโอплазмы.

Ядро принимает активное участие в жизнедеятельности клетки. Происходит непрерывный обмен веществ между карิโอплазмой и цитоплазмой, между клеткой и окружающей средой. Некоторые авторы, например Кольцов, склонны считать ядро некоей тихой пристанью в бушующем море цитоплазмы, где находит себе убежище «генное богатство» в промежутке между клеточными делениями. В действительности это далеко не так. Ядро так же «бушует» и «кипит», как и цитоплазма, части его подвергаются непрерывным процессам обновления и разрушения. Есть основание считать, что как раз карิโอплазма представляет центр такого важного метаболизма, каким является белковый обмен. Ядро, как это установлено рядом исследований, в первую очередь, раньше цитоплазмы, реагирует на изменение окружающей среды, оно является в высшей степени изменчивой лабильной, живой системой. Лишь вейсманисты-морганисты, исходя из своих лож-

ных предпосылок, пытаются лишить ядро жизни, приписать свойства, ему не присущие.

Таким образом, мы должны отбросить, как отжившие, обычные представления о строении ядра. Вместе с тем известно, что при гистологических исследованиях широко используется, как один из критериев идентификации и разграничения клеточных элементов, строение ядра на фиксированных препаратах. При этом обращается внимание на общий характер ядерных структур, богатство хроматина и другие признаки. Как теперь в свете новых данных надо оценивать подобные приемы? Прежде чем ответить на этот вопрос, надо указать на то, что несомненно существуют реальные отличия между ядрами различных клеток. Они проявляются в неодинаковой величине и плотности ядер, в различном составе и концентрации нуклеопротеидов и т. д.

Вполне понятно, что после воздействия одного и того же фиксатора на различные ядра, в последних должны неизбежно осаждаться, выпадать разные структуры. В тех же условиях в одинаковых ядрах должны возникать сходные картины. Иллюстрируем сказанное несколькими примерами. В головках зрелых сперматозоидов, представляющих весьма компактные образования, ни один из фиксаторов не вызывает появления ядерных структур. Последние прекрасно обнаруживаются на более ранних этапах спермиогенеза при действии тех же фиксаторов, ибо ядра здесь менее плотны и в них может осуществиться процесс отмешивания. Зависимость между степенью оводнения (гидратированности) ядерного материала и характером возникающих в нем во время фиксации структур подтверждается таким экспериментом. Кусочки одного и того же органа (печени, почки, кишечника) сразу же после извлечения из тела животного разделялись на три порции. Одна из них выдерживалась в течение некоторого времени в изотоническом солевом растворе, вторая — в гипертоническом, третья — в гипотоническом. В первом случае объем ядер оставался неизменным, во втором происходило уплотнение ядерного материала, в последнем — его набухание. Затем кусочки фиксировались смесью Васюточкина, содержащей и сулему и уксусную кислоту. На препаратах во всех трех случаях наблюдались разные картины строения ядер. При изотонии имела место «нормальная» структуризация ядер. После воздействия гипертонии ядра резко окрашивались, и в них выпадали лишь единичные глыбки. Наконец, в набухших под влиянием гипотонии ядрах наблюдалось появление резких обильных структур.

Из сказанного становится достаточно ясной роль прижизненных свойств ядра при формировании фиксационных картин. Отвечая на поставленный выше вопрос, можно сказать, что развиваемые представления не исключают возможности пользования строением ядер на фиксированных препаратах в целях дифференциальной диагностики клеточных элементов. Однако наблюдаемым различиям нельзя придавать абсолютного значения, необходимо помнить о том, что в действительности эти различия имеют совсем иной характер, что различаются не структуры, а свойства ядер.

Из всего сказанного следует, что в промежутках между клеточными делениями в ядре хромосом нет, отсутствует в нем и ядерный остов, а весь ядерный материал находится в коллоидно-дисперсном состоянии. Иными словами, во время интеркинеза происходит распад, разрушение хромосом, имеет место перерыв мнимой непрерывности последних. Следовательно, теория непрерывности хромосом, основа концепции бессмертного вещества наследственности, лишается почвы реальных фактов, повисает в воздухе. Она оказывается несостоятельной, превращается в миф.

О ложности этой теории свидетельствуют данные, идущие с иной стороны. В свое время вейсманисты-морганисты говорили о том, что если был бы обнаружен хотя один случай наступления кариокинеза в клетках, делившихся до того amitotически, то все их построения рассыпались бы, как картонный домик. Вместе с тем, эти страшные для сторонников хромосомной теории наследственности случаи описаны рядом авторов. Так, Заварзин, изучая регенерацию мышечной ткани, установил, что здесь клетки сначала размножаются amitozом, а затем на смену последнему приходит кариокинез. Нельзя не отметить, что сходные наблюдения были проведены еще в начале нашего века. Чайльд и другие исследователи указывали на то, что во время эмбрионального развития различные клетки, в том числе и половые, — а это особенно существенно, — размножаются у некоторых форм путем amitоза, который позднее замещается кариокинезом.

Эти интереснейшие факты или замалчиваются или же произвольно истолковываются органистами. Для того, чтобы спасти свои позиции, последние привлекли так называемый эндомитоз. Остов хромосом, хромонемы якобы могут размножаться, удваиваться и в покоящемся ядре. Иными словами, при эндомитозе будто бы происходит тот же процесс, что и при кариокинезе, но без образования хромосом. Надо сказать, что описания эндомитоза весьма сомнительны, приводи-

мые картины могут иметь убедительную силу лишь для тех, кто хочет видеть, что дело происходит именно так, как это описывается, а не иначе.

Понятно, что одной из очередных задач, стоящих перед современной цитологией, является собирание данных о возможности смены амитоза на митоз, опровержение представлений о существовании эндомиоза.

У нас есть достаточно веские основания утверждать, что в интеркинетических ядрах отсутствуют так или иначе видоизмененные хромосомы.

V

Сторонники, адепты теории непрерывности хромосом высказали различные мнения по поводу того, какие процессы разыгрываются в профазе. В свое время наибольшим распространением пользовалась гипотеза о том, что на самых ранних этапах подготовки клетки к делению ядерный остов, благодаря втягиванию или растворению боковых отростков, превращается сразу в хромосомы. Другие авторы утверждали, что в профазе происходит отбухание хромосом, исчезновение заполняющих последние пузырьков или вакуолей, которые будто бы обнаруживаются в них в интеркинезе. Совсем недавно одним американским цитологом было высказано предположение о том, что в периоды между клеточными делениями хромосомы, впитывая в себя воду, набухают, приобретают вид пузырьков. Эти пузырьки, тесно прилегая друг к другу, будто бы и формируют ядро. В профазе хромосомы теряют воду, отбухают, приобретают типичный для них облик.

