

---

---

# DISCUSSIONS

---

---

# ДИСКУССИИ

---

---

## ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ С ФОТОЛОВУШЕК: ПОСЛЕДНИЕ НОВИНКИ, РАБОТА С ВИДЕО И ГИС

С. С. Огурцов

*Центрально-Лесной государственной природный биосферный заповедник, Россия*  
*e-mail: etundra@mail.ru*

Поступила: 30.11.2018. Исправлена: 04.04.2019. Принята к опубликованию: 07.04.2019.

Данная статья – продолжение обзора программных средств для хранения, обработки и анализа данных с фотоловушек. В обзоре представлены самые новые программы, которые вышли за последние годы, а также некоторые уже устаревшие решения. Впервые на русском языке освещены темы работы таких программ с видеофайлами и ГИС. Приведены подробные описания таких тематических программных средств как SpeedyMouse, TrophyRoom, ViXeN, camtrapR, CPW Photo Warehouse, Wild.ID, Camelot и ZSL STAR. Вкратце рассмотрены онлайн-сервисы для обработки данных с фотоловушек и веб-приложения – eMammal, Snapshot Serengeti, Agouti, Western Shield, TRAPPER, а также глобальный репозиторий данных фотоловушек Wildlife Insights. Отдельно рассмотрены возможности работы с фотоловушками в ГИС: плагины для QGIS (Geotag and Import Photos и eVis), а также инструмент GeoTagged Photos to Points для ArcGIS. Разобраны многие достоинства и недостатки представленных решений, а также некоторые методы работы с ними. На примере исследований, проводимых в Центральном-Лесном заповеднике, выполнен сравнительный анализ различных программ и подходов в использовании фотоловушек как метода зоологических исследований, и даны общие рекомендации относительно работ с ними для других ООПТ. Выявлены ключевые характеристики программ для работы с фотоловушками, на которые стоит обращать внимание при выборе конкретного решения. На все указанные программы приведены гиперссылки для свободного скачивания, а также гиперссылки на руководства пользователя. Целью статьи является не только выявление с точки зрения автора наиболее оптимального средства для работы с данными фотоловушек, но и знакомство читателей с разнообразием таких средств в мировой практике.

**Ключевые слова:** бесконтактные методы, заповедники, мониторинг, ООПТ

### Введение

Исследования с применением фотоловушек нуждаются в четкой и продуманной организации. Пренебрежительное отношение к этому, к сожалению, еще часто встречается среди исследователей Дикой Природы (Scotson et al., 2017). Необходимость создания универсальных и удобных подходов для быстрой обработки, каталогизации и тегирования больших объемов медиаданных отмечалась уже неоднократно (Ivan & Newkirk, 2016; Wong & Kachel, 2016; Young et al., 2018).

За последние годы вышло сразу несколько обзорных работ, посвященных разнообразным программам для обработки данных с фотоловушек (Ivan & Newkirk, 2016; Mandujano, 2017; Scotson et al., 2017; Young et al., 2018). Такой интерес к этой теме возрос не случайно. Как уже было справедливо отмечено зарубежными коллегами, число исследований с применением фотоловушек стремительно растет (Rowcliffe &

Carbone, 2008; Burton et al., 2015), удваиваясь каждые 2.9 года (Steenweg et al., 2016).

Анализ большинства доступных отечественных работ убеждает в том, что пока еще довольно малое число российских исследователей использует специализированный софт для обработки и анализа данных с фотоловушек, не считая работ по видам с индивидуальным окрасом. Возможная причина – несоответствие имеющихся программ специфическим задачам отечественных зоологов и экологов. Настоящий обзор является логическим продолжением нашей первой статьи, посвященной рассматриваемой проблеме (Огурцов и др., 2017). Наиболее оптимальными программами, которые мы советовали к использованию в предыдущем обзоре, были MapView Professional (Reconyx Inc.) и Camera Trap Manager (СТМ). К большому сожалению, СТМ перестала поддерживаться разработчиками. MapView, при всех своих достоинствах, тем не менее, была не в состоянии

решать некоторые важные технические задачи. Последние версии данной программы (старше 3.5) стали более ограничены в использовании (А. Мишин, личное сообщение). Это побудило нас к дальнейшему поиску «идеального программного обеспечения (ПО) для данных с фотоловушек», результатом которого стал настоящий обзор.

