

УСПЕХИ
СОВРЕМЕННОЙ
БИОЛОГИИ

ТОМ X • ВЫП. 3

1939



УЧПЕДГИЗ НАРКОМПРОСА РСФСР • МОСКВА

УСПЕХИ СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

академик

В. Л. КОМАРОВ

ЗАМЕСТИТЕЛИ ОТВЕТСТВЕННОГО РЕДАКТОРА

Р. И. БЕЛКИН и И. Л. КАН

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

А. Е. ГАЙСИНОВИЧ

Том X

1939

Вып. 3

СОДЕРЖАНИЕ

Обзорные и общетеоретические статьи

Барон М. А. Биомеханика в пределах микроскопических величин	377
Коников А. П. Основные проблемы иммунохимии	410
Синская Е. Н. Проблема популяций у высших растений	446
Гарвей Э. Н. и Даниелли Дж. Р. Поверхность клетки и ее свойства	471
Трусов В. И. Новые данные о роли аминокислот в питании	495

Трибуна

Парамонов С. Я. Должна ли биосистематика быть филогенетической?	504
Чайлахян М. Х. О гормоне цветения	515

Против враждебных теорий

Полежаев Л. В. Критика виталистических представлений Гербста	525
--	-----

Съезды и конференции

Калабухов Н. Экологическое совещание	530
--	-----

Новости науки

Фонвиллер П. А. Электронный микроскоп	535
Алпатов В. В. Выживание протоплазмы при температуре жидкого воздуха	539
Калабухов Н. И. Соотношение термотактического оптимума и «критической» температуры у млекопитающих	540
Рыжков В. Л. Новые исследования в области генетики пола у хламидомонад	543

Рецензии

Бляхер Л. Я. Курс общей биологии (З. С. Кацнельсон)	545
Мюр и Ритчи. Учебник медицинской микробиологии (К. А. Фриде)	553

Библиография

Советская биологическая литература, 1938	553
Иностранная биологическая литература	544
Биологическая периодика	563

Журнал «Успехи современной биологии» выходит 6 выпусками в год, составляющими 2 тома объемом до 600 страниц каждый.
Подписная цена: на год (2 тома — 6 вып.) 36 руб., на 6 мес. (1 том — 3 вып.) — 18 руб.
Получать адресовать секретарю редакции Е. П. Долинской.
Москва, ул. Фрунзе, 10, комн. 35

НОВОСТИ НАУКИ

ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

Н. А. ФОНВИЛЛЕР

Техника микроскопического исследования переживает в настоящее время переворот. Превзойдена граница видимости микроскопических объектов, установленная в свое время Аббэ. До сих пор не существовало метода, дававшего возможность заметно сдвинуть эту границу. Но не подлежит сомнению, что положение принципиально изменилось с тех пор, как открыт электронный микроскоп, дающий такие увеличения микроскопических объектов, о которых раньше не приходилось и думать.

По Краузе, разрешающая способность светового микроскопа достигает $0,16 \mu$, а в ультрафиолетовом свете — $0,08 \mu$, т. е. 800 \AA . Разрешающая же способность электронного микроскопа доходит теоретически до $2,2 \text{ \AA}$. На практике, правда, мы в настоящее время можем только нащупывать, какие полезные увеличения можно получить при помощи электронного микроскопа, причем оказывается (по Краузе), что разрешающая способность последнего примерно в 40 раз больше, чем разрешающая способность светового микроскопа. Но к этому порядку величин относятся уже самые большие известные нам молекулы, например молекула крахмала с поперечником в 40 \AA . Сначала можно было думать, что область применения нового микроскопа довольно ограничена, так как он допускал наблюдение только открытых объектов в пустоте (стекло подготовило бы катодные лучи). Далее казалось необходимым, чтобы наблюдаемые объекты — срезы и т. п. — были особенно тонкими. И, наконец, грозила опасность обугливания объектов под действием катодных лучей, для предотвращения которой требовались особые приспособления (охладители). Но дальше мы увидим, что эта начальная стадия уже осталась позади и что в настоящее время приступили к изучению более толстых объектов, находящихся в воздухе. Благодаря этому открываются новые широкие возможности для витальной микроскопии (см. Vonwiller, 1932, 1937), а следовательно, и для всей биологии. Но и этим еще далеко не исчерпываются области применения нового метода: чрезвычайно интересные результаты получены при помощи него и в других областях научного исследования, прежде всего — в области коллоидной химии, где удалось наблюдать частицы золота в иризоло-рубиновом стекле; эти частицы обладают диаметром в $100-150 \mu$, но в других случаях удалось сделать видимыми и еще более мелкие частицы, до 50μ и меньше (Beischer, 1937).