В последние годы, в несомненной связи с требованиями морганизма, во все более широких масштабах стала пропагандироваться гипотеза о так называемой спирализации хромонем или генонем. По этой гипотезе, хромосомы обладают двойственной природой. Каждая из них состоит из плотной скелетной нити, в которой сосредоточены в линейной последовательности наследственные зачатки, или гены, и обволакивающего нить футляра, или матрикса. В интеркинезе хромонема или генонема находится в вытянутом, распрямленном состоянии, матрикс локализован лишь в отдельных точках по ее длине (гетерохроматиновые участки). В начале митоза происходит скручивание или спирализация скелетной нити и облипание ее хроматиновым футляром.

Мы в дальнейшем еще вернемся к оценке обоснованности

утверждений о двойственном составе хромосом. Сейчас можно указать на то, что все рассмотренные гипотезы исходят из принципа непрерывности хромосом, все они предполагают сохранение хромосом в интеркинезе, иными словами базируются на теории ядерного остова. Однако, как было показано выше, эта теория лишена оснований. Следовательно, одновременно с этим теряют почву и все высказанные до сих пор догадки о путях появления хромосом в профазе.

Как же осуществляется формирование хромосом из микроскопически однородной кариоплазмы? Хромосомы должны возникать каждый раз во время ранней профазы заново, складываясь, развиваясь из ядерного материала.

Многу был прослежен процесс образования хромосом в клетках меристемы корня различных растений (лук, боб и др.) после фиксации четырехокисью осмия. На препаратах можно было проследить последовательные этапы этого процесса. Первые изменения проявляются в том, что в однородном интеркинетическом ядре появляется мельчайшая зернистость, размеры которой стоят на границе разрешающей способности микроскопа. Эта зернистость возникает несомненно из субмикроскопической области. Постепенно количество зерен возрастает, они начинают соединяться между собою в более крупные структуры, имеющие вид глыбок. Последние в свою очередь сливаются друг с другом и дают каплевидные образования, из которых и формируются готовые дефинитивные хромосомы.

Постепенно осуществляется как бы расслоение первоначально единой кариоплазмы на элементы, в которых концентрируется вся тимонуклеиновая кислота — хромосомы, и на остальное пространство ядра, не содержащее этого химического соединения. Происходит своеобразный процесс разделения фаз, процесс отмешивания или коацервации. Фазовые свойства, до того присущие ядру как целому, переходят к хромосомам, которые перестают смешиваться с окружающим их ядерным материалом, своего рода ядерным соком. Объединяясь с цитоплазмой, эта часть кариоплазмы дает миксоплазму, в которой и протекают все дальнейшие сложные перемещения хромосом. Ядро как таковое с этого момента перестает существовать, оно завершает исчезновением цикл своего развития, порождая в своих недрах новые структуры — хромосомы.

Кстати, часто можно слышать в ответ на утверждение о том, что ядро надо рассматривать как фазу, ссылки на малую вероятность сохранения им своей формы при отсут-

ствии ядерной оболочки. Будто бы без этой преграды ядерный материал должен перемешаться с цитоплазмой. На примере хромосом легко убедиться в неосновательности такого рода сомнений. Хромосомы несомненно лишены оболочек, во всяком случае последние здесь никто не наблюдал, а вместе с тем они существуют в известный период жизни клетки как обособленные морфологические образования. Несмотря на очень сложные процессы, разыгрывающиеся во время кариокинеза: «вскипание» цитоплазмы, активное движение ее, хромосомы не растворяются в окружающем их материале, сохраняют характерный свой облик.

Итак, во время профазы происходит новообразование хромосом, складывание их из отдельностей, возникающих из субмикроскопической области. Далее хромосомы располагаются в экваториальную пластинку, делятся вдоль на дочерние половинки, которые и расходятся к противоположным полюсам, формируя ядра двух новых клеток. У нас есть все основания утверждать, что хромосомы существуют как реальные клеточные структуры, имеющие преходящий, временный характер. По окончании деления клетки, в телофазе, протекает процесс постепенного распада хромосом, диспергирования их материала до размера субмикрон.

На препаратах удастся проследить последовательные этапы разрушения, исчезновения хромосом. Эти картины могут служить еще одним аргументом, свидетельствующим против утверждений американских авторов о существовании метафазных хромосом в интеркинетическом ядре. Отнюдь не может существовать то, что перед этим было разрушено. Допускать же воссоздание в интеркинезе разрушившихся во время телофазы хромосом было бы явной нелепостью.

Следовательно, хромосомы существуют не из века, а возникают, развиваются из изменчивой кариоплазмы в начале каждого деления с тем, чтобы по его окончании исчезнуть, превратиться в ядерное вещество. Во время следующего деления хромосомы формируются заново из материала, в котором происходят оживленные метаболические превращения, протекают энергично процессы обмена веществ. Хромосомы могут и не отличаться сколько-нибудь существенно от своих предшественников, имевшихся во время предыдущего деления. Однако, если за период интеркинеза произошли изменения окружающей среды, условий жизни и обмена, то они будут уже обладать и иным составом и иной структурой.

Против развитых представлений о путях образования хромосом можно высказать такого рода возражение. Предполо-

жим, могут сказать противники нашей точки зрения, что процесс формирования хромосом действительно протекает так, как это было только что описано. Но может ли быть уверенность в том, что зерна ядерного материала не откладывались, не оседали при этом по ходу неких субмикроскопических нитей, соответствующих хромонемам? Прежде всего против такого толкования наблюдаемых картин говорит факт слияния каплевидных отдельностей в дефинитивные хромосомы.