### Материал и методы

По результатам своих исследований Янг с коллегами установили, что число доступных программ для работы с данными фотоловушек постоянно возрастает (Young et al., 2018). Так, в 2013 г. их было четыре (Barrueto et al., 2013), в 2016 г. – пять (Niedballa et al., 2016; Wong & Kachel, 2016) и семь (Ivan & Newkirk, 2016), в 2017 г. – восемь (Mandujano, 2017; Scotson et al., 2017). Сами же авторы описали 12 таких программ (Young et al., 2018). Ранее в первом обзоре (Огурцов и др., 2017) нами были разобраны шесть и упомянуты еще три (не считая неспециализированного ПО) программы. В настоящем обзоре мы разберем 16 новых средств, подробно

остановившись на восьми из них. Чтобы не повторять подходы других авторов, мы построили работу по софт-ориентированному принципу, рассматривая отдельно каждую программу, не жели особенности и принципы обработки данных, как было предпринято в других работах (Scotson et al., 2017; Young et al., 2018). Для демонстрации степени освещенности различного ПО в литературе нами составлена сравнительная таблица (табл. 1). Свой обзор мы построили по принципу постепенного перехода от наиболее простых решений к наиболее сложным и многофункциональным. Сначала приводятся настольные варианты ПО, большинство из которых попадает под категорию так называемых «standalone desktop applications», для работы с которыми не нужно Интернет-соединение или нужно только при установке. Затем мы вкратце описываем наиболее популярные инструменты и плагины для работы в геоинформационных системах (ГИС). В заключение затрагивается тема Интернет-приложений (web applications), а также облачных репозиторий на примере наиболее популярных мировых проектов.

**Таблица 1.** Разнообразие программ, предназначенных для работы с данными фотоловушек, рассмотренных в различных тематических обзорах за период 2013–2018 гг.

**Table 1.** A variety of programs designed to work with the data of camera traps noted in various thematic reviews for the period 2013–2018

Программа	Barrueto et al., 2013	Ivan, Newkirk, 2016	Mandujano, 2017	Scotson et al., 2017	Огурцов и др., 2017	Young et al., 2018	Данный обзор
Sandersan program		○			○		
ReNamer & CamTrap		●	○		○	●	
PhotoSpread	●	●			●		
Aardwolf		●	○	●	●	●	
CameraBase	●	●	○	●	●	●	
MapView					●		
Camera Trap Manager					●		
DeskTEAM	●	○	○		●		
CPW Photo Warehouse		●	○	●		●	●
Camelot						●	●
Snoopy						●	○
Trophy Room							●
ViXeN						●	●
TRAPPER			○	●		●	○
Speedy Mouse							●
CamtrapR			●	●		●	●
WildID		●	●	●		●	●
eMammal		●	○	●		●	○
Agouti						●	○
ZSL CTAP							●

● – на программу представлен обзор.

○ – программа лишь упоминается в тексте, без обзора.

Все программы были найдены путем поисковых запросов в системе Google, анализа современной зарубежной литературы, а также на ветке форума ResearchGate, посвященной программам для обработки и хранения данных с фотоловушек ([https://www.researchgate.net/post/Software\\_for\\_processing\\_and\\_collating\\_camera\\_trapping\\_photos](https://www.researchgate.net/post/Software_for_processing_and_collating_camera_trapping_photos)). Только об одном ПО (CPW Photo Warehouse) мы сначала узнали от наших коллег из отделения Общества Сохранения Диких Животных (АНО ОСДЖ, пос. Терней, Приморский край).

Большинство найденных нами программ было протестировано в рамках темы мониторинга лесных млекопитающих и птиц в Центральном-Лесном заповеднике (Желтухин, Огурцов, 2018) на основе фотографий четырех производителей фотоловушек (Reconyx, Bushnell, Spromise Seelock, KeepGuard). Применимость и качество программ оценивались с точки зрения возможности проведения зоологических исследований, пригодных для большей части территории России и прилегающих стран независимо от видового состава фауны млекопитающих и птиц. Как и прежде, мы намеренно не рассматриваем ту часть ПО, которая разработана для видов с индивидуальными паттернами окраски, оставляя это специалистам в данной области.

Некоторая общая информация об особенностях метаданных, их типологии, а также процессе тегирования приведена нами в первом обзоре, поэтому в настоящей работе мы не заостряем на этом внимание. Все рассматриваемые программы являются бесплатными и находятся в свободном доступе, если не указано обратное. При их упоминании в тексте приводятся гиперссылки для скачивания, актуальные на момент подготовки статьи. Также для каждой программы мы приводим ссылку на статью ее авторов и/или руководство пользователя.

## Результаты и обсуждение

### *SpeedyMouse*

Свой обзор мы начнем с самого простого в плане освоения ПО под названием SpeedyMouse. Оно было создано для быстрого извлечения метаданных из изображений с фотоловушек, добавления к ним собственных тегов и объединения в одном экспортном файле (Spoelstra, 2016). Программа разработана Институтом экологии Нидерландов и Университетом Вагенингена (Netherlands Institute of Ecology and the Wageningen University) в рамках проекта «Light on Nature» для обработки данных с фотоловушек Reconyx. В действительности, она

также работает и с камерами других производителей, но извлекает не все их метаданные.