В электронном микроскопе мы имеем дело не с непосредственным субъективным наблюдением, как при световой микроскопии, а с наблюдением изображений на экране или фотографических снимков, как при работе с лучами Рентгена. Но несмотря на это ограничение, мы должны признать, что если новый метод получит более общее применение в биологии, мы стоим перед эпохальным новшеством, которое должно привлечь к себе внимание всех биологов. С этой точки зрения мы и намерены кратко изложить положение дел в этой новой отрасли знания.

Теоретически новый метод микроскопического исследования основывается на том, что благодаря сходству закономерностей световых и электронных лучей оказалось возможным разработать особую электронную оптику. Как известно, световые лучи обладают различной скоростью в средах с различными показателями преломления, и совершенно так же можно получить различия в скорости электронов при помощи электрических магнитных полей. Световые лучи можно собирать и рассеивать при помощи выпуклых и вогнутых линз, и совершенно то же удается и с электронными лучами, но только здесь приходится применять не оптические линзы из стекла, а электрические или магнитные «линзы». Существенное различие заключается здесь в том, что в такой электронно-оптической системе электронные лучи не просто преломляются, как световые лучи в стеклянных линзах, а идут по кривым линиям, как световые лучи в атмосфере.

По Греттструпу (Groettrup), необходимые для целей электронной микроскопии короткие фокусные расстояния достигаются только при помощи магнитных линз, что и бы-

ло осуществлено Руска и Боррисом (Ruska, Borries) в их «линзах полюсных башмаков» (рис. 1). Такая система отбрасывает, как и выпуклая стеклянная линза в световой оптике, увеличенное обратное изображение предмета. Мы видим, таким об-

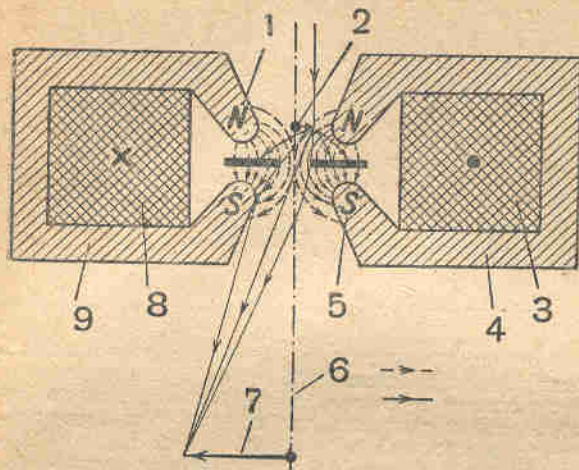


Рис. 1. Магнитное поле и ход лучей в линзе полюсного башмака по Руска и Боррис (по Грэттрупу)

1. Полюсный башмак N 2. Объект (стрела, острие направлено вправо). 3. Обмотка катушки. 4. Железная обертка. 5. Полюсный башмак S. 6. Оптическая ось. 7. Увеличенное обратное изображение (стрела, острие направлено влево). 8. Обмотка катушки. 9. Железная обертка.

разом, что электронный и световой микроскоп во многих отношениях похожи один на другой. Но существенное различие между ними состоит в том, что в электронном микроскопе изображаются не оптическая плотность и цвет, как в световом микроскопе, а различия в плотности массы объекта, как в случае лучей Рентгена. И действительно, уже пробовали с известным успехом поставить лучи Рентгена на службу микроскопии (см. работы Turchini). Но так как эти лучи не преломляются в стеклянных линзах, Turchini оказался вынужденным наклеивать свои срезы непосредственно на фотографическую пластинку, облучать их в таком виде и затем микроскопически изучать фотографическое изображение. И в этом случае изображение показывает, конечно, не оптическую плотность и цвет объекта, а различия в плотности его массы.