Наиболее убедительные доводы против существования субмикроскопической основы хромосом дают опыты по новообразованию хромосом в экспериментальных условиях. Эти опыты были осуществлены на яйцевых клетках маленьких лягушек — сеголеток, лишь недавно завершивших свой метаморфоз. В ядрах таких яйцеклеток никаких хромосом нет (рис. 12а). Если подвергнуть яичник действию раздражителей, например поместить его в слабый раствор соляной или борной кислоты, то в ядрах произойдет ряд существеннейших изменений. Здесь надо подчеркнуть, что указанные кислоты очень медленно проникают в клетку, они действуют не столько как повреждающий, а как возбуждающий фактор. Поэтому в ядре успевает совершиться длинная цепь формообразовательных процессов. Прослеживая во времени постепенный ряд изменений, удастся установить, что сначала возникают многочисленные тонкие, короткие нити, разбросанные беспорядочно по всему пространству ядра (рис. 12б). Затем эти нити начинают группироваться в несколько скоплений и в конечном итоге они складываются в весьма характерные структуры, так называемые «ламповые щетки» (рис. 12в). Последние соответствуют хромосомам, появляющимся на более поздних стадиях развития яйцеклеток.

Такие экспериментально новообразованные хромосомы дают картины и так называемого перекреста, и связей отдаленных друг от друга участков перемычками, и ряда других деталей строения, которым морганисты отводили весьма большое место в своих построениях.

Понятно, что наблюдавшаяся последовательность стадий становления хромосом противоречит предположению о существовании субмикроскопических хромонем. Дело в том, что при наличии последних должно было бы наблюдаться, по мере отложения ядерного материала на гипотетических нитях, все более рельефное проявление одной и той же структуры, т. е. ламповых щеток. Они должны были бы быть вначале очень нежными и тонкими, затем все более отчетливыми и четкими.

В действительности же происходит формирование хромосом из отделностей, возникающих первоначально по всему ядру.

Здесь уместно остановиться хотя бы вкратце на результатах экспериментального анализа сперматогенеза, т. е. процесса образования мужских половых клеток. Последние

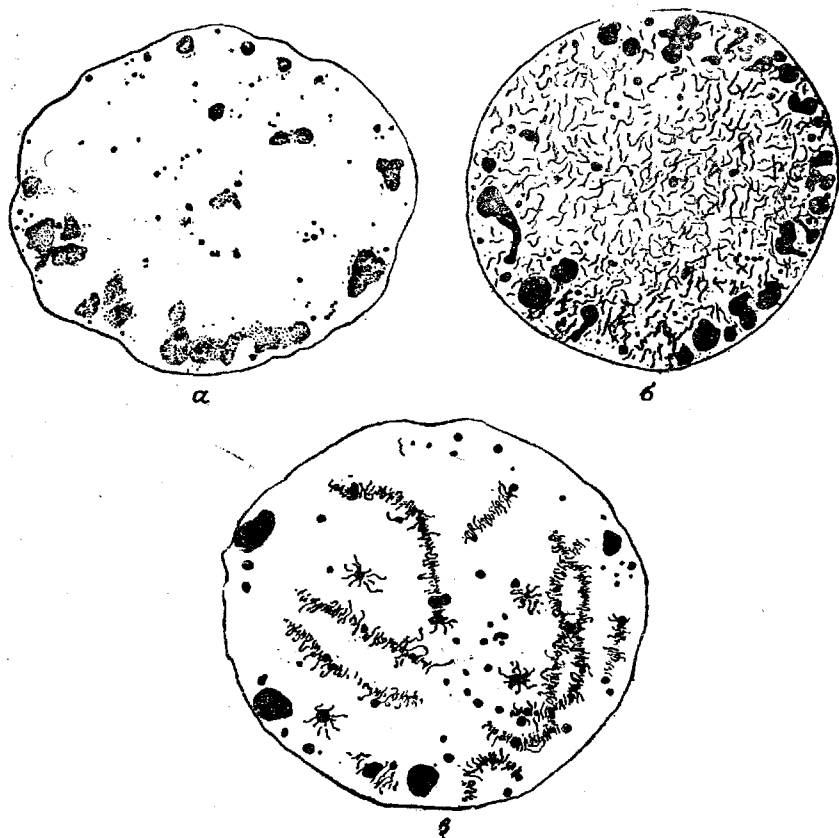


Рис. 12. Новообразование хромосом в ядрах яйцеклеток молодых лягушек. а — контроль; б и в — последовательные стадии становления хромосом (по Макарову).

в своем развитии проходят ряд стадий, отличающихся рядом существенных особенностей. Объектом служили семенники тритона и лягушки. Оказалось, что ядерные структуры, возникающие под влиянием раздражителей, в высокой степени зависят от состояния и свойств ядра. На стадии размножения, в сперматогониях, в связи с быстрым ритмом клеточных де-

лений, полное диспергирование хромосом не успевает осуществиться, как наступает новое деление. Поэтому в ядрах сперматогониев всегда наблюдаются отдельные глыбки, следы распадающихся хромосом. После действия раздражителей в этих ядрах появляются зернисто-нитчатые структуры, типичнейший ядерный остов. На следующем этапе, в период созревания, в сперматоцитах первого проядка, где происходит подготовка к редукционному делению — мейозису¹, ядра совершенно однородны (рис. 13а). Они лишены тех структур, которые описывались как особые подготовительные стадии к мейозису (лептенная, диплотенная и т. д.). Не удается обнаружить после осмиевой фиксации и стадии букета или синапсиса. Вместе с тем известно, что как раз всем этим подготовительным этапам к редукции хромосом морганисты придавали особенно большой биологический смысл, утверждая, что именно здесь и осуществляется попарная коньюгация хромосом, явления кроссинговера, обмена генов.

После действия раздражителей все картины, обычно описываемые в сперматоцитах первого порядка, обнаруживаются и на препаратах, обработанных осмием (рис. 13б). Причем шаг за шагом, изучая материал после действия, скажем, 0,03% уксусной кислоты, можно наблюдать, идя от периферических клеток к более глубинным, все последовательные стадии становления этих новообразованных структур. В опытах с обратимостью удается проследить постепенное исчезновение возникших структур.

На основании приведенных экспериментов можно говорить о том, что в сперматогенных клетках те морфологические картины, которым цитологи-морганисты придавали столь существенное значение, являются не чем иным, как искусственным продуктом, порождаемым действием раздражителей, в том числе и обычных фиксаторов, приводящих клетку в состояние крайнего, необратимого раздражения. По имеющимся данным, хромосомы в сперматоцитах первого и второго порядка возникают так же, как и в других клетках, на основе процесса разделения фаз или отмешивания.

Возникает вопрос о том, как же надо расценивать те примеры, которые обычно приводятся для доказательства непрерывности хромосом? Рассмотрим те из них, которые, на первый взгляд, представляются наиболее убедительными.

