

MAGUS

ВЫБОР ЦИФРОВОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ МИКРОСКОПА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ВЫБОР КАМЕРЫ ВСЕГДА НАЧИНАЕТСЯ С ЗАДАЧИ, А НЕ С ХАРАКТЕРИСТИК

Цифровая камера выводит изображение с микроскопа на внешний экран. Она позволяет делать фотографии, записывать видео, сохранять результаты исследований и проводить онлайн-демонстрации.

Выбор камеры зависит не от количества мегапикселей, а от задач, которые она должна решать. Поэтому сначала определите условия работы:

- требуется только наблюдение или предстоят манипуляции под микроскопом;
- нужна фотосъемка, видеозапись или только вывод изображения на экран;
- работа ведется на малых увеличениях или с объективом 100х;
- используются светлое поле, темное поле, фазовый контраст или люминесценция;
- наблюдаются неподвижные или движущиеся объекты.

В характеристиках камер чаще всего встречаются три понятия: **матрица, пиксель и разрешение**.

Матрица (сенсор) — это светочувствительная микросхема камеры. Она состоит из миллионов фотодиодов, каждый из которых формирует один пиксель изображения. Чем больше пикселей, тем выше разрешение камеры.

Сегодня выпускаются камеры с разрешением от 0,3 до 50 Мпикс. Однако высокое разрешение само по себе не гарантирует более высокое качество изображения. Важно учитывать и другие характеристики камеры, а также возможности оптики микроскопа. Именно они определяют, насколько четким и детальным будет изображение.

КАК РАЗРЕШЕНИЕ КАМЕРЫ СВЯЗАНО С ВОЗМОЖНОСТЯМИ ОБЪЕКТИВА

Если разрешение камеры значительно превышает возможности объектива, качество изображения не улучшится. Именно объектив формирует изображение, а камера только регистрирует его. Каждый объектив имеет предел разрешения — максимальную детализацию, которую он способен передать. Если возможности объектива уже исчерпаны, камера с более высоким разрешением не покажет новых деталей.

Более того, при работе с объективами большого увеличения высокое разрешение камеры имеет смысл только в сочетании с матрицей подходящего размера. В противном случае качество изображения только ухудшится.

Практическое правило:

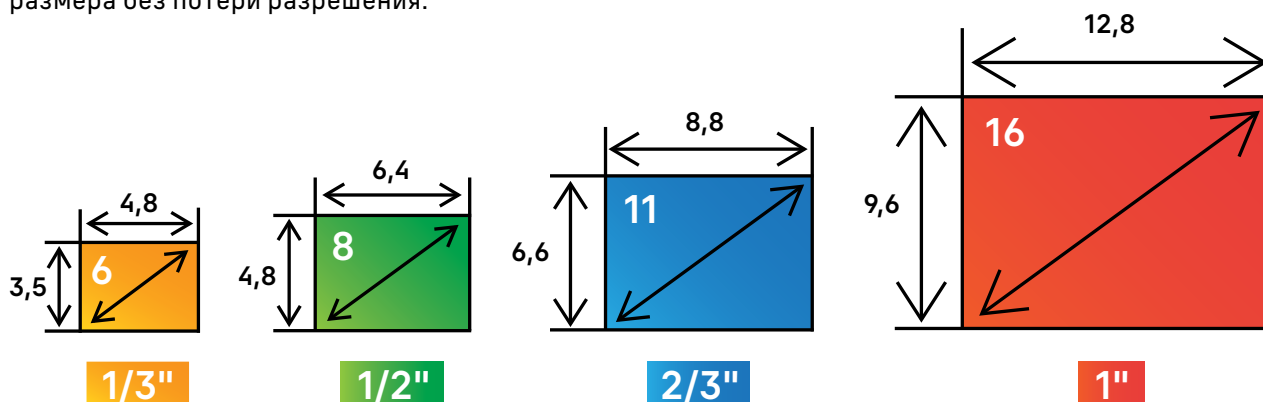
- для исследований с объективом 100х обычно достаточно камеры 1,7–5 Мп;
- для объективов малого увеличения и стереомикроскопов более высокое разрешение действительно позволяет увидеть больше деталей.

При выборе камеры важно учитывать не только разрешение, но и размер матрицы. Именно сочетание этих параметров определяет, сколько мегапикселей действительно полезно.

РАЗМЕР МАТРИЦЫ

Если выбрать слишком маленькую матрицу, изображение будет более шумным, менее ярким, а поле зрения уменьшится. Особенно это заметно при работе в темном поле, люминесценции и поляризованном свете.