В качестве примера значительно более высокой разрешающей способности электронного микроскопа Грэттруп приводит фотографию коллоидального серебра при 63 000-кратном увеличении, которое получено путем последующего увеличения фотографии, сделанной при помощи «сверхмикроскопа», при увеличении в 16 500 раз. По данным Грэттрупа, мы в этом случае уже приближаемся к границам мощности современного электронного микроскопа. Далее он приводит изображение вируса экстремали при 20 000-кратном увеличении. Правда, этот вирус еще виден и в обычный микроскоп, но при помощи сверхмикроскопа достигаются значительно большие увеличения и, следовательно, можно наблюдать значительно большие детали объекта (величина, форма и т. п.).

Наидущий сконструированный до сих пор «классический» электронный микроскоп, а именно сверхмикроскоп Руска (см. рисунки в статьях Грэттрупа, Мартина, Фрица) (рис. 2), пока еще сложен, дорог и занимает чрезвычайно много места по сравнению со световым микроскопом, но обслуживается он уже настолько быстро, что смена фотографических пластинок занимает только две минуты, а смена объекта — всего одну минуту. Поэтому можно сказать, что техническая разработка этой формы электронного микроскопа уже в известной степени закончена, зато в области ее практического применения мы находимся еще в самом начале. Но сравнение приводимых Грэттрупом в своей работе фотографий (гноеродные и кишечные бактерии), полученных при помощи электронного и светового микроскопов, уже показывает, во-первых, значительно большие увеличения, достигаемые при помощи первого из них, и, во-вторых, значительно более высокую разрешающую способность

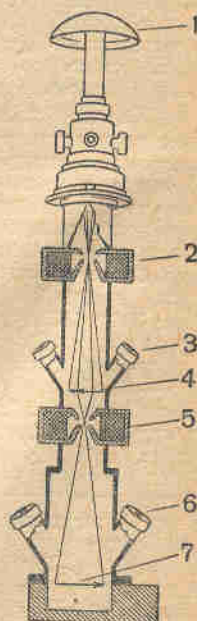


Рис. 2. Ход лучей в сверхмикроскопе (по Грэттрупу)

1. Источник электронов. 2. Катушка объектива. 3. Отверстие для наблюдения плоскости промежуточного изображения. 4. Плоскость промежуточного изображения. 5. Проекционная катушка. 6. Отверстие для наблюдения плоскости изображения. 7. Плоскость изображения.

электронного микроскопа по сравнению со световым. Электронно-микроскопическое изображение в этом случае было значительно более четким и обнаруживало больше деталей.

Границы разрешающей способности электронного микроскопа подробней исследуются в работе Арденне, причем особое внимание обращается на источники ошибок при возникновении электронно-оптического изображения. Совершенно очевидно, насколько необходимыми такого рода исследования, которые могут указать пути для дальнейшего развития этой отрасли знания. Исходя из наилучшего сконструированного до сих пор электронного микроскопа — сверхмикроскопа Руска — Арденне впервые дает обзор характера и величины различных ошибок. Отсылая для деталей к работе указанного автора, мы здесь ограничимся перечислением всех подробно исследованных им источников ошибок, а именно: 1) ошибка дифракции, 2) ошибка заряда пространства, 3) ошибка апертуры, 4) хроматическая ошибка, 5) ошибка вследствие рассеяния электронов в пространстве и, наконец, 6) ошибка вследствие влияния посторонних магнитных полей. В результате автор приходит к выводу, что у электронного микроскопа можно при тончайших объектах и достаточно резком контрасте достигнуть разрешающей способности примерно на два порядка величины превосходящей разрешающую способность светового микроскопа. Изучению же более толстых объектов и объектов, находящихся в воздухе, положены узкие границы вследствие скоростного и пространственного рассеяния электронов. Это ограничение Арденне пытается, однако, устранить в другой своей работе. В предыдущей статье он показал, что в построенных до настоящего времени электронных микроскопах решающее значение принадлежит хроматической ошибке, которая возникает в результате дифференциального торможения электронов в объекте. Исходя из этого, Арденне разработал принципиально новый метод получения электронно-оптического изображения, при котором отпадает данный источник ошибок. Основной чертой этого нового метода является применение тонкого «электронного зонда». Острие электронного зонда совпадает с плоскостью объекта, и электронный луч «модулируется», т. е. в большей или меньшей степени поглощается, тормозится или рассеивается объектом. При помощи отклоняющих полей можно вести электронный зонд в одном или двух направлениях по поверхности объекта. Синхронно с этим перемещением зонда в плоскости, где происходит регистрация, движется регистрирующая пластинка. Так как после прохождения через объект электронный луч больше не подвергается действию никаких электронно-оптических линз, различия в скорости отдельных электронов (рис. 3 и 4) уже не могут оказывать неблагоприятное влияние в форме хроматической ошибки.