¹ В результате редукционного деления число хромосом в каждой из дочерних клеток уменьшается вдвое по сравнению с исходной — материнской.

Из учебника в учебник, из руководства в руководство переходят картины, описанные Бовери в дробящихся яйцах аскариды. Здесь, в ядрах клеток-сестер, вновь вступающих в профазу, хромосомы располагаются зеркально подобно друг другу. То же явление было отмечено и в клетках меристемы корня и на ряде других объектов. Обращает на себя внима-

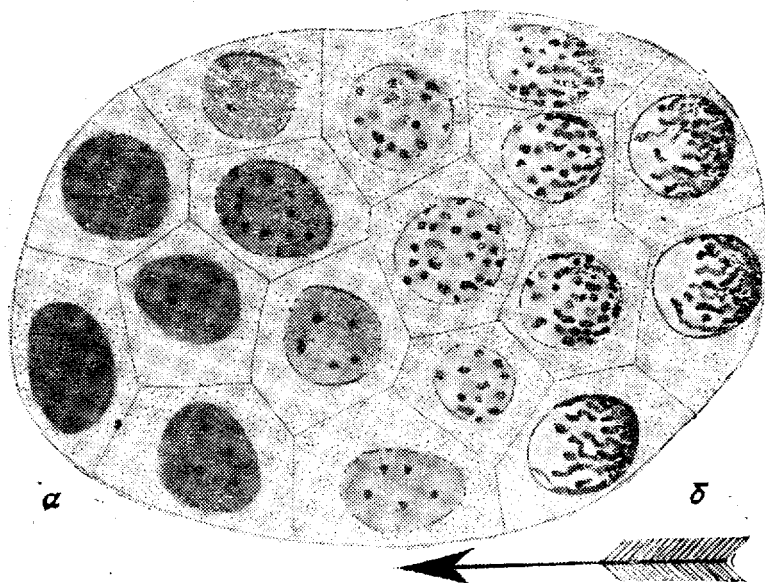


Рис. 13. Становление „типичных“ мейотических фигур в сперматocyтaх лягушки.

а — однородные ядра; *б* — стадия синapsиса.

Стрелка указывает направление проникновения раздражителя (Оригинал).

ние то обстоятельство, что все эти случаи относятся к быстро размножающимся клеткам. Понятно, что в этих условиях, а это наблюдалось и мною, хромосомы не успевают разрушиться, как начинается новое деление. Вот в силу этой-то причины хромосомы в дочерних ядрах лежат там, где они были расположены в телофазе. Ясно, что ни в какое противоречие с новообразованием хромосом данный пример не вступает. Он просто не может служить иллюстрацией непрерывности хромосом.

Очень часто ссылаются, говоря о непрерывности хромосом, на так называемые кариомерные ядра. Последние образуются в том случае, если в телофазе хромосомы не объеди-

няются, а каждая из них дает отдельное маленькое ядро. Во время следующей профазы из каждого такого ядра образуется вновь хромосома. Понятно, что этот пример также отнюдь не опровергает новообразования хромосом.

Наконец в качестве решающего аргумента некоторые авторы приводят кольцевидные хромосомы, т. е. такие случаи, когда одна хромосома, имеющая кольцевидную форму, оказывается вдетой в другую кольцевидную хромосому, наподобие двух звеньев цепи. Этот случай объясняют теми же причинами, что и результаты следующего фокуса. Если взять полоску бумаги, перекрутить ее известным образом, а затем концы склеить, то при двукратном продольном разрезании образовавшегося кольца получается пара вдетых друг в друга колец. Этот случай также может быть объяснен без помощи фокусов теорией новообразования хромосом. Возникающие хромосомы, при аномалиях в их становлении, могут принять кольцевидную форму, а также могут оказаться во взаимоотношениях звеньев цепи.

Таким образом, нет ни одного достаточно веского аргумента, который бы опровергал новообразование хромосом и подтверждал бы их непрерывность. Наоборот, все данные свидетельствуют в пользу становления, возникновения хромосом.

VI

Выше уже говорилось о том, что метафазные хромосомы являются реальностью. Они в ряде случаев хорошо видны при жизни и примерно в том же виде обнаруживаются и после фиксации. Однако, если мы с полным основанием можем рассматривать хромосомы как действительно существующие, хотя и переходящие, временные клеточные структуры, то иной оценки заслуживает, несомненно, одно из наиболее распространенных представлений об их внутреннем строении. За последние двадцать лет появилось немало работ, в которых доказывается двойственная природа хромосом. Они будто бы состоят из скелетной нити, закрученной в спираль, и оболочки, матрикса. Такого рода строение хромосом может быть выявлено лишь после специальных обработок, в частности, обычно применяется воздействие парами аммиака с последующей обработкой спиртом.

Вместе с тем ряд авторов показал, что при соблюдении необходимых физиологических условий двойственного строе-

ния хромосом наблюдать не удается, они представляются гладкими и однородными. К тем же результатам привели самые тщательные исследования, основанные на применении методики, обнаруживающей малейшие различия показателей преломления (интерференционный анализ). Лишь в некоторых случаях удается констатировать вхождение в состав хромосом зерен. Однако и эти зерна не являются стабильными компонентами хромосом, они могут от них отрываться и перемещаться в цитоплазму.

Против существования скелетного остова хромосом говорит возможность при некоторых экспериментальных воздействиях спекания их в одну общую массу (действие повышенной температуры, гипертонии и пр.), набухание хромосом в каплевидные образования, распад на фрагменты и т. д. О том же свидетельствуют опыты микроманипуляции. Оказывается, можно микропипеткой, введенной в клетку, отсосать хромосому, как мы отсасываем любые другие жидкие тела. Наконец, было обнаружено, что на ряде объектов (растительные клетки) хромосомы без остатка растворяются после обработки клеток горячей водой. Эти данные имеют большое принципиальное значение. На них надо остановиться более детально, что и будет сделано несколько позднее.

Перейдем теперь к еще одной группе аргументов, противоречащих концепциям сторонников хромосомной теории наследственности.