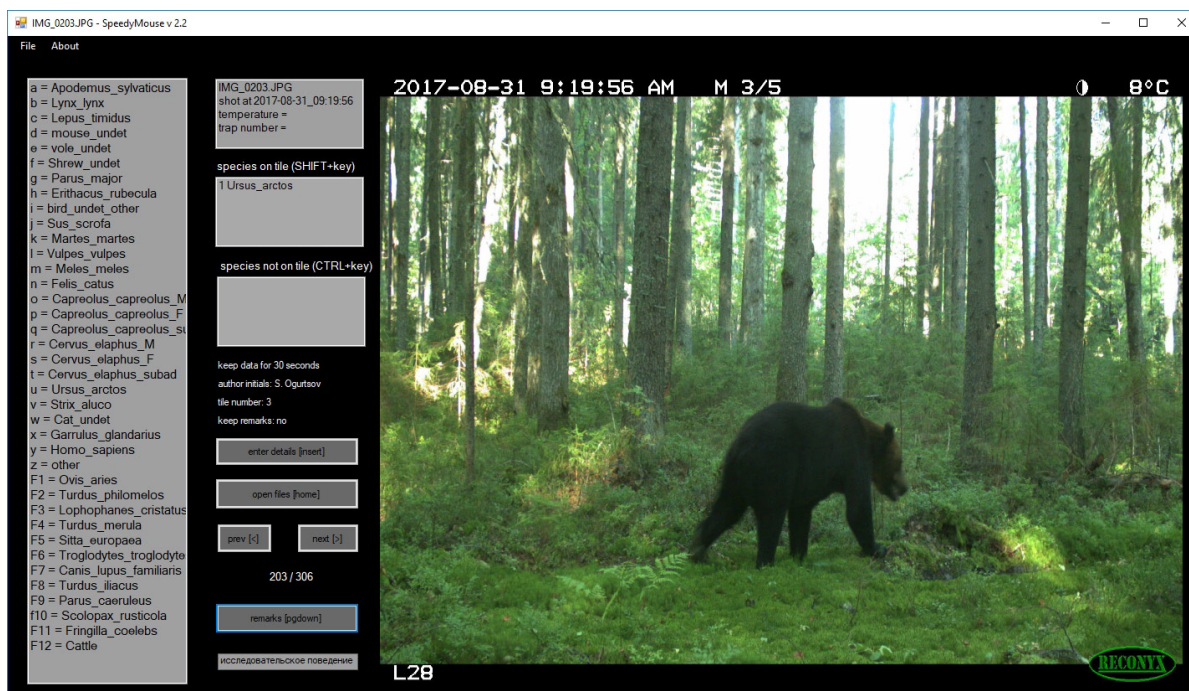
Как таковой установки программа не требует. После некоторых манипуляций она запускается исполнительным файлом. Для ее работы необходимо наличие последней версии ExifTool – утилиты, с помощью которой производится экспорт метаданных изображений (<https://www.sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/>).

Состоит ПО всего из одного окна (рис. 1). Сначала пользователь должен задать интервал, по которому программа будет объединять регистрации, и указать свое ФИО. После этого выбрать папку, где содержатся изображения. Просматривать кадры можно только по одному, листая их кнопками. Весь процесс тегирования связан с комбинацией клавиш, которые задаются заранее. В отдельном файле «keylist.csv» указываются все виды животных и соответствующие им буквы клавиатуры (и F-клавиши). Новые виды можно прописывать как заранее, так и непосредственно во время работы в программе. Пролитывая фотографии, пользователь указывает вид животного, изображенного на них. Повторное нажатие комбинации вида добавляет еще одну особь. Можно также добавить примечания (теги поведения). Для каждой фотографии указывается один или несколько видовых тегов. Пол и возраст указать нельзя, если только не создать отдельные видовые теги (например, «bear\_male», «bear\_cub» и т.д.).

Во время тегирования для каждой фотографии SpeedyMouse создает файлы с расширением SMF, куда записывает все метаданные. После завершения процесса тегирования пользователь может объединить все созданные файлы в единый CSV-файл, применив команду «Merge data from \*.smf files» и получив, таким образом, все данные в единой таблице, пригодной для дальнейшей обработки.

Из интересных особенностей можно отметить разве что временной интервал объединения, благодаря которому нужно указать теги только для первой фотографии в серии. Остальные кадры унаследуют тот же набор меток автоматически, если разница во времени между ними не превышает заданного значения. Тем не менее, на выходе, в экспортном файле, программа представляет в строках данные для отдельных фотографий, не объединяя их в регистрации.

Несмотря на то, что в руководстве сказано, что SpeedyMouse была разработана для фотоловушек Reconyx, в нашем случае извлечь метаданные о той же температуре с этих камер не получилось. Для остальных фирм программа работает так же.



**Рис. 1.** Интерфейс программы SpeedyMouse. Слева приводится меню видовых тегов и соответствующие им клавиши на клавиатуре. Далее следуют окошки метаинформации первого типа, вид животного, указанный пользователем, данные настроек и кнопки управления. Справа окно просмотра фотографий.

**Fig. 1.** The interface of the SpeedyMouse software. On the left is a menu of view tags and their hot keys on the keyboard. This is followed by the windows of the first type of meta information, the type of animal specified by the user, the setting data and the control buttons. On the right is a window for viewing photos.