Размер матрицы — одна из самых важных характеристик камеры. Чем больше площадь матрицы, тем больше света она способна зарегистрировать. Это позволяет снизить уровень цифрового шума, улучшить передачу оттенков и деталей, увеличить поле зрения и использовать пиксели большего размера без потери разрешения.



Именно поэтому при работе с объективами большого увеличения камера с большой матрицей и меньшим разрешением обеспечивает более качественное изображение, чем камера с большим количеством мегапикселей, но маленькой матрицей.

Например, при работе с объективом 100х камера с матрицей 1/1,2" и разрешением 3 Мп обеспечит более четкое изображение, чем камера 18 Мп с матрицей 1/2,3".

При выборе камеры можно ориентироваться на следующие рекомендации:

- для учебных микроскопов обычно достаточно матрицы 1/3"–1/2,5";
- для лабораторной работы рекомендуется матрица 1/2,3" и больше;
- для люминесцентной микроскопии лучше выбирать матрицу не менее 1/1,2".

Если размер матрицы показывает, сколько света может собрать камера в целом, то размер пикселя определяет, сколько света достанется каждому отдельному пикселю.

ФИЗИЧЕСКИЙ РАЗМЕР ПИКСЕЛЯ

Если выбрать слишком маленький пиксель, камера будет хуже работать при слабом освещении. На изображении появится больше цифрового шума, а чувствительность камеры снизится.

Чем больше размер пикселя, тем больше света он способен собрать. Поэтому камеры с крупными пикселями обычно дают более чистое изображение и лучше подходят для съемки в условиях недостаточного освещения.

Именно поэтому при одинаковом размере матрицы камера с меньшим разрешением может оказаться лучшим выбором. Например, у камеры **MAGUS CDF50** размер пикселя составляет **5,8×5,8 мкм**, а у **MAGUS CDF30** — **2,9×2,9 мкм**. Благодаря более крупным пикселям светочувствительность первой камеры примерно в 1,5 раза выше.

Практическое правило:

- для работы в светлом поле на объективах 40×, 60× и 100× достаточно пикселя около **3×3 мкм**;
- для темного поля рекомендуется пиксель не менее **3,5×3,5 мкм**;
- для люминесцентной микроскопии лучше выбирать камеры с размером пикселя **5×5 мкм** и больше.

КАК ПОДОБРАТЬ АДАПТЕР ДЛЯ КАМЕРЫ

Даже правильно выбранная камера не обеспечит качественное изображение, если адаптер подобран неправильно. От адаптера зависят размер поля зрения и качество изображения.

Для установки камеры в канал визуализации применяют оригинальные C-mount-адаптеры, разработанные для конкретных моделей микроскопов. Если камера устанавливается вместо окуляра, используют универсальный окулярный адаптер.



Оригинальный адаптер

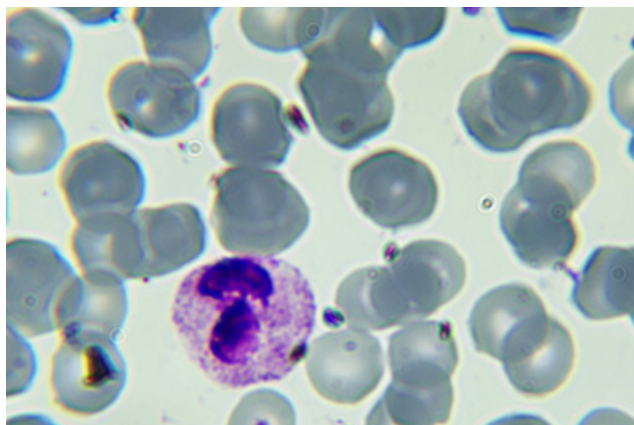


Универсальный окулярный адаптер

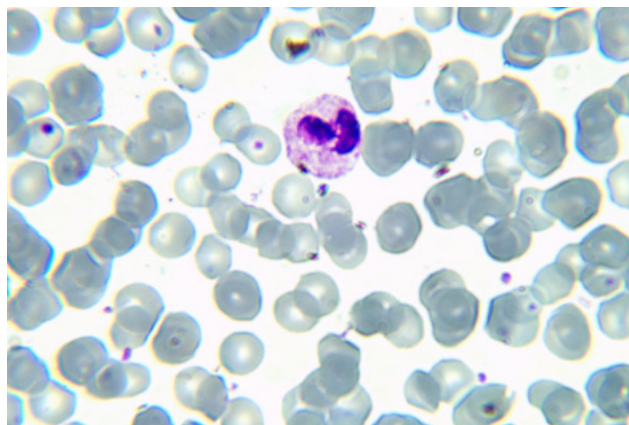
Увеличение адаптера подбирают в зависимости от размера матрицы камеры и поставленной задачи. Правильно подобранный адаптер позволяет получить максимальное поле зрения без заметных оптических искажений.