По утверждению адептов этой теории хромосомы все непременно должны обладать чрезвычайно сложным химическим составом. Сложность и полиморфность их химизма будто бы обеспечивает разнообразие наследственных зачатков — генов, локализованных в хромосомах. Ген — это химический индивидуум, следовательно, он должен отличаться по своему составу от остальных генов того же организма и всех других живых существ. Подобное требование осуществимо лишь при том условии, если в хромосомы будут входить сложнейшие белки. Так, например, Кольцов в своей гипотезе о хромосомах — макромолекулах — исходил из того, что в состав этих молекул входят все известные в то время 19 аминокислот (в настоящее время эта цифра возросла до 27). Возможные сочетания этих аминокислот достигают астрономического числа, состоящего из 19 знаков.

При помощи таких допущений обосновывалась генная концепция наследственности. Скелетный остов хромосом, идентичный наследственному веществу, должен обладать чрезвычайно сложным химическим составом, должен склады-

ваться из наиболее высокомолекулярных белков. Таков один из основных постулатов морганизма. Посмотрим, насколько фактические данные отвечают подобного рода априорным предположениям.

Результаты химического анализа стоят в явном противоречии с предположениями об особо сложном химическом составе хромосом. Уже давно известно, что головки сперматозоидов, представляющие собою, по мнению морганистов, «чистое наследственное вещество» и слагающиеся будто бы из «спрессованных» хромосом, состоят только из протаминов и нуклеиновых кислот. Протамины являются представителями наиболее простых белков, их собственно даже нельзя относить к этой группе соединений, а надо рассматривать как протеиноподобные тела. В состав протаминов входят лишь 2—3 аминокислоты. Они по своим свойствам скорее приближаются к осколкам белковой молекулы — полипептидам. Нуклеиновые кислоты, обладая высоким молекулярным весом, чрезвычайно мало разнообразятся в ряду животных и растений, они отличаются большим постоянством химического состава в ядрах всех живых организмов, начиная от простейших и кончая высшими формами. Эти соединения никак не могут быть использованы для объяснения явлений наследственности с позиций вейсманизма-морганизма, с ними не свяжешь концепции о бессмертном наследственном веществе. Количество нуклеиновых кислот варьирует в самых широких пределах, в зависимости от физиологического состояния клетки. Самые тщательные поиски в головках сперматозоидов более сложных белков, предпринятые некоторыми американскими авторами в последнее время, не увенчались успехом, они ничего не прибавили к нашим прежним представлениям.

Если судить по результатам исследований, выполненных при помощи современного метода ультрафиолетового анализа, то можно сделать вывод о том, что в состав хромосом самых различных клеток также входят лишь относительно просто организованные белки, так называемые гистоны. Во всех этих анализах для вейсманизма-морганизма особенно убийственен тот факт, что ни гистоны, ни протамины не обладают постоянством химического строения. В процессе развития протамины замещаются гистонами. Последние во время сперматогенеза превращаются в протамины. Следовательно, белковые тела хромосом, кроме простоты своей организации, отличаются еще и непостоянством химического состава. Это уже никак не вяжется с морганистскими схемами.

У нас имеются основания считать, что во время форми-

рования хромосом в их состав включаются наименее сложные, наименее полимерные химические ингредиенты ядра. В профазе при разделении карิโอплазмы в хромосомы переходят, если можно так выразиться, наиболее «легкие фракции» ядра. Более высокомолекулярные белки остаются вне хромосом, они смешиваются с окружающей цитоплазмой, образуя миксоплазму.

В пользу такого рода толкования процессов, протекающих в профазе, говорят литературные данные, в частности результаты ультрафиолетового спектрального анализа. Об этом же свидетельствует упомянутый выше факт растворения хромосом растительных клеток в горячей воде. Известно, что для всех настоящих белков наиболее характерной реакцией является свертывание, коагуляция при нагревании. Если обработать горячей или кипящей водой корешки растений, то обнаруживается, что на месте хромосом остаются пустоты, они полностью, без остатка экстрагируются после такой обработки (рис. 14). Вместе с тем из интеркинетических ядер при тех же условиях нуклеиновая кислота не вымывается. Это объясняется тем, что в таких ядрах содержатся свертывающиеся при нагревании белки, которые и связывают, задерживают на себе нуклеиновую кислоту. В хромосомах, где таких белков нет, последней не за что «зацепиться» и она полностью вымывается, так же, как растворяется и протеиноподобный компонент.

На основании приведенных данных можно высказать предположение о том, что во время митоза осуществляются процессы, способствующие равномерному распределению между дочерними клетками в первую очередь нуклеиновых кислот и, отчасти, простейших белков. Это положение будет использовано в дальнейшем при попытке дать объяснение биологического значения кариокинеза.

Хромосомы представляют собой преходящие структуры,

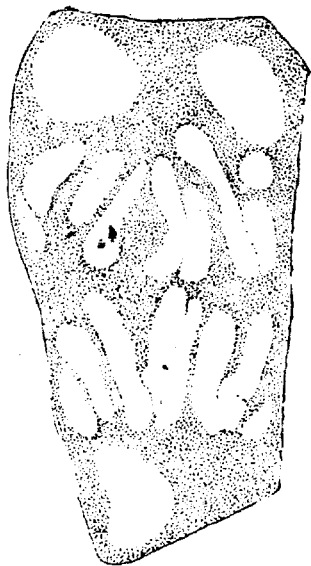


Рис. 14. Делящаяся клетка корня лука. Растворение хромосом после обработки горячей водой (по Макарову).

возникающие в начале клеточного деления и исчезающие после его окончания. Они образуются из изменчивого, лабильного ядерного материала и вновь превращаются, преобразуются в карิโอплазму. Не надо думать, что процесс созидания хромосом в профазе — это простое физико-химическое явление отщепления, коагуляции или коацервации. Несомненно, что здесь осуществляется сложный биологический процесс формообразования, лишь проявляющийся как отщепление. Возникновение хромосом — это одно из выражений присущей каждой клетке способности к морфогенезу, результат активной жизненной функции. Однако у нас нет никаких оснований выделять эти процессы, как нечто совершенно особое, искать в них какой-то мистический смысл. У нас нет оснований для того, чтобы под влиянием своеобразия морфологии хромосом приписывать им свойство особого непрерывного существования.

Очень хорошо известно, что клетка обладает способностью воспроизводить порою очень сложные структуры. Но в отношении их все объясняется естественным путем, они не исключаются из всеобщего закона развития. Рассмотрим несколько примеров. В спермиях некоторых моллюсков всегда находят четыре особых зернышка, обладающих определенной формой и величиной, у других видов таких зерен только три. Эти зерна возникают в результате жизнедеятельности клетки, и никто никогда и не пытался дать этому факту иное толкование.

