

КРАТКИЙ ОЧЕРК ПО ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ МИКРОСКОПА

Васильев Денис Владимирович

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии.

С великими изобретениями часто бывает так, что очень сложно однозначно назвать их авторов. Как правило, такие изобретения не возникают из неоткуда, их появлению предшествуют другие открытия и изобретения, создающие необходимую материальную и научную базу. Благодаря этому на авторство может претендовать множество изобретателей и чтобы определиться с авторством, необходимо проследить всю историю возникновения изобретения, и всех его авторов. Данное правило относится и к изобретению микроскопа. Но в литературе, не смотря на то, что существуют работы, показывающие всю сложность данной задачи [1; 2] часто, порою не заслуженно, пытаются назвать конкретного автора изобретения [3; 4; 5] Поэтому целью данной статьи является попытка разобраться в вопросе авторства на изобретение микроскопа и рассказ о этапах создания этого оптического прибора.

Для создания светового микроскопа необходимы линзы, а история производства линз уходит своими корнями в очень далекое прошлое. Так до наших времен дошла одна древняя большая плосковыпуклая линза, изготовленная за 2500 лет до нашей эры из горного хрусталя в Ниневии. Стекланные же линзы начали изготавливать примерно в 600-400 годах до Рождества Христова, в Месопотамии [3]. В Европе, в Швеции, также была найдена изготовленная в 500 году нашей эры двойная линза (выпуклая с двух сторон) диаметром 5 см. Список обнаруженных древних линз можно продолжать сколько угодно долго, 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 в 13 веке [6, 7]. Однако первые работы по оптике появляются еще в античности. Известно, что Евклидом и Аристотелем опытным путем были установлены основные оптические явления — прямолинейное распространение света, независимость световых пучков, отражение от зеркальной поверхности и преломление света на границе двух прозрачных сред. Но хотя древние ученые и интересовались природой и свойством света, о создании ими оптических приборов пока ничего не известно. Не смотря на существование достаточного количества теоретических трудов по оптике, практическая оптика, особенно в части применения линз, до позднего средневековья развивалась крайне слабо [1]. И только в 13 веке в Италии появляются первые очки [8].

Первые идеи о создании из линз сложных оптических приборов для увеличения изображения встречаются в манускриптах Леонардо да Винчи. В его рукописях немало графических построений хода лучей в линзах, дается экспериментальный метод определения оптических aberrаций. Из работ ученого можно узнать, что он, возможно, является создателем не только однолинзового, но и двуллинзового (с двумя выпуклыми (собираательными) линзами) оптического прибора для увеличения изображения [1]. Есть рисунки такого прибора, но был ли он создан не известно (рис. 1).

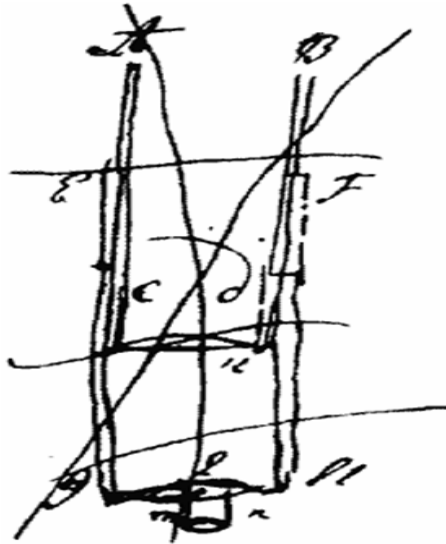


Рис. 1. Схема зрительной трубы (рисунок Леонардо да Винчи). Обозначения: cd — линза объектива, АВ — тубус-бленда объектива, EF — тубус окуляра, mp — хрусталик глаза наблюдателя, расположенный за линзой окуляра.