В целом, данное ПО, по нашему мнению, выглядит не очень удобным на фоне других решений и заслуживает внимания исключительно с ознакомительной точки зрения. Тем не менее, мы приводим ссылку, по которой можно скачать саму программу и руководство к ней ([https://www.researchgate.net/publication/289202434\\_SpeedyMouse\\_22\\_for\\_the\\_analysis\\_of\\_camera\\_trap\\_images](https://www.researchgate.net/publication/289202434_SpeedyMouse_22_for_the_analysis_of_camera_trap_images)).

### **TrophyRoom**

Фирма Reconyx оказалась не единственной, кто разрабатывает свое собственное ПО для обслуживания данных с фотоловушек. Американская компания Cuddeback также поделилась своим решением проблемы хранения, сортировки и обработки фотографий, которое называется TrophyRoom.

TrophyRoom – это свободное самостоятельное ПО. Оно разрабатывалось скорее для охотников и охотоведов, нежели для ученых-зоологов и экологов. Об этом говорит не только красноречивое название, но и много других особенностей и используемых терминов. Тем не менее, ознакомиться с ним стоит, ведь оно обладает некоторыми интересными возможностями, которые могут быть полезны и в биологической науке.

Несмотря на то, что данное ПО создавалось для работы с изображениями всех производителей фотоловушек, разработчики подчеркивают, что некоторые функции доступны только для изображений с камер Cuddeback.

Интерфейс программы довольно дружелюбен и интуитивно понятен. Он состоит из трех основных секций: окно просмотра изображений, панель меню и панель навигации, где размещается дерево каталогов (рис. 2).

При подключении к сети Интернет для пользователей фотоловушек Cuddeback есть возможность сразу же скачать и установить последнюю версию прошивки, ознакомиться с последними новинками камер, документацией, а также получить техническую поддержку.

Среди приятных особенностей можно отметить мелкие, но довольно полезные инструменты. Например, самое удобное масштабирование изображения, с которым мы встречались: с помощью выделения интересующей области мышкой (такого нет ни у одного другого ПО).

Система тегирования очень проста и позволяет создавать однообразные бинарные теги. Предполагается, что пользователь лишь указывает вид животного на фотографии. Теги половозрастной характеристики доступны только для белохвостого оленя и изменить это нельзя.

Можно добавлять текстовые аннотации (например, особенности поведения), но создавать числовые теги возможности нет. Сам процесс тегирования также не очень удобен.

У программы существует баг (ошибка), связанный с распознаванием имен файлов. Например, фотоловушка *Bushnell* создала файл изображения с именем «09200341». Это означает, что снимок получен 20 сентября и он 341-ый по счету. В таком случае *TrophyRoom* выдаст ошибку типа «Строка не распознана как действительное значение *DateTime*». Дело в том, что в данном ПО первые две цифры в названии файла воспринимаются как день, а третья и четвертая – как месяц. Поскольку месяц не может иметь значения «20», появляется ошибка. Но это особенность *Bushnell* и *KeepGuard* – камеры сначала пишут месяц, а затем день. В случае имени файла «11030115» ошибки уже не будет, поскольку и «11» и «03» могут быть как днем, так и месяцем. Камеры *Resonux* или *Seelock* вообще не пишут дату в именах файлов (их названия имеют следующий тип: «IMG\_0024»), что не позволяет их корректно воспроизводить в *TrophyRoom*. Несмотря на то, что это вполне поправимо с помощью той же программы *ReNamer* или другого ПО, это довольно обидное упущение производителей.

Скачать установочный файл программы и подробный мануал можно по ссылке (<https://www.cuddeback.com/trophy-room>).

### *ViXeN*

Для широкой аудитории *ViXeN* появилась только в 2018 г. (Ramachandran & Devarajan, 2018). Такое странное название обусловлено как аббревиатурой (*View eXtract aNnotate*), так и первым применением данного ПО – проектом по изучению двух видов лисиц в Индии с помощью видеоловушек («*vixen*» – самка лисицы по англ.). Данная программа позиционируется авторами как свободная, универсальная, кроссплатформенная (*Linux*, *macOS*, *Windows*) и настраиваемая. Она может работать с совершенно различными медиа файлами, начиная от фото, видео и аудио самых разных форматов и заканчивая любыми текстовыми файлами, *HTML* и *PDF*. Хотя внешний вид *ViXeN* довольно суров и минималистичен, его возможности стоят того, чтобы обратить на него внимание (Ramachandran & Devarajan, 2018).

Отличительной особенностью данного ПО является его универсальность по отношению к форматам медиаданных (фото, видео, аудио) и

в то же время некоторая специализированность для работы с видеофайлами. Именно это выгодно отличает *ViXeN* от других программ для работы с фотоловушками, ведь немногие из них способны обрабатывать метаданные с видеороликов. Помимо него видео в формате *AVI* могут воспринимать *Snoory*, *CameraBase*, *MapView* и *TRAPPER*. Поскольку в некоторых исследованиях (прежде всего этологических) необходимо обрабатывать сотни (и даже тысячи!) видеофайлов, появление такой программы не может остаться незамеченным. Кстати, именно так *ViXeN* и появился на свет: когда возникла необходимость в обработке более чем 6000 видеофайлов с проекта по изучению наземных хищников Индии. Авторы вполне справедливо замечают, что на тот момент (2014–2015 гг.) среди всех доступных ПО не было ни одного, кто мог бы справиться с этой задачей (Ramachandran & Devarajan, 2018), кроме *MapView*.