Известно, что миофибриллы поперечно-полосатых мышц обладают правильным и очень сложным строением (рис. 15).

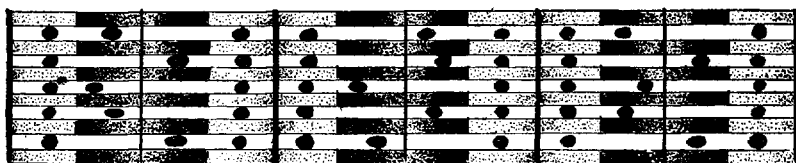


Рис. 15. Схема строения миофибрилл (из Огнева).

причем их тонкая морфология у разных организмов может варьировать в довольно широких пределах. Но ни у кого до сих пор не возникало и тени сомнения в том, что во время эмбрионального развития миофибриллы возникают заново, дифференцируясь из цитоплазмы. Никто до сих пор не объяснял постоянство строения миофибрилл принципом их преемственности.

Большой сложностью и тонкой видовой специфичностью обладают скелеты одноклеточных организмов — радиолярий (рис. 16) и диатомовых водорослей. На этом признаке основана, как известно, их классификация и определительные таб-

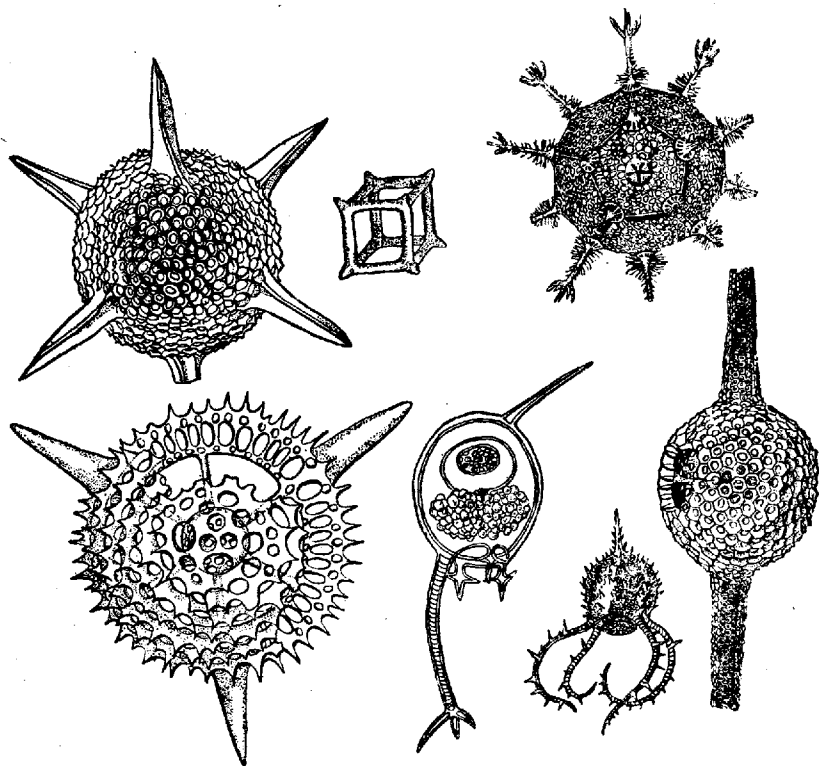


Рис. 16. Строение скелета различных радиолярий (из Беклемишева).

лицы. Вместе с тем несомненно, что данные образования являются продуктом деятельности клетки, формируются в результате активности протоплазмы. Подобного рода примеры можно было бы умножать до бесконечности. Животный и растительный мир дает множество иллюстраций высокой формообразовательной способности клеток, и нет оснований исключать из этого круга явлений хромосомы.

Вейсманисты-морганисты пытались объяснить все разнообразные формы деятельности клетки и организма бессмертными генами, под влиянием которых будто бы только и могут протекать процессы морфогенеза. Они обедняли, обесценивали роль самих организмов, самих клеток. Сейчас с новых позиций, в свете передовой биологической науки, значение клетки как целого выступает во всем его многообразии, вся клетка наполняется жизнью.

VII

Вейсманисты-морганисты в качестве непреложной истины выдвигали «закон» постоянства формы хромосом. Он гласил, что форма хромосом для каждого данного вида организмов неизменна, что существует постоянный гарнитур хромосом. Постоянство формы последних будто бы обусловлено их непрерывностью и, в свою очередь, может быть понято, лишь исходя из принципа преемственности хромосом. На самом деле этот «закон» весьма относителен. При данных условиях, существующих в клетке, возникающие хромосомы обладают определенной, индивидуальной формой. Но это наблюдается лишь в данных клетках того или иного вида и обусловлено историческими причинами. Если сравнивать различные клетки одного и того же организма, то можно убедиться в большом разнообразии формы хромосом. При изменении, в силу тех или иных причин, свойств клетки и условий формирования хромосом неизбежно меняется и форма последних. Она зависит от объема ядра, концентрации в нем нуклеопротеидов, физиологического состояния клетки в целом и множества других факторов.

Сравните, для примера, между собою хромосомы сперматогониев и сперматоцитов первого порядка тритона, т. е. клетки, находящиеся на разных стадиях развития (рис. 17). В сперматогониях хромосомы представлены длинными, сравнительно тонкими нитями с гладким контуром (рис. 17а). В сперматоцитах они имеют вид коротких толстых палочек или зерен (рис. 17б). Объем первых в несколько раз превосходит объем вторых. Морганисты сводят эти различия к разной плотности расположения завитков гипотетической хромомемы. Проще и естественнее объяснять их действительными изменениями формы, зависящими от тех условий, при которых происходит формирование хромосом.

