

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ МИКРОСКОПА

Васильев Д. В.

Как часто бывает с великими изобретениями, очень сложно однозначно сказать кто его автор. Как правило, эти изобретения не возникают из неоткуда, их появлению предшествуют другие открытия и изобретения, создающие необходимую материальную и научную базу. Это является причиной того, что на авторство может претендовать множество изобретателей и исследователей. Это правило относится и к изобретению микроскопа. Поэтому рассказ о его истории стоит начать с линз.

Для изготовления светового микроскопа необходимы линзы, а история производства линз уходит корнями в далекое прошлое. До наших времен дошла одна древняя большая плосковыпуклая линза диаметром 55 мм и фокусным расстоянием 150 мм, изготовленная за 2500 лет до нашей эры из горного хрусталя. Стеклённые линзы начали изготавливать примерно в 600-400 годах до Рождества Христова, и были обнаружены в Месопотамии. В Швеции была найдена изготовленная в 500 году нашей эры двойная линза, выпуклая с двух сторон и имеющая диаметр 5 см. Список обнаруженных древних линз можно долго продолжать, но про область их применения в те времена сейчас, увы, можно только догадываться. Первое и достаточно подробное описание линз, как предмета для увеличения изображения, появляется только в трудах Роджера Бэкона (1214-1294 гг) [1, 2].

Но линзы это еще не сам микроскоп. Собственно сам микроскоп был изобретен где-то в конце 16 начале 17 века и не совсем ясно кем, потому, что отдать пальму первенства одному из создателей устройства для микроскопии нельзя, ибо каждый из естествоиспытателей внес свой вклад в его развитие и оставил свой след в истории. Главными претендентами на звание изобретателя микроскопа являются голландцы Ханс Янсен и его сын Захария, а также итальянец Галилео Галилей.

Голандские мастера по изготовлению очков, Ханс Янсен и его сын Захария. Они впервые применили принцип двух выпуклых линз в одной трубке и тем самым заложили основу развития микроскопии и создания прибора, с помощью которого человечество проникло в микромир. Это произошло примерно

в 90-е гг. шестнадцатого века. Но называть этот прибор микроскопом, наверное, не совсем справедливо. Их прибор для микроскопии был мало похож на современный микроскоп, однако, с его помощью можно было наблюдать под увеличением небольшие предметы. Увеличение микроскопа составляло от 3 до 10 крат, а фокусировка на исследуемом объекте достигалась за счет выдвижного тубуса [3, 4].

Чуть позднее (1609—1610) Галилей, совершенствуя сконструированную им зрительную трубу, стал использовать ее как своеобразный микроскоп путем изменения расстояния между вогнутым окуляром и выпуклым объективом [1, 2]. Добиваясь в дальнейшем получения более короткофокусных линз, Галилей усовершенствовал первоначальную конструкцию микроскопа, значительно уменьшив его габариты. Именно после этого началось быстрое распространение и совершенствование конструкции микроскопа, но, правда по несколько другому пути - на основе оптического инструмента, предложенного Кеплером, где были применены окуляр и объектив в виде одиночных выпуклых линз, что давало обратное (перевернутое) изображение. Идея такого инструмента была выдвинута Кеплером еще в 1611 г., а в 1613—1617 гг. впервые был сконструирован и такой оптический инструмент.

Еще одним изобретателем микроскопа считается Корнелиус Якобсон Дреббель — нидерландский изобретатель, занимавшийся исследованиями в области химии и оптики. Его оптическое устройство было впервые представлено публике в 1619 году в Лондоне, и принесло ему широкую известность. На предложенных Дреббелем принципах работают многие современные устройства для микроскопии. Крестьянин по происхождению, он совмещал знания с магией, а науку — с шарлатанством, однако став астрологом при дворе английского короля Якова I. Дреббель сконструировал и ряд полезных физических приборов, в том числе микроскопов. Изготовленные Дреббелем микроскопы, распространились в Европе, проникнув из Англии во Францию и Италию [3, 5]. Благодаря тому, что именно его модель микроскопа стала впервые широко распространяться, он также считается одним из изобретателей микроскопа.

Но приборы всех перечисленных изобретателей не имели под собой теоретической основы. Отцом принципов современной микроскопии считается другой нидерландский ученый - Кристиан Гюйгенс - автор «Трактата о свете»

(волновая теория света), который вышел в печать в 1678 году. Так же, его перу принадлежит теория отражения, преломления и двойного лучепреломления. Но микроскоп он не изобретал.

Но зато благодаря теории волнообразного распространения света Кристиана Гюйгенса, в 1665 году Роберт Гук — английский естествоиспытатель, создал собственный микроскоп. И более того, он дополнил теоретическую научную базу необходимую для создания микроскопов, создав гипотезу о поперечном характере световых волн, которую изложил в книге «Микрография». Основные постулаты этой теории впоследствии получили свое подтверждение опытным путем, и используются в современной микроскопии. Также Р Гуку принадлежат и первые успехи, связанные с применением микроскопа в научных биологических исследованиях [3, 4].