Программа написана на языке *Python* и выполнена в виде приложения, которое открывается в любом поддерживаемом Интернет-браузере (предпочтительнее *Mozilla Firefox*, *Google Chrome* или последние версии *Internet Explorer*). При этом она самодостаточна и не требует Интернет-соединения, подключения к базам данных (БД) или серверу.

Руководства пользователя можно посмотреть на официальном сайте проекта (<http://vixen.readthedocs.io>). В них достаточно подробно изложены все шаги по использованию данного ПО, поэтому мы не будем заострять на этом внимание и дублировать авторов. Отметим лишь наши собственные впечатления от работы с *ViXeN*.

В первую очередь, коснемся интерфейса. Конечно же, он не слишком удобен, особенно когда речь идет о больших массивах данных, на обработку которых уходят не часы, а недели. Что бы ни говорили разработчики, создать действительно удобную программу на платформе Интернет-браузера для работы с данными фотоловушек непросто. Окно просмотра и тегирования состоит из двух основных частей (рис. 3). Слева находится строка поиска, доступ к директориям, рабочая папка с медиа файлами, а также все метаданные выбранного файла. Внизу представлены кнопки сохранения изменений, экспорта и импорта *CSV*. Справа – просмотр выбранного медиа файла. Система управления папками построена по стандартному принципу дерева каталогов и полностью настраивается пользователем, что достаточно удобно.

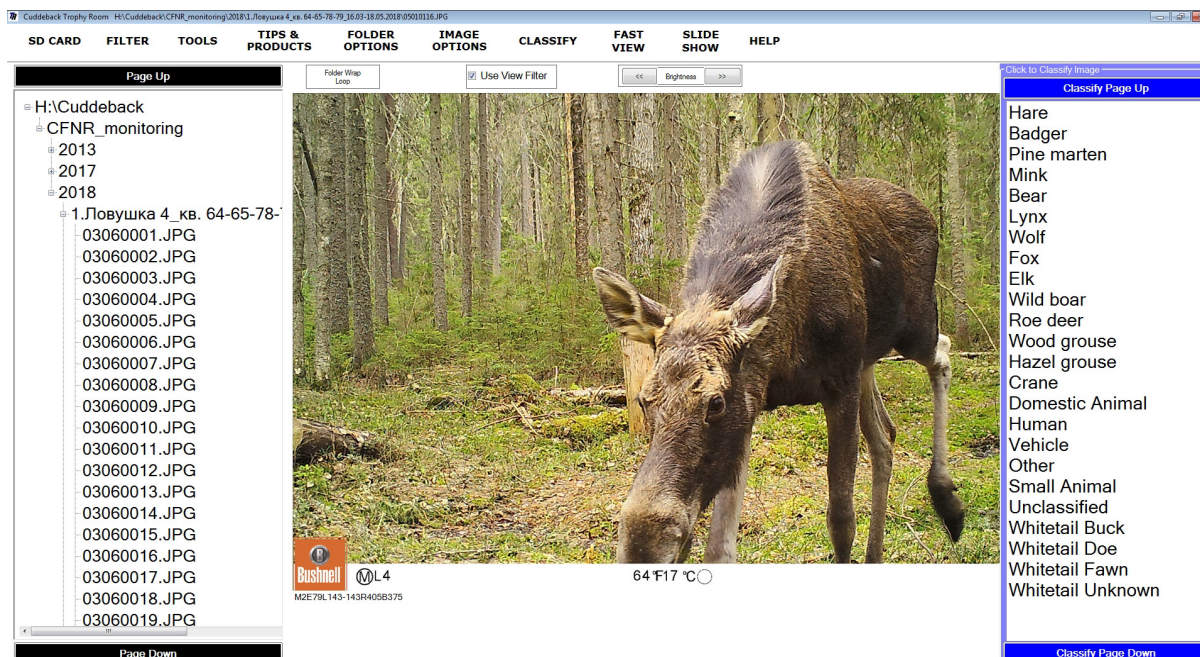


Рис. 2. Интерфейс программы TrophyRoom. Слева представлен каталог с папками по локациям и годам, а также активные файлы изображений. По центру – окно просмотра. Справа – меню тегов основных видов.

Fig. 2. The interface of the TrophyRoom software. On the left is a directory with folders by location and year, as well as active image files. In the centre – the viewing window. On the right is the tag menu of the main views.