Еще более разительные вариации формы и строения хромосом наблюдаются при развитии яйцевых клеток во время овогенеза. В овогониях хромосомы имеют вид длинных нитей с гладким контуром. В овоцитах первого порядка, в период их роста, когда ядро увеличивается в размерах и обедняется нуклеопротеидами, хромосомы приобретают вид лампо-

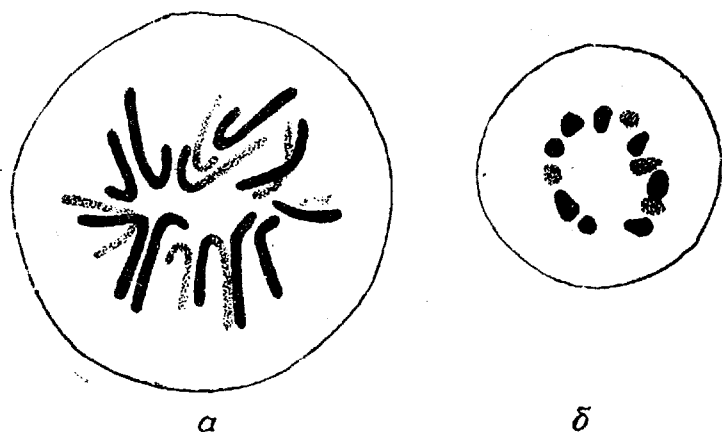


Рис. 17. Различия формы хромосом в сперматогенных клетках тритона.

a — сперматогонии; *б* — сперматоциты 11 порядка. (Оригинал).

вых щеток и, наконец, в овоцитах второго порядка возникающие хромосомы имеют вид небольших комочков. Таковы вариации формы хромосом на разных стадиях развития одной и той же клетки.

Не менее значительные изменения формы хромосом наблюдаются в различных экспериментальных условиях: при действии повышенной и пониженной температуры (по данным Айзенберг), под влиянием паров эфира (по исследованиям Шахлевича) и пр. В этих случаях наблюдается появление шаровидных хромосом вместо палочковидных, возникновение перемычек и т. д.

Мне кажется, что в свете приведенных данных ни о каком «законе» постоянства формы хромосом говорить нельзя. Все зависит от тех условий, при которых формируются хромосомы.

Столь же относительное значение имеет и «закон» постоянства числа хромосом. Соответствующие подсчеты показали, что в различных тканевых клетках человека, птиц и других организмов имеют место значительные колебания количества хромосом, возникающих при митозе. Так, например, считается, что для человека характерны 48 хромосом. В действительности в тканевых клетках число хромосом колеблется от 30 до 70. В некоторых патологических случаях, в первую очередь в клетках злокачественных новообразований, может наблюдаться очень большое количество хромосом. Вероятно, и у других организмов колебания числа хромосом не менее значительны. Не исключена возможность того, что и в половых клетках может иметь место подобное же явление. Во всяком случае, этот вопрос требует критической проверки.

Таким образом, основные «законы», иллюстрирующие так называемую индивидуальность хромосом, относительны. И постоянство числа и постоянство формы проявляется лишь при данных конкретных условиях, при постоянстве внешней среды.¹ Они обусловлены всей предшествующей историей организма и являются таким же наследуемым признаком, как и многие другие. Не хромосомы обуславливают весь сложный комплекс явлений наследственности, а они, так же как другие признаки, являются наследственными. Следовательно, и в отношении хромосом приложимо то понимание наследственности, которое разработано мичуринской биологией. Хромосомы, вместе с тем, наряду с другими живыми частями клетки обладают наследственностью. В чем проявляется это их свойство, я попытаюсь показать ниже.

Несомненно, надо и дальше изучать свойства и поведение хромосом, но при этом исходить не из их стабильности, а лабильности, изменчивости. О том, что число хромосом может меняться при изменении наследственности всего организма, иллюстрируется данными, приводимыми Лысенко. Оказалось, что можно путем воспитания превратить твердую 28-хромосомную пшеницу в мягкую, обладающую 42 хромосомами. В этой области, ожидающей своих Колумбов, предстоит еще много важных и интересных открытий, которые помогут нам глубже вскрыть роль хромосом в жизни клетки и понять биологическое значение митоза.

¹ Под внешним, следуя за Лысенко, здесь понимается то, что воспринимается, под внутренним — то, что воспринимает.

Тем не менее, уже и сейчас нельзя отказаться от того, чтобы не выдвинуть, хотя бы в сугубо ориентировочном порядке, как известный материал для дискуссии, некоторые соображения о возможном значении хромосом и смысле митоза.

Прежде всего несколько слов о продольном делении хромосом. Именно исходя из этого факта, Вейсман и его последователи в свое время сделали вывод о продольной неоднородности хромосом, о расположении вдоль по их длине неких неравноценных частиц, носителей наследственных качеств. При расщеплении хромосомы эти частицы также разделяются, а затем равномерно распределяются между дочерними клетками. Другими словами, продольное расщепление хромосом существует для распределения наследственных зачатков. Ина-

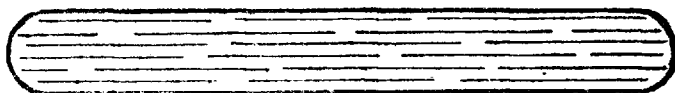


Рис. 18. Схема расположения частиц нуклеопротенидов в хромосоме. (Оригинал).

че будто бы никак нельзя истолковать, осмыслить явления разделения хромосом вдоль по их длине.

Способностью к делению путем перешнуровывания обладают многие клеточные структуры, в том числе такие, как пластиды, центриоли и т. д. Однако в отношении этих образований, имеющих сферическую форму, нельзя говорить о направлении деления. То же, правда, относится и к шаровидным хромосомам, встречающимся у ряда организмов.

Мне кажется, что факт продольного расщепления хромосом может получить естественное объяснение, если принять во внимание их внутреннюю организацию. На ряде объектов, при помощи поляризационно-оптического анализа, с несомненностью удалось установить, что молекулы или мицеллы нуклеиновой кислоты, достигающие весьма значительной длины (молекулярный вес до 1 000 000), ориентированы вдоль длинной оси хромосом (рис. 18). Таким образом, последние имеют строение, типичное для волокнистых структур. Отсюда становится понятным, что хромосомы могут расщепляться лишь в продольном направлении. При поперечном разделении неизбежно должно было бы происходить разрушение компонентов их внутренней структуры, разрыв молекулярных

цепей нуклеиновой кислоты. Для иллюстрации можно привести такой пример: гораздо труднее сломать пук прутьев, чем разделить его продольно на два меньших пучка. Это же имеет место и в отношении хромосом.

Следовательно, явление продольного расщепления хромосом находит свое естественное, причинное объяснение в их внутренней организации. Для этого не надо прибегать к телеологическим рассуждениям, к гипотетическому предположению о продольной неравноценности хромосом.

Каждая гипотеза, которая претендует на объяснение биологического значения митоза, должна дать ответ на два основных вопроса. Во-первых, объяснить наблюдаемый факт более или менее равномерного распределения массы каждой хромосомы между двумя дочерними клетками. Во-вторых, — а это пожалуй основное, — осветить биологический смысл всего того сложного комплекса изменений, который характерен для непрямого деления клетки.