Дело, начатое Леонардо да Винчи, было продолжено его соотечественником Джованни Баттиста де ла Порта (1535—1615). Так в книге «De refractione» («О преломлении») он пытается изучить оптические системы, состоящие из комбинации выпуклой и вогнутой линз, т. е., схемы зрительной трубы, которая в последующем будет создана Галилеем [1; 9, с. 126].

К сожалению, в литературе посвященной созданию микроскопа ни Леонардо Давинчи, ни Джованни Баттиста практически никогда не упоминаются. Принято считать, что собственно первые приборы, которые можно при определенном желании назвать микроскопами были изобретены либо Голландскими мастерами очков Янсен, либо итальянском ученым Галилео Галилеем [2; 3; 6; 7; 10]. Но считать их изобретателями микроскопа очень сложно. Прежде всего, эти изобретатели вовсе не стремились создать микроскоп, и не занимались в последующем исследованиями микромира. Они просто создали оптические приборы, которые при желании можно было использовать для микроскопии (рис.2).



Рис. 2. Оптический прибор мастеров Янсен

Более того у них имеются конкуренты претендующие на первенство в создании двухлинзовых приборов для увеличения изображения. Есть сведения, что Иоганн (Ханс) Липперсгей, (мастер по изготовлению очков) проживавший по соседству с семейством Янсен также создал в это же время оптический прибор очень похожий на прибор мастеров Янсен. Но он пытался использовать его не в

качестве микроскопа, а как подзорную трубу и пытался ее запатентовать, но патента не получил поскольку на право изобретения аналогичных приборов в это же время претендовали мастера Янсен и Якоб Метиус из Алкмара [1; 2; 10; 11; 4, с. 62]. Таким образом, сразу три мастера претендуют на право быть названными изобретателями оптического прибора, который мог бы использоваться в качестве микроскопа. По этому поводу С. Ж. Вавилов пишет - «Во всяком случае, какой-то итальянец в 1590 г. построил трубу, и она начала ходить по рукам как секрет, который прежде всего хотели продать за хорошие деньги для военных надобностей». «История так называемого «изобретения» является поэтому путаным клубком различных темных махинаций не столько оптиков, сколько дельцов и жуликов (известно, например, что Захария Янсен обвинялся как фальшивомонетчик). Существенно только, что в начале XVII в. для военных и государственных людей (например, окружения Генриха IV) стало постепенно выясняться значение оптических труб для мореплавания и военного дела» [8]. Но потребности в этих приборах для изучения микромира тогда еще не было.

Информация об изобретении и существовании зрительной трубы дошла и до Галилео Галилея. Сам Галилей так описывал в «Il Saggiatore» («Пробирщик») (1623 г.) историю открытия зрительной трубы и степень своего участия в этом открытии: «Я описывал, как Венецию, где я тогда находился, достигли новости, что синьору графу Маврицию была представлена одним голландцем оптическая труба, в которую удаленные предметы были видны столь совершенно, как будто они были совсем близко. Больше ничего в этом сообщении добавлено не было. Узнав об этом, я вернулся в Падую, где тогда проживал, и начал размышлять над этой задачей». «Я скажу, что помощь, оказанная мне известием, пробудила во мне желание напрячь мысль, что, может быть, без этого я никогда не стал бы думать о трубе; но я не считаю, что известие такого рода могло еще иначе воздействовать на изобретение. Более того, я утверждаю, что найти решение указанной и названной задачи есть дело более трудное, чем нахождение решения задачи, о которой не думали и которую не называли, ибо при этом громадную роль может иметь случай; там же все есть результат рассуждения. Теперь мы достоверно знаем, что голландец, первый изобретатель телескопа, был простым мастером обыкновенных очков. Случайно, перебирая стекла разных сортов, он взглянул сразу через два стекла, одно выпуклое, другое вогнутое, причем они находились на разных расстояниях от глаза. Таким образом, он увидел и наблюдал действие, которое при этом получается, и так открыл инструмент. Я же, движимый сказанным извещением, нашел инструмент путем рассуждения...» [12, с. 257—258].