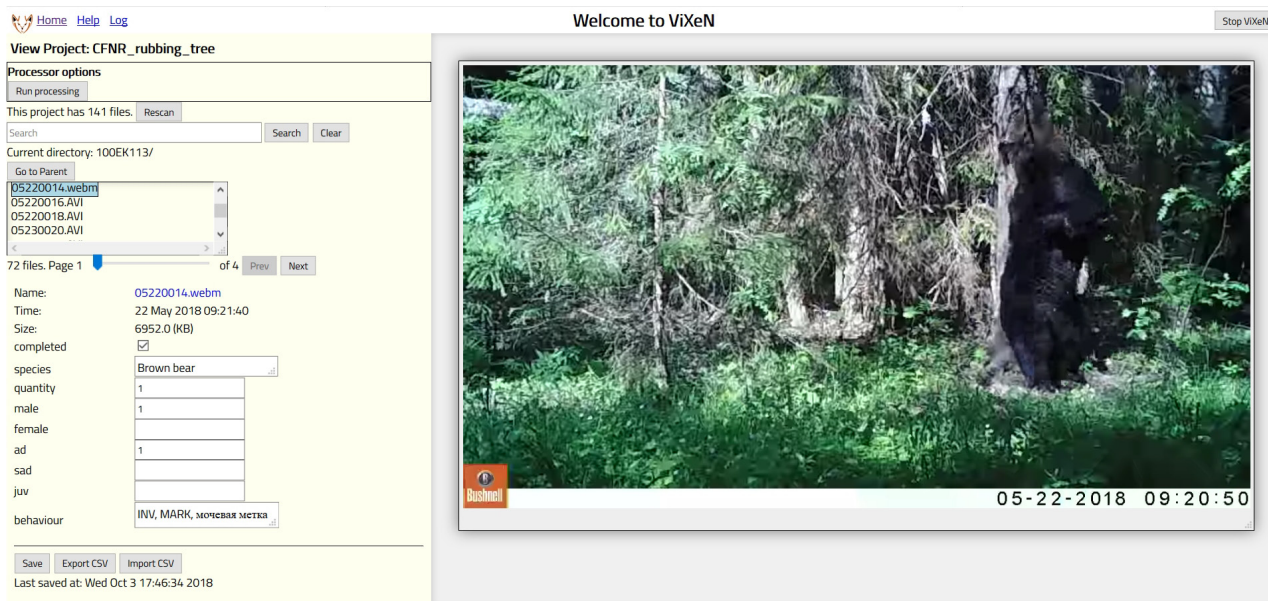


Рис. 3. Интерфейс программы ViXeN на примере исследований по маркировочному поведению бурого медведя в Центрально-Лесном заповеднике. Слева представлены инструменты поиска, доступ к директориям, рабочая папка с файлами и метаданные выбранного файла. Справа находится окно просмотра (в данном случае проигрывается видеофайл, перекодированный в формат WebM).

Fig. 3. ViXeN program interface showing research on the marking behaviour of a brown bear in the Central Forest Nature Biosphere Reserve, Russia. On the left are the search tools, access to directories, a working folder with files and metadata of the selected file. On the right is the viewing window (in this case, the playing video file is converted into WebM format).

Меню настроек проекта довольно простое. Возможности создания тегов по умолчанию не богатые, но при желании могут быть специфичны. Теги можно организовать под конкретные нужды пользователя, но для этого будет необходимо поработать с командной строкой и скриптами. Задавая в настройках нужные рас-

ширения файлов, можно выбирать, с каким типом метаданных хочет работать пользователь. Если его интересует только видео, то можно указать «.avi» и «.mp4», и все фотографии станут недоступными для просмотра. Если изображения также необходимы, добавляем «.jpg» и работаем с обоими форматами.

Программа «вытягивает» всю доступную метаинформацию из видеофайлов (имя, тип, размер, дату создания и модификации). Все остальное пользователь добавляет самостоятельно. Само по себе тегирование вполне продумано. Теги могут быть нескольких стандартных типов (string, boolean, integer, float), но нет возможности делать ниспадающий список, что очень неудобно при видовом определении (в отличие от Camelot). Название каждого вида приходится писать вручную или создавать множество тегов под каждый вид. Это также замедляет процесс тегирования. Комбинаций «горячих клавиш» не предусмотрено.

Поскольку программа выполнена всего лишь как веб-приложение на базе браузера, у нее нет возможностей просматривать все форматы видео файлов. Она воспринимает только те, что поддерживает конкретный браузер (чаще всего это **WebM** и **Ogg theora**). Чтобы просмотреть стандартные AVI или MP4-ролики, надо нажать на имя файла (выделено синим цветом, см. рис. 3), и тогда автоматически включается медиа-проигрыватель, который предусмотрен пользовательской операционной системой (ОС) для воспроизведения файлов данного типа. Несмотря на то, что это не сильно мешает, можно исправить данное упущение, проведя конвертацию прямо в самой ViXeN. Все файлы AVI или MP4 можно конвертировать в **WebM** с сохранением метаданных и просматривать их в дальнейшем напрямую в браузере. Делается это с помощью набора свободных библиотек FFmpeg и создания специальной команды, которая подробно описана в руководстве. Конвертацию можно проводить как в самой ViXeN, так и с помощью командной строки. При этом появляется не только возможность просмотра видео в браузере, но и значительно сокращается размер самих файлов, что удобно при хранении большого объема данных. Так, по словам авторов, 150 Гб файлов AVI после конвертации превратились в 6.6 Гб файлов WebM (Ramachandran & Devarajan, 2018). Качество видеоматериала, разумеется, снижается, но его вполне хватает для полноценной обработки.