В этой связи можно высказать ряд предположений, однако они не все одинаково правдоподобны. Начну с тех из них, которые кажутся мне мало вероятными. Я их привожу лишь потому, что рассматриваемая проблема подлежит дискуссии и здесь должны быть обсуждены все возможные точки зрения.

Еще Дарвин отмечал, что с наибольшей консервативностью передаются из поколения в поколение безразличные для организма признаки. Достаточно здесь напомнить о наследовании какой-нибудь бородавки или формы носа. Можно было бы предположить, что такого рода бесполезным признаком является и весь тот комплекс изменений, который обнаруживается во время клеточного деления. Раз возникнув, он с упорством передается неизменно дальше. Подобного рода толкование митоза является совершенно невероятным. У нас нет никаких оснований рассматривать кариокинез, сложное биологическое явление, как бесполезный для клетки признак. Мы знаем, что течение митоза эволюционировало, а не оставалось неизменным.

Имеются известные основания предполагать, что в результате деления клетки подвергаются известному «омоложению». Об этом говорят работы Токина и его сотрудников. Можно было бы высказать мысль о том, что в период деления клетка возвращается в ряде своих свойств к тому типу, который имелся в давно прошедшие времена у протоцитов. Возврат происходит к тем стадиям развития клетки, когда только еще началось расслоение единой протоплазмы на цитоплазму

и карิโอплазму и когда последняя была представлена отдельными глыбками, каплями, размножающимися путем перешнуровывания. Нет нужды доказывать, что такая «атавистическая» теория, так же как и предыдущая, достаточно фантастична. Она не подтверждается фактами, а, главное, лишает митоз какого-либо биологического значения.

Более вероятным мне представляется другое предположение, которое я и позволяю себе высказать в качестве гипотетической догадки, лишь как материал для дискуссии.

Ряд данных говорит о том, что нуклеиновые кислоты, и в первую очередь так называемая дезоксирибозонуклеиновая кислота, входящая в состав карิโอплазмы, играют существенную роль в обменных реакциях. В частности, при их участии осуществляются некоторые этапы синтеза белковых тел. Иными словами, уровень внутриклеточного обмена в какой-то и, возможно, значительной степени определяется количеством нуклеиновых кислот. Мы уже видели, что во время митоза, в профазе, происходит конденсация нуклеиновой кислоты в хромосомах. Разделение последних в метафазе и анафазе — это путь равномерного распределения данного компонента ядра между дочерними клетками. Несомненно, что распределение материала хромосом выработалось в течение многих миллионов лет, это результат эволюций, всей предшествующей истории клетки. Представим себе, что дезоксирибозонуклеиновая кислота распределялась бы между дочерними клетками неравномерно. Одна из них получала бы большее количество этого материала, чем другая. В результате этого в одной клетке наблюдался бы более интенсивный обмен веществ, она бы усиленнее синтезировала протеины, росла бы быстрее. Вторая клетка отставала бы в росте. В результате такой неслаженности происходил бы хаотический рост и при развитии возникали бы только уродливые организмы, исключалось бы воспроизведение подобного. В силу изложенного и сложилось исторически, под влиянием отбора, равномерное распределение нуклеиновых кислот и механизм такого распределения — митоз.

Вероятно, что смысл, значение митоза состоит не только в этом, по всей видимости, одновременно происходит целый ряд других процессов, в том числе и освобождение клетки от накопившихся продуктов метаболизма. Однако эти процессы имеют до некоторой степени побочное значение.

Вполне понятно, что основную роль при митозе должен играть именно момент равномерного распределения, а не

абсолютного содержания нуклеопротеидов. Последние могут созидаться клеткой в процессе жизнедеятельности. Равномерное разделение нуклеопротеидов обеспечивает одинаковость исходного ритма обмена веществ.

Согласно высказанной гипотезе биологический смысл митоза—обеспечение, путем равномерного распределения нуклеопротеидов, одинакового уровня обмена веществ дочерних клеток. В пользу этого предположения можно привести ряд данных. Зрелые половые клетки обладают пониженным обменом, что можно поставить в связь с редукцией хроматина. После оплодотворения обмен возрастает. У полиплоидов, т. е. форм с увеличенным содержанием ядерного материала, обычно наблюдается увеличение объема клеток. Удаление ядер влечет за собою прекращение ассимиляционной деятельности клетки, приостанавливается рост, прекращается белковый синтез. В безъядерных участках клетки процессы диссимиляции продолжают; не утрачивается также и способность к развитию ее. По опытам Гарвея, можно путем центрифугирования без травматизации разделять яйцеклетки на две части: ядросодержащую и безъядерную. Обработывая безъядерные фрагменты партеногенетическими агентами, т. е. заставляя их развиваться без оплодотворения, удается наблюдать процесс дробления и образования первых зародышевых стадий. Однако к росту такие безъядерные зародыши неспособны.

В свете высказанной гипотезы могут найти свое объяснение и значение редукционного деления и существование так называемых половых хромосом. Если не было бы редукции хроматина в созревающих половых клетках, то зиготы обладали бы все возрастающей массой нуклеопротеидов. В результате возникали бы гигантские клетки, размеры которых должны прогрессировать до бесконечности. В итоге не могла бы иметь место никакая эволюция органического мира. Наличие половых различий в составе хромосом обуславливает разные исходные уровни обмена веществ и этим путем может привести к половой дифференцировке. Меняя уровень обмена, можно, вероятно, изменить и пол.

Я отдаю себе отчет в том, что предлагаемая гипотеза является весьма провизорной. Против нее можно выдвинуть немало возражений. Это лишь одно из возможных решений проблемы о роли хромосом и митоза в жизни клетки. В этой области нужны настойчивые искания и они должны будут завершиться успехом.

Здесь была изложена лишь первая попытка по-новому подойти к целому ряду цитологических проблем общебиологического значения. Мне кажется, что эти новые пути, новые аспекты открывают необозримые творческие перспективы. Не может быть сомнения в том, что наука о клетке, до конца освободившись от влияния вейсманизма-морганизма, в ближайшее время добьется больших успехов. Она завоеует себе достойное место в передовой мичуринской биологии, поможет своими методами до конца решить основную задачу: поставить на службу социализма управление развитием растений и животных.