Новый принцип, предложенный Арденне, оказывается чрезвычайно важным для дальнейшего развития электронной микроскопии. В классическом электронном микроскопе, например, в микроскопе Руска, высокая разрешающая способность достигается только в проходящем свете и светлом поле. Микроскоп же Арденне допускает в принципе любого из приемов освещения, т. е. прежде всего допускает наблюдение в падающем луче. Особенно важным, как мы уже указывали, является здесь то, что микроскоп Арденне позволяет изучать объекты, находящиеся в воздухе, без того, чтобы его разрешающая способность упала ниже разрешающей способности светового микроскопа. Тем самым, по видимому, беспредельно расширяются возможности применения электронной микроско-

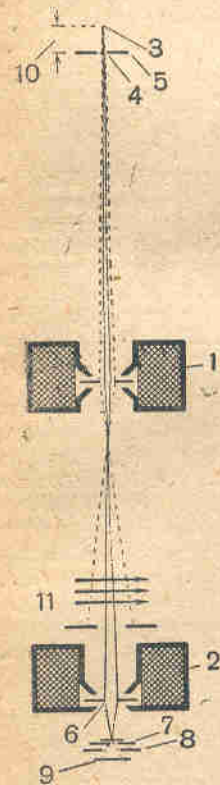


Рис. 3. Ход лучей в микроскопе Арденне (по Грэттрупу)

1. Первая уменьшительная катушка.
2. Вторая уменьшительная катушка.
3. Катод.
4. Образованное поперечное сечение.
5. Анодная диафрагма.
6. Апертурная диафрагма.
7. Плоскость объекта.
8. Диафрагма регистрирующей поверхности.
9. Регистрирующая поверхность.

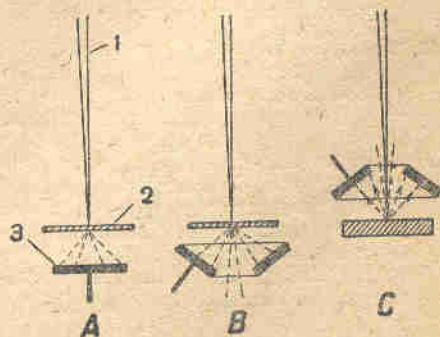


Рис. 4. Различные способы освещения (схематическое изображение)

A — проходящий свет, светлое поле. B — падающий свет, темное поле. C — падающий свет. 1. Электронный зонд. 2. Объект. 3. Воспринимающая поверхность электронного индикатора.