Просмотр видео в браузере не отличается особым комфортом. Так, нет возможности ускоренного воспроизведения, что часто бывает необходимо при отсеивании «шевеленки». Встроенные инструменты монтажа (хотя бы объединение нескольких видеофайлов в одну регистрацию) и экспорт данных о продолжи-

тельности видео пока также не реализованы. Чтобы объединять различные ролики в единый файл регистрации до сих пор приходится обращаться к сторонним специализированным ПО.

Система поиска вполне удобна. С помощью простого синтаксиса можно создавать специфичные запросы и «вытаскивать» любую нужную информацию. Подробно об этом рассказано в руководстве пользователя. Все полученные метаданные экспортируются в формате CSV нажатием всего одной кнопки.

Сильной стороной ViXeN является возможность создания пользовательских команд, позволяющих не только проводить конвертацию, но и создавать более продвинутые теги и автоматически присваивать их большому числу файлов. Опытные пользователи Python могут также писать свои собственные специализированные команды.

С одной стороны, ViXeN является не самым удобным ПО для обработки данных с фотоловушек. Оно не предполагает какой-либо анализ, только просмотр, тегирование и экспорт. Но, с другой стороны, в этом его преимущество. Способность извлекать всю метаинформацию из видеофайлов различных форматов и очень легко экспортировать их в CSV – что еще может быть нужно от такой программы? Для специфических проектов, посвященных поведенческой экологии животных, это незаменимое решение. Весь последующий анализ может быть выполнен в тех же пакетах R, ведь с главным требованием программа справляется без труда – извлекает метаданные и тегирует видеофайлы.

Разработчики планируют улучшить и расширить систему тегирования, добавив иерархический порядок, а также ввести возможность одновременной работы нескольких пользователей. Скачать установщики для различных ОС и исходный код можно по ссылке (<https://github.com/vixen-project/vixen/releases>). Последние сборки свободных библиотек FFmpeg для конвертации медиа файлов можно скачать с официального сайта (<https://ffmpeg.zeranoe.com/builds/>).

### **CamtrapR**

CamtrapR – это не программа, как таковая, а всего лишь пакет для среды R (R Development Core Team, 2018). Установить и запустить его можно как в «сырой» R, так и в специализированной программе с более расширенным интерфейсом, например, RStudio. Поскольку сам язык R – это язык программирования, предназначен-

ный для статистического анализа данных, этот пакет представляет собой набор управленческих команд и вычислительных процедур.

CamtrapR – это первый пакет, предназначенный для работы с данными фотоловушек в R (Niedballa et al., 2016). Он появился в репозитории CRAN в 2015 г. С его помощью можно выполнять организацию данных, извлекать метаданные из фотографий, проводить тегирование, строить простые карты и выводить данные на экспорт в различных форматах, в том числе SHP для более детального анализа в ГИС. Это свободное кроссплатформенное ПО, разработанное в первую очередь для быстрой обработки больших объемов данных с фотоловушек и подготовки их для дальнейшего анализа (Niedballa et al., 2016). Извлечение метаданных производится с помощью программы ExifTool (Harvey, 2015).

С момента появления этого пакета в 2015 г. сотрудники заповедника «Калужские засеки» (Калужская область), а также «Уссурийского заповедника» ДВО РАН (Приморский край) совместно с ИПЭЭ РАН (г. Москва) применяют camtrapR для обработки и анализа данных с фотоловушек (Х.А. Эрнандес-Бланко, личное сообщение).

Общая схема и последовательность работы в camtrapR выглядит следующим образом.

На первом этапе организуется структура хранения данных. Для этого производится распределение всех фотографий по папкам, соответствующим локациям, и пакетное переименование самих файлов по принципу «номер локация, дата, время».

На втором этапе выполняется тегирование изображений. Определяются виды и число особей на фотографиях.

Третий этап – извлечение метаданных изображений и составление таблиц регистраций.

Четвертый этап – первичный анализ и визуализация результатов. Возможно строить схемы пространственного распределения регистраций (spatial species occurrence patterns), а также графики временной активности (species activity patterns).

Пятый этап – подготовка данных для дальнейшего анализа в специализированных пакетах R или самостоятельных программах. В первую очередь, это анализы численности/плотности с повторным отловом. Возможен экспорт файлов в SHP и дальнейший пространственный анализ в ГИС. Также возможно формирование общих отчетов.

Все вышеописанные этапы выполняются посредством специальных скриптов, набора

так называемых команд, непосредственно в самой R (рис. 4).

Обработка начинается с сортировки «сырых» изображений по папкам (как правило, каждая папка соответствует определенной локации). Эту операцию выполняет команда «createStationFolders».