- Чтобы вывести на экран большую часть поля зрения микроскопа, используют адаптеры с меньшей кратностью (0,37х или 0,5х). Важно подобрать адаптер под размер матрицы камеры. Иначе по краям изображения появятся затемнения.
- Если широкое поле зрения не требуется, а объект нужно показать крупнее, выбирают адаптеры с большей кратностью (0,75х или 1х).
- Если требуется одновременно сохранить большое поле зрения и максимально возможную детализацию, используют адаптер 1х и камеру с большой матрицей.

На фотографиях ниже показано, как меняются поле зрения и масштаб изображения при использовании адаптеров разной кратности.



Адаптер 1х



Адаптер 0,65х

Практическое правило: адаптер подбирают не отдельно, а вместе с камерой.

ЦВЕТНАЯ ИЛИ МОНОХРОМНАЯ КАМЕРА

Если выбрать неподходящий тип камеры, можно либо потерять важную информацию о цвете объекта, либо получить недостаточно яркое изображение.

Цветная камера передает естественные цвета объекта и подходит для большинства задач, где цвет имеет диагностическое значение или важен для документирования результатов. Цветное изображение формируется с помощью цветных светофильтров, нанесенных на матрицу. Они задерживают часть света, поэтому светочувствительность цветной камеры ниже, чем у монохромной, построенной на том же сенсоре.

Монохромная камера не различает цвета, зато не теряет часть света на цветных фильтрах. Благодаря этому она обеспечивает более высокую светочувствительность, лучшую контрастность и, как правило, более высокую скорость съемки. Поэтому монохромные камеры особенно эффективны при работе в условиях слабого освещения — например, в темном поле или при люминесцентной микроскопии.

Один и тот же сенсор в монохромном исполнении обычно в 2–4 раза чувствительнее цветного варианта. Например, камеры **MAGUS CLM50** и **MAGUS CLM70**, построенные на одной матрице, отличаются именно типом сенсора: монохромная версия обеспечивает более высокую светочувствительность и частоту кадров при сопоставимой стоимости.

Практическое правило простое: если важен цвет объекта — выбирайте цветную камеру. Если главная задача — получить максимально яркое и контрастное изображение при слабом освещении, лучше подойдет монохромная камера.

ЧАСТОТА КАДРОВ (FPS)

Если частота кадров слишком низкая, изображение на экране будет обновляться с задержкой. Это затрудняет фокусировку, наблюдение за движущимися объектами и любые манипуляции под микроскопом.

FPS (frames per second) показывает, сколько кадров камера передает за одну секунду. Чем выше этот показатель, тем более плавным выглядит изображение.

Выбор FPS зависит от задачи:

- **20 FPS** достаточно для комфортной работы на малых увеличениях;
- **50 FPS** и выше рекомендуется при работе с объективом 100х, где требуется точная и быстрая фокусировка;
- **60 FPS** и выше стоит выбирать для стереомикроскопов, наблюдения за подвижными объектами и выполнения манипуляций под микроскопом.

Если камера используется только для съемки неподвижных препаратов, высокая частота кадров не так важна. Однако слишком низкий FPS сделает поиск объекта и настройку резкости менее комфортными.

Практическое правило: чем больше требуется работать с изображением в реальном времени, тем выше должна быть частота кадров камеры.

ТИП МАТРИЦЫ: CMOS ИЛИ CCD

Если выбрать неподходящий тип матрицы, можно либо переплатить за возможности, которые не нужны, либо получить недостаточное качество изображения для специальных задач.

В камерах для микроскопии используются два типа матриц: CMOS и CCD. Они отличаются способом обработки сигнала, поэтому имеют разные характеристики.

Раньше CCD-матрицы заметно превосходили CMOS по качеству изображения и уровню цифрового шума. Однако технологии не стоят на месте. Современные CMOS-сенсоры практически устранили это отставание и сегодня обеспечивают высокую светочувствительность, высокую скорость работы и хорошее качество изображения.