нии. Классическая биологическая световая микроскопия страдала от того, что она принципиально вынуждена была ограничиваться тонкими и прозрачными объектами, вследствие чего возможности изучения *in vivo* были чрезвычайно сужены, особенно в отношении высших организмов, где имеется лишь очень немного объектов, доступных такому исследованию (плавательная перепонка лягушек, живой мезентерий и некоторые другие). Систематическое развитие микроскопии в падающем свете означало в области световой микроскопии не просто второстепенное техническое новшество, как это думали вначале, а открытие перед витальной микроскопией возможности изучения *in vivo* и *in situ* всех высших организмов, всех их живых органов, тканей и клеток в естественном окружении. Совершенно таким же образом микроскопу Арденне суждено, повидимому, освободить электронную микроскопию от тонких, заключенных в пустоту мертвых объектов и открыть перед ней возможности изучения живых организмов при помощи сверхмикроскопа. Не подлежит сомнению, что это означает большой принципиальный прогресс для всей биологии.

ЛИТЕРАТУРА

- Ardenne M., v. Die Grenzen für das Auflösungsvermögen des Elektronenmikroskops. *Ztschr. f. Physik*, 108, 338—352 (1938). (Реферат в *Ztschr. f. wissensch. Mikroskopie*, 55, 308—312, 59—60).
- Ardenne M., v. Das Elektronen-Raster-Mikroskop. Theoretische Grundlagen. *Ztschr. f. Physik*, 108, 553—572, 1938. (Реферат в *Ztschr. f. wissensch. Mikroskopie*, 55, 312—317, 1938).
- Barnard J. E. The principles of fluorescence microscopy. *Journ. R. Microscopical Society*, 57, 256—259, 1937.
- Beischer D. Das Elektronenmikroskop als Hilfsmittel der Kolloidforschung. *Naturwissenschaften*, 25, 825—829, 1937. (Реферат в *Ztschr. f. wissensch. Mikroskopie*, 55, 58—59, 1938).
- Borries B., v., und Ruska H. Vorläufige Mitteilung über Fortschritte im Bau und in der Leistung des Übermikroskops. *Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus den Siemenswerken*, 17, 99—106, 1938. (Реферат в *Ztschr. wissenschaftl. Mikroskopie*, 55, 480—481, 1938).
- Borries B., v., und Ruska H. Der Stand des Übermikroskops. *Ztschr. Verein. D. Ingenieure*, 82, 937—941, 1938. (Реферат в *Ztschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie*, 55, 481, 1938).
- Burgers W. G. Unmittelbare Beobachtung von Gefügeumbildungen bei hohen Temperaturen mit Hilfe des Elektronenmikroskops. *Ztschr. f. Metallkunde*, 2, 250—251, 1937. (Реферат в *Ztschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie*, 55, 224, 1938).
- Gröttrup H. Entwicklung und Stand der Elektronenmikroskopie. *Ztschr. f. wissensch. Mikroskopie*, 55, 289—296, mit 7 Textabbildungen, 1938.
- Krause P. Das magnetische Elektronenmikroskop und seine Anwendungen in der Biologie. *Naturwissenschaften*, 25, 817—825, mit 8 Abbildungen, 1937. (Реферат в *Ztschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie*, 55, 57—58, 1938).
- Fritz R. Une nouvelle étape dans l'exploration de l'infiniment petit: le supermicroscope électronique. *Science et Vie*, p. 359—368, 1938.
- Martin L. C. The Electron Microscope. *Nature*, 142, 1062, 1938.
- Vollwiler P. Über den heutigen Stand der Mikroskopie im auffallenden Licht. *Ztschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie*, 49, 289—304, 1932.
- Фонвиллер П. Микроскопия на живых объектах. *Усп. совр. биол.*, 1, 3—16, 1932.
- Фонвиллер П. Микроскопия живой нервной системы. *Усп. совр. биол.*, VI, 310—317, 1937.
- Turchini J. L'istoradiographie. Principales applications histologiques. *Comptes-rendus de l'Association des anatomistes*, Milan, 1936, p. 314—322 et *Bulletin d'Histologie*, XIV, 17—28, 1937. (Реферат: *Биол. журн.*, V, 272—273, 1937).
- Lamarque P. La technique de l'istoradiographie. *Comptes-rendus de l'Association des anatomistes*, Milan, 1936; *Bulletin d'Histologie*, XV, 6—16, 1937. (Реферат: *Биол. журн.*, V, 270, 1937).