В истории развития микроскопии довольно заметный след оставил Антони Ван Левенгук, проживавший в Голландии, в городе Дельфт с 1632 по 1723 год. [6] Часто именно его называют изобретателем микроскопа. Но заслугой Левенгука является не создание микроскопа, а то, что он самостоятельно делал и использовал в своих исследованиях простые микроскопы, которые давали увеличение изображения до трехсот крат, для исследований микромира. Именно Антони Ван Левенгук первым, опираясь на опыт своих наблюдений, составил описание царства микроскопических организмов и бактерий. Он активно популяризировал свои открытия и благодаря этому его часто, и называют изобретателем микроскопа.

Надо сказать, что название прибора появилось еще до рождения Левенгука. Оно было предложено в 1625 году членом Римской "Академии зорких" ("Akademia dei lincei") И. Фабером [7].

В дальнейшем световой микроскоп многократно совершенствовался. В 1668 г. Евстахий Дивини, присоединив к окуляру полевую линзу, изобрел окуляр современного типа [4].

В 1673 г. Ян Гавелий ввел микровинт, а другой ученый Г. Гертель в 1716 г. предложил поместить под предметный столик небольшое зеркало для направления световых лучей в тубус микроскопа [4].

Таким образом, микроскопы стали изготавливать из пяти основных деталей, которые и в настоящее время входят в состав современного оптического микроскопа. Это:

1. корпус;
2. источник света, луч от которого фокусируется на объективе;
3. предметный столик;
4. объектив;
5. окуляр.

Вначале XVIII в. микроскоп появился и в России. Перспективные молодые русские ученые, работавшие под руководством М.В. Ломоносова, имели возможность применять микроскопы в своих биологических исследованиях, а впоследствии принимали активное участие и в усовершенствовании самих приборов.

Так одной из проблем, с которой сталкивались изобретатели микроскопов, было явление хроматической аберрации. Оно сильно мешало проведению микроскопических исследований. Надо сказать, что решить эту проблему пытался ещё Исаак Ньютон. Он смог установить природу хроматических аберраций, но в результате ошибки при проведении опытов, пришёл к выводу о невозможности удаления этого нежелательного эффекта в системе линз. Мнение Ньютона было весьма авторитетным, и долгое время его не пытались оспорить. Но в 1747 году Леонард Эйлер (1707-1783), член Петербургской Академии наук, выдвинул идею ахроматизации объектива микроскопа. Позднее его ученик Н.И.Фусс сделал расчеты для ахроматического микроскопа [4, 7, 8]. Идея ахроматизации предполагала создание сложного объектива, состоящего из выпукло-вогнутых линз, и использование двух различных сортов оптического стекла (более легкого крона и тяжелого флинта) для изготовления этих линз. А в 1802 году (после опубликования работы действительного члена Петербургской Академии наук Франца Ульриха Теодора Элинуса, под названием «Ахроматический микроскоп новой конструкции, пригодный для рассматривания объективов в свете, отраженном их поверхностью»), был сконструирован и первый ахроматический микроскоп [4, 7, 8]. Этот прибор стал нашумевшим открытием того времени. Ахроматический объектив позволял улучшить качество изображения, даваемого микроскопом, вследствие устранения хроматической и сферической аберраций.

Положенная в основу построения микроскопа Элинуса схема представляла собой ахроматический микроскоп, укомплектованный шестью объективами. Она предусматривала возможность плавного изменения увеличения предметов, путем перемены расстояния от исследуемого предмета до изображения. В своей работе Элинус использовал идеи Л.Эйлера и Н.И.Фусса.

В начале XIX века изготовлением двух ахроматических микроскопов занялся немецкий оптик И.Г. Тидеман, проживавший в г. Штутгарт. Эти приборы были выпущены в 1808 году. За год до выпуска ахроматических микроскопов Тидеманом, в 1807 году оптик из Голландии, Ван Дейл опубликовал свою работу, в которой было описание конструкции, сделанного им ахроматического микроскопа. Историки Западной Европы признают именно этот прибор, как первый удовлетворительный ахроматический микроскоп. Но по всем параметрам микроскоп голландского оптика уступал инструменту Элинуса, а выпущенные в 1811 году ахроматические микроскопы Иозефа Фраунгофера имели еще более несовершенную конструкцию [4].

К этому времени швейцарский оптик Гинана разработал технологию варки тяжелых стекол (флинт), без которых ахроматизация объектива не была бы возможной [4]. Ему совместно с Фраунгофером, удалось внедрить на заводе Утцшнайдера в Бенедиктбойерне (Бавария) приём механического перемешивания расплава во время варки, круговыми движениями глиняного стержня, вертикально опущенного в стекло. В 1811 году, Гинаном и Фраунгофером, было запущено в производство два сорта оптического стекла: крон (72 % SiO_2 , 18 % K_2O , 10 % CaO) и флинт (45 % SiO_2 , 12 % K_2O , 43 % PbO)

В 1824 году Саллинг предложил идею расчленения объектива, состоящего из одной линзы, на части и его стали делать из многих ахроматических линз. Умножение числа параметров, дало возможность исправления ошибок системы, и позволило увеличивать объекты в 500 и даже в 1000 раз [7].