Таким образом, Галилей создал свой оптический инструмент, имея информацию о том, что он может собой представлять, но при этом используя научные знания, накопленные в оптике к этому времени. Позднее (1609—1610) Галилей, совершенствуя сконструированную им зрительную трубу, попробовал использовать ее как своеобразный микроскоп путем изменения расстояния между вогнутым окуляром и выпуклым объективом [6; 7]. Построенный Галилеем микроскоп представлял собой длинную трубу, и был крайне неудобен в обращении. Он не использовался для микроскопии и в последующем был забыт и утерян. Таким образом, первым, кто целенаправленно попробовал использовать зрительную трубу для увеличения мелких предметов, по видимому был именно Галилео Галилей. Благодаря этому факту его часто и называют изобретателем микроскопа. Но приборы Галилея, мастеров Янсен, Липперсгея и Метиуса к сожалению никогда не использовались для исследования микромира. Однако благодаря им начался этап активного развития оптики, и были изобретены приборы предназначенные именно для исследования микромира, но это были приборы уже другой конструкции.

Теоретическую основу для их создания положили работы Иоганна Кеплера. Он предложил применять окуляр и объектив в виде одиночных выпуклых линз, что давало обратное (перевернутое) изображение. Идея такого инструмента была выдвинута Кеплером еще в 1611 г. [2; 10]. Первый прибор для исследования микромира по схеме Кеплера создал 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 и многие современные устройства для микроскопии. Изготовленные им микроскопы, распространились в Европе, проникнув из Англии во Францию и Италию [5; 10]. Благодаря тому, что именно его модель микроскопа стала впервые широко распространяться, он также считается одним из изобретателей микроскопа. Во

всяком случае, Христиан Гюйгенс писал: “В 1621 году Дребель, голландец, живший в Лондоне, был известен как обладатель таких сложных микроскопов и считался всеми их изобретателем” [10].

Нидерландский ученый - Христиан Гюйгенс интересовался оптикой. Он 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. И именно Гюйгенс считается многими отцом принципов современной микроскопии [2; 10]. Но, несмотря на большой вклад в развитие оптических приборов, микроскоп Гюйгенс все-таки не изобретал. Но зато благодаря его теории волнообразного распространения света 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 [2; 3; 10].

Особый и очень заметный след в истории развития микроскопии оставил Антони Ван Левенгук, проживавший в Голландии, в городе Дельфт с 1632 по 1723 год [3; 13]. Часто именно его называют изобретателем микроскопа. Но заслугой Левенгука является не создание микроскопа. Надо сказать, что не только сам прибор, но и название прибора появилось еще до рождения Левенгука. Оно было предложено в 1625 году членом Римской "Академии зорких" ("Akademia dei lincei") И. Фабером [3]. Заслугой Левенгука же является то, что он самостоятельно делал и использовал в своих исследованиях простые (однолинзовые) микроскопы, которые давали увеличение изображения до трехсот крат (рис. 3). 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.



Рис. 3. Простой микроскоп Антони Ван Левенгука

В дальнейшем световой микроскоп многократно усовершенствовался:

В 1668 г. Евстахий Дивини, присоединив к окуляру полевою линзу, изобрел окуляр современного типа [14; 15].

В 1673 г. Ян Гевелий ввел микровинт,

В 1716 г. Г. Гертель предложил поместить под предметный столик небольшое зеркало для направления световых лучей в тубус микроскопа [15].

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 [2; 3; 4; 5]. 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 [3]. 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 [10].

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 более менее удовлетворительный ахроматический микроскоп. Но по всем параметрам микроскоп голландского оптика на самом деле уступал инструменту Элинуса, а выпущенные в 1811 году ахроматические микроскопы Иозефа Фраунгофера имели еще более несовершенную конструкцию [2; 3].