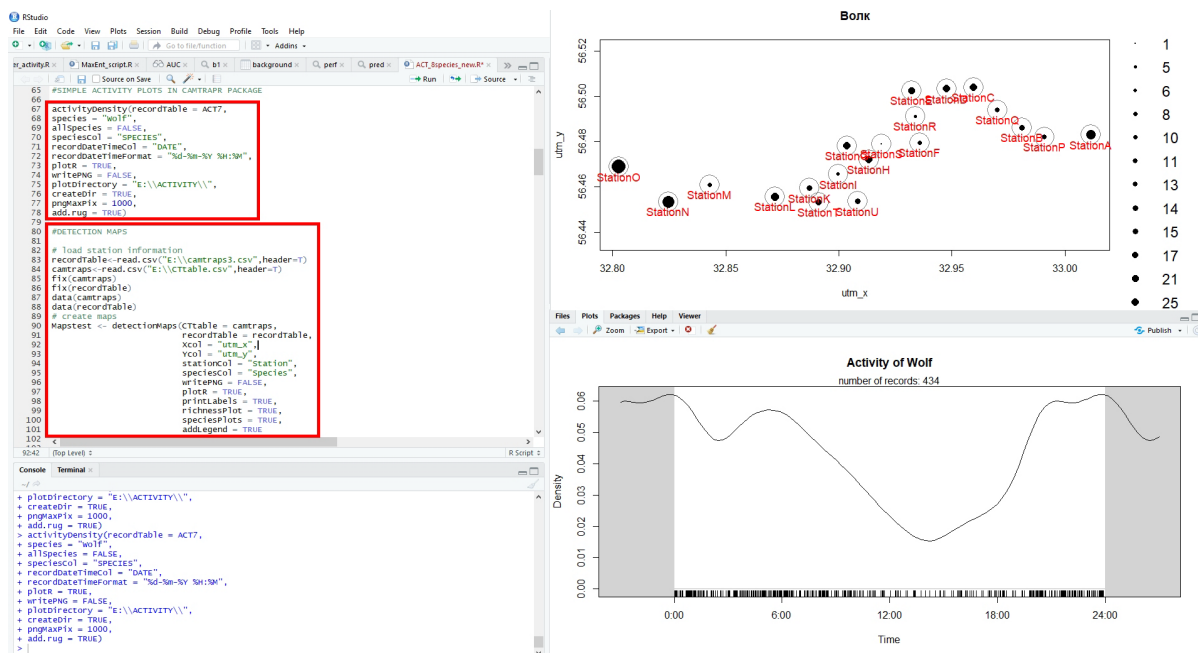
Очень удобным инструментом является команда «timeShiftImages», благодаря которой можно исправлять время и дату в метаданных изображений. Часто случается так, что эти показатели сбиваются на камерах. Особенно у тех производителей, чьи камеры не обладают энергонезависимой памятью. В нашем случае это KeepGuard и Seelock. Для многих пользователей фотоловушек не секрет, что при извлечении более половины элементов питания дата и время на устройствах некоторых фирм возвращаются до значений «по умолчанию» (как правило, 01.01.2015, в зависимости от прошивки). Если при проверке пользователь по какой-то причине забыл исправить настройки или произошел сбой – все это можно поправить после с помощью данной команды. Для ее исполнения camtrapR обращается к соответствующему модулю ExifTool. Впрочем, сделать это можно также и напрямую через данную утилиту.

С помощью функции «imageRename» все изображения можно переименовать по принципу «Локация-Номер фотоловушки-Дата-Время».

В camtrapR отсутствует интерфейс для просмотра и тегирования изображений, поэтому разработчики советуют воспользоваться вспомогательными программами для этих задач. Такими как DigiKam ([www.digikam.org](http://www.digikam.org)), которая является свободной, или Adobe Lightroom и Adobe Bridge (Adobe Systems Inc.), которые являются лицензионными. С помощью указанного ПО возможно быстро проставить все необходимые теги изображениям и сохранить их в метаданных Exif. Однако мы рекомендуем обратить внимание на тесную интеграцию с данным пакетом программы Camelot, о чем будет сказано далее.

После видового тегирования если названия видов указывались на латыни, можно проверить его результаты, сопоставив их с таковыми из таксономической базы ITIS ([www.itis.gov](http://www.itis.gov)), что обеспечит единообразие в использовании видовых названий при работе в разных проектах. Также существует возможность тегирования несколькими пользователями, что позволяет повысить точность правильного видового определения (подробнее об этом см. в следующем разделе).





**Рис. 4.** Интерфейс программы RStudio с подключенным пакетом CamtrapR. Слева выделены части скрипта для выполнения команд «activityDensity» и «DetectionMaps», которые строят кривую ядерной плотности суточной активности вида и карту регистраций по локациям. В качестве примера справа показаны результаты выполнения команд – вверху карта количества регистраций волка на локациях, внизу – кривая его суточной активности.

**Fig. 4.** The RStudio software interface with the activated CamtrapR package. On the left are the parts of the script for executing the «activityDensity» and «