Параллельно с созданием микроскопов развивается и их теоретическая база. В 1866 Эрнст Аббе открывает число Аббе - безразмерную величину, используемую в оптике как меру дисперсии света в прозрачных средах. Аббе так же разрабатывает теорию микроскопа, что становится прорывом в технике их создания. Компания «Карл Цейс» применив на практике это открытие становится ведущим производителем микроскопов того времени. Также, Аббе впервые ясно

показал, основываясь на волновой теории света, что каждой остроте инструмента соответствует свой предел возможности. Нельзя видеть объекты меньше полудлины волны - утверждает дифракционная теория Аббе,- и нельзя получить изображения меньше полудлины волны, т.е. меньше $1/4$ микрона [7].

Но, правда, вскоре были найдены способы обхода этого лимита. В 1903 году Р. Жигмонди и Г. Зидентопф создали ультрамикроскоп [10]. Если невидимые в микроскоп микроорганизмы расставлены далеко друг от друга, то можно осветить их сбоку ярким светом. Как бы они малы ни были, они заблестят, как звезда на темном фоне. Форму их нельзя будет определить, но можно будет их сосчитать, что тоже иногда чрезвычайно важно. Этим методом до сих пор широко пользуются в бактериологии.

В погоне за все более высоким оптическим разрешением изобретались разные технические ухищрения. В частности была доведена до предела длина облучающего света. Это привело к созданию ультрафиолетовой микроскопии (280 - 300 нм), позволяющей визуализировать объекты размером 150 - 170 нм [10]. Но, несмотря на то, что ультрафиолетовые микроскопы почти вдвое превосходят обычные по разрешающей способности, они обладают одним серьезным недостатком - ультрафиолет повреждает биологические объекты, поэтому такие микроскопы совершенно не подходят для биотехнологических исследований.

Для изучения нанообъектов разрешения оптических микроскопов (даже использующих ультрафиолет) явно недостаточно. В связи с этим в 1930-х гг. возникла идея использовать вместо света - электроны, длина волны которых в сотни раз меньше чем у фотонов.

В 1931 году немецкий инженер Райнхольд Руденберг патентует просвечивающий электронный микроскоп с электростатической фокусировкой электронов. В этом же году Эрнст Руска и Макс Кноль создают прототип просвечивающего электронного микроскопа с фокусировкой магнитными линзами [9].

В 1937 году Манфред фон Арденне изобретает растровый (сканирующий) электронный микроскоп с разрешением выше 100 нм. [10].

В 1951 году Чарльз Отли создаёт сканирующий электронный микроскоп с регистрацией вторичных (испускаемых исследуемой поверхностью) электронов с

разрешением 50 нм, который к тому же позволяет увидеть трёхмерную структуру поверхности [10].

В 1965 году начинается промышленное производство электронных микроскопов с разрешением около 10 нм.

В 1981 году Герд Биннинг и Генрих Рорер создают электронный туннельный микроскоп. В этом приборе электроны могут туннелировать между иглой зонда и поверхностью образца. По величине тока туннелирующих электронов определяют расстояние между образцом и кончиком иглы. Сканируя образец, получают рельефное изображение поверхности [11, 12].

Что ожидает нас в будущем пока сложно сказать. Возможно, будут созданы микроскопы способные в реальном времени показать, как происходит взаимодействие между молекулами.

Литература:

1. Гуриков В.А. Становление прикладной оптики. М.: Наука, 1983, 188 с.
2. Толанский С. Революция в оптике. М.: Мир, 1971, 223 с.
3. Соболев С. Л. Изобретение микроскопа и его исторические предпосылки. Реф. работ учр. отд. биол. наук АН СССР за 1941 —1943 гг. М., 1945, 418—419.
4. Кацнельсон З. С. Клеточная теория в ее историческом развитии Л.: Государственное издательство медицинской литературы, 1963г. 335 с.
5. Соболев С. Л. Развитие естествознания в России в первой половине XIX века. Биология. В кн.: История естествознания в России. Т. 1, ч. 2, М., 1957, 275—338. '
6. Чуриловский В.Н. Теория оптических приборов. М.-Л.: Машиностроение, 1966, 564 с.
7. Виноградова Г.Н. История науки и приборостроения. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 157 с.
8. Соболев С.Л. История микроскопа и микроскопических исследований в России в XVIII веке. 1949.
9. Наука и жизнь, Электронный микроскоп // «Наука и жизнь» № 2, 1934
10. Bradbury S. The evolution of the microscope. Oxford, 1967.
11. Нагорнов Ю.С. Изучение биологических объектов методами атомно-силовой микроскопии. Тольятти: ТГУ, 2012. 67 с.

12. *G. Binnig, H. Rohrer, C. Gerber, E. Weibel.* [Surface studies by scanning tunneling microscopy.](#) // Phys. Rev. Lett. V. 49, № 1, S. 57 — 61 (1982).