К этому времени швейцарский оптик Гинана разработал способ варки тяжелых стекол (флинт), без которых не была бы возможной ахроматизация объектива [16]. Ему совместно с Фраунгофером, удалось внедрить в Бенедиктбойерне (Бавария) на заводе Утцшайдера 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 % SiO₂, 18 % K₂O, 10 % CaO) и флинт (45 % SiO₂, 12 % K₂O, 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 [3].

Итальянский астроном, оптик и ботаник Джамбатиста Амичи (1786 - 1863) создал объектив-ахромат, имеющий числовую апертуру 0,60 и хорошо корректирующий аберрации. В 1844 году он

начал свои опыты по созданию объективов для водной и масляной иммерсий. В 1850 году Амичи создал объектив уже с апертурой 1,30. В результате к середине столетия граница видимости смогла достичь полмикрона, т.е. для изучения стали доступными предметы имеющие размер в одну длину волны [3].

Параллельно с созданием микроскопов развивается и их теоретическая база. В 1866 Эрнст Аббе открывает число Аббе - безразмерную величину, которая используется в оптике как мера 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 [3].

Но, правда, вскоре были найдены способы для обхода данного лимита. В 1903 году Г. Зидентопф и Р. Жигмонди создали ультрамикроскоп [17]. Если невидимые в микроскоп микроорганизмы расставлены достаточно далеко друг от друга, то можно сбоку осветить их ярким светом. Как бы ни были они малы, они обязательно заблестят, как звезды на темном небе. Их форму конечно нельзя будет определить, но можно будет их сосчитать, что также иногда чрезвычайно важно. Таким методом до сих пор широко пользуются в бактериологии.

В стремлении к все более высокому оптическому разрешению изобретались разные технические ухищрения. В частности была доведена до предела длина облучающего света. Благодаря этому была создана ультрафиолетовая микроскопия (разрешающая способность 280 - 300 нм), которая позволила визуализировать объекты размером 150 - 170 нм [18]. Но, несмотря на то, что эти ультрафиолетовые микроскопы почти вдвое превосходили обычные по разрешающей способности, они имели один серьезный недостаток - ультрафиолет повреждает биологические объекты, поэтому такие микроскопы совершенно не подходят для биотехнологических исследований.

Также для изучения нанообъектов разрешения даже самых хороших оптических микроскопов (даже использующих ультрафиолет) явно недостаточно. Поэтому примерно в 1930-х годах двадцатого века возникает идея использовать вместо света - электроны, у которых длина волны в сотни раз меньше чем у фотонов.

В 1931 году немецкий инженер Райнхольд Руденберг патентует просвечивающий электронный микроскоп. Его микроскоп имел электростатическую фокусировку электронов. В этом же году Макс Кнолль и Эрнст Руска создают прототип просвечивающего электронного микроскопа но уже с фокусировкой магнитными линзами [3].

В 1937 году Манфред фон Арденне изобретает растровый (сканирующий) электронный микроскоп. Этот микроскоп имел разрешение около 100 нм. [3].

В 1951 году Чарльз Отли создаёт сканирующий электронный микроскоп. Этот микроскоп регистрирует вторичные (испускаемые исследуемой поверхностью) электроны и имеет разрешение 50 нм. Этот микроскоп к тому же позволяет увидеть трёхмерную структуру поверхности [3].

В 1965 году начинается уже промышленное производство электронных микроскопов с большим разрешением, составляющим около 10 нм. [19].

В 1981 году Генрих Рорер и Герд Биннинг создают электронный туннельный микроскоп. В данном приборе электроны туннелируют между иглой зонда и поверхностью исследуемого образца. По величине тока этих туннелирующих электронов и определяют расстояние между образцом и кончиком иглы. Сканируя образец, получают рельефное изображение изучаемой поверхности [20].

Таким образом путь от первых линз до микроскопа занял около четырех тысяч лет, поскольку наука и люди того времени не нуждались в приборах позволявших проникнуть в микромир. Но когда благодаря работам первых исследователей и прежде всего Антони Ван Левенгука были открыты двери в таинственный и прекрасный микромир, появилась и потребность в микроскопе не только как в развлечении для знати, но и как научном инструменте для биологии медицины и многих других наук.