Поэтому для большинства задач — лабораторной микроскопии, учебного процесса, документирования результатов и онлайн-демонстраций — **оптимальным выбором являются современные CMOS-камеры.**

CCD-матрицы по-прежнему обеспечивают минимальный уровень цифрового шума. Их используют в исследовательской микроскопии, когда к качеству изображения предъявляются максимально высокие требования, а скорость работы и стоимость оборудования имеют меньшее значение.

Практическое правило: для большинства задач выбирайте CMOS. CCD стоит рассматривать только для специализированных исследовательских задач, где минимальный уровень цифрового шума имеет принципиальное значение.

ОХЛАЖДЕНИЕ МАТРИЦЫ

Если камера используется для съемки слабосветящихся объектов без охлаждения, на изображении может появиться заметный цифровой шум.

Во время работы матрица нагревается. Это увеличивает уровень цифрового шума, особенно при длительных выдержках и слабом освещении.

В профессиональных камерах для люминесцентной микроскопии применяют охлаждение матрицы по технологии Пельтье. Оно снижает тепловой шум и позволяет получать более чистые изображения слабых люминесцентных сигналов.

Практическое правило: если камера предназначена для люминесцентной микроскопии или других задач со слабым освещением, предпочтительно выбирать модель с охлаждением матрицы.

ЗАТВОР

Если выбрать неподходящий тип затвора, быстро движущиеся объекты на изображении могут искажаться.

В камерах для микроскопии используются два типа затвора: **Rolling Shutter** (скользящий) и **Global Shutter** (глобальный).

При **Rolling Shutter** изображение считывается последовательно, строка за строкой. Такой способ хорошо подходит для большинства задач, но при съемке быстро движущихся объектов может вызывать их искажение.

При **Global Shutter** все изображение считывается одновременно. Благодаря этому движущиеся объекты отображаются без характерных искажений. Именно поэтому такие камеры используют для съемки быстротекущих процессов и в некоторых специализированных задачах, например в люминесцентной микроскопии. Однако они обычно стоят дороже и могут иметь более высокий уровень цифрового шума.

Практическое правило: для большинства исследований достаточно камеры с **Rolling Shutter**. **Global Shutter** нужен прежде всего для съемки быстро движущихся объектов.

ИНТЕРФЕЙС

Интерфейс не влияет на качество изображения, но определяет, к какому оборудованию можно подключить камеру и в каком режиме с ней работать. Поэтому еще до покупки важно определить, как вы планируете использовать камеру: работать через компьютер, напрямую выводить изображение на монитор или телевизор либо сочетать оба способа.

В камерах для микроскопии используются три основных интерфейса: **USB 2.0, USB 3.0 и HDMI.**

USB 2.0 подойдет для простых задач: учебных занятий, домашнего использования или работы со старыми компьютерами. Однако скорость передачи данных у него ограничена, поэтому изображение может обновляться медленно.

USB 3.0 — современный стандарт для лабораторной работы. Он обеспечивает высокую скорость передачи данных, позволяет получать плавное изображение, комфортно настраивать фокус, работать с живым видео, фотографировать и обрабатывать изображения на компьютере. Если планируется работа через USB 3.0, убедитесь, что компьютер оснащен соответствующим портом. При подключении камеры USB 3.0 к порту USB 2.0 скорость передачи данных будет ограничена, и камера не сможет работать в полную силу.

HDMI позволяет подключить камеру напрямую к монитору, телевизору или проектору без использования компьютера. Такие камеры удобны для демонстрации изображения в аудитории, презентаций и работы под стереоскопическим микроскопом. Многие HDMI-камеры позволяют сохранять изображения на SD-карту и выполнять базовую обработку с помощью встроенного программного обеспечения. Управление обычно осуществляется подключенной к камере мышью.

Если предполагаются разные сценарии работы, стоит обратить внимание на камеры с несколькими интерфейсами. Они позволяют подключать камеру и к компьютеру, и напрямую к монитору или проектору, обеспечивая большую гибкость в использовании.

Практическое правило: выбирайте интерфейс исходя из сценария работы.

ВЫБОР КАМЕРЫ

Не существует универсально лучшей камеры. Правильный выбор начинается с определения задач, а уже затем — с оценки характеристик, которые действительно влияют на результат. При выборе важно учитывать условия работы: метод исследования, увеличение микроскопа, освещенность, необходимость съемки подвижных объектов, обработки изображений или их демонстрации.

Далее рассмотрим несколько примеров подбора камер для различных микроскопов и задач. Это не готовые рецепты. Примеры иллюстрируют принципы выбора и не охватывают все возможные варианты.

ПРИМЕРЫ

Пример 1. Учебный биологический микроскоп MAGUS Bio 240T

Задача: демонстрация изображения на компьютере, получение изображений препаратов, работа на объективах 10х и 40х.

На что обратить внимание:

- цветная камера;
- USB 3.0;
- разрешение около 6 Мп;
- матрица среднего размера;
- высокая частота кадров не является приоритетом.

Почему: работа ведется в светлом поле с неподвижными объектами, поэтому не требуется повышенная светочувствительность. Штатный C-mount-адаптер 0,55х рассчитан на камеры с матрицей среднего размера, поэтому использование камеры с более крупной матрицей не даст преимуществ. Для объективов 10х и 40х разрешения около 6 Мп достаточно для получения детального изображения.

Рекомендуемая камера: MAGUS CBF30 — цветная камера с интерфейсом USB 3.0, разрешением 6,3 Мп и матрицей 1/1,8".



Пример 2. Люминесцентный микроскоп MAGUS Lum 470L

Задача: демонстрация изображения на компьютере, получение изображений препаратов, работа в свете люминесценции.

На что обратить внимание:

- большая матрица;
- крупный пиксель;
- монохромная камера;
- охлаждение Пельтье;
- USB 3.0.

Почему: при люминесцентной микроскопии на матрицу попадает небольшое количество света, поэтому главным становится светочувствительность камеры. Большая матрица (1,1"), крупные пиксели (9×9 мкм) и монохромный сенсор позволяют зарегистрировать больше света и получить более яркое изображение с меньшим уровнем цифрового шума. Двухступенчатое охлаждение Пельтье дополнительно снижает шум при длительных экспозициях. Для передачи изображения на компьютер без задержек используется интерфейс USB 3.0. Дополнительным преимуществом станет глобальный затвор (Global Shutter), который одновременно считывает изображение со всей матрицы. Это позволяет избежать временных искажений кадра при длительных экспозициях и регистрации слабого сигнала.

Рекомендуемая камера: MAGUS CLM70 — монохромная камера с матрицей 1,1", разрешением 1,7 Мп, размером пикселя 9×9 мкм, глобальным затвором (Global Shutter), двухступенчатым охлаждением Пельтье и интерфейсом USB 3.0.



Пример 3. Стереомикроскоп MAGUS Stereo 9T

Задача: демонстрация изображения на компьютере, получение изображений объектов в высоком качестве, максимально широкое поле зрения.

На что обратить внимание:

- высокое разрешение;
- большая матрица;
- адаптер, обеспечивающий большое поле зрения.

Почему: стереомикроскопы работают на небольших увеличениях, поэтому объектив способен передать большое количество деталей. В этом случае высокое разрешение камеры действительно позволяет получить более детализированное изображение. Большая матрица обеспечивает широкое поле зрения, а однократный безлинзовый C-mount-адаптер позволяет максимально использовать его без заметной потери качества. Это особенно важно при наблюдении крупных объектов, выполнении точных манипуляций и документировании результатов.

Рекомендуемая камера: MAGUS CBF70 — цветная камера с интерфейсом USB 3.2 Gen 2, разрешением 21 Мп и матрицей 4/3".



Пример 4. Инвертированный микроскоп **MAGUS Bio V360**

Задача: демонстрация живого изображения на большом мониторе, сохранение фотографий на компьютере, беспроводная передача изображения по Wi-Fi, получение максимально широкого поля зрения. Работа в светлом поле и в фазовом контрасте.

На что обратить внимание:

- несколько интерфейсов подключения
- высокая частота кадров;
- матрица большого размера.

Почему: интерфейс HDMI позволяет подключить камеру непосредственно к монитору или телевизору. USB 3.0 обеспечивает полноценную работу с компьютером: передачу изображения, фотографирование, обработку и сохранение файлов. Wi-Fi позволяет передавать изображение по беспроводной сети. Матрица 1/1,2" при использовании штатного C-mount-адаптера 0,5х обеспечивает широкое поле зрения, близкое к наблюдаемому в окулярах. Размер пикселя 2,9×2,9 мкм достаточен для работы в светлом поле и фазовом контрасте. Высокая частота кадров обеспечивает плавное отображение живого изображения без заметных задержек.

Рекомендуемая камера: **MAGUS CHD40** — цветная камера с интерфейсами HDMI, Wi-Fi и USB 3.0, с разрешением 8 Мпикс и матрицей 1/1,2".



Марина Лобач

Научный руководитель проекта MAGUS