Кого же считать изобретателем микроскопа? Конкретного человека, которого можно было бы назвать изобретателем микроскопа – не существует. Все изобретатели, начиная от тех, кто создал первые линзы, и тем самым, по сути, создал простые микроскопы, и те, кто создавали сложные

оптические приборы, все они внесли свой вклад в появление прибора под названием микроскоп. Нельзя назвать и конкретное время, когда появился микроскоп. Но можно с определенной уверенностью утверждать, что оптические приборы, способные увеличивать мелкие предметы, стали востребованы для исследований микромира в начале 17 века, в период так называемой «научной революции». До этого в Месопотамии появились первые линзы, по сути, прообраз простого микроскопа. В 16 веке был придуман и создан оптический прибор, который мог использоваться для увеличения микрообъектов. Первый прибор, специально созданный для увеличения микрообъектов, был изготовлен Галилео Галилеем. Первые микроскопы, получившие широкое распространение в Европе были созданы Дреббелем, а первый микроскоп, который использовался для исследования микромира, был, очевидно, создан Робертом Гуком.

Оптические приборы, созданные в 17 веке стали прообразом современных оптических микроскопов. За четыреста лет после создания первых примитивных приборов микроскоп прошёл огромный путь развития от простых линз в трубке до сложных электронных приборов.

Что ожидает нас в будущем пока сложно сказать. Возможно, будут созданы микроскопы способные показать взаимодействие молекул.

Литература

1. Гуриков В. История создания телескопа Историко-астрономические исследования, XV / Отв. ред. Л.Е.Майстров - М., Наука, 1980
2. Кацнельсон З. С. Клеточная теория в ее историческом развитии Л.: Государственное издательство медицинской литературы, 1963 г. 335 с.
3. Виноградова Г.Н. История науки и приборостроения. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 157 с.
4. Соболев С. Л. Очерки по истории микроскопии: Диссертация, представленная на соискание ученой степени доктора биологических наук.— Москва; Фрунзе, 1943
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, С. 275—338
6. Гуриков В.А. Становление прикладной оптики. М.: Наука, 1983, 188 с.
7. Толанский С. Революция в оптике. М.: Мир, 1971, 223 с.
8. Вавилов С. И. Собр. соч.: т. III.—М.: Изд-во АН СССР, 1956.
9. Дорфман Я. Г. Всемирная история физики (с древнейших времен до конца XVIII века).— М.: Наука, 1974.
10. Соболев С. Л. Изобретение микроскопа и его исторические предпосылки. Реф. работ учр. отд. биол. наук АН СССР за 1941 —1943 гг. М., 1945, С. 418—419.
11. Borellus P. De vero Telescopii inventore, cum brevi omnium cons-piciliorum historia...— In:
12. Galilei G. Le Opera.— Firenze: Edizione Nazionale, 1890—1909, v. VI.
13. Чуриловский В.Н. Теория оптических приборов. М.-Л.: Машиностроение, 1966, 564 с.
14. Вермель Е.М. История учения о клетке. Изд-во «Наука», 1970 г.
15. Виноградова, В.В. Захаров. Основы микроскопии. Часть 1. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2018. — 133 с.
16. Clay R.S., Court T.H. The history of the microscope. L., 1932; Bradbury S. The evolution of the microscope. Oxford, 1967.
17. Дерягин Б. В., Власенко Г. Я., Поточная ультрамикроскопия, «Природа», 1953, № 11.
18. Михель К., Основы теории микроскопа, пер. с нем., М., 1955
19. Галанин Д.Д., Электронный микроскоп «Наука и жизнь» № 2, 1934 С23-25.© Васильев Д.В., 2018
20. Бинниг Г., Рорер Г. Сканирующая туннельная микроскопия — от рождения к юности: Нобелевская лекция. // УФН, Т. 154, № 2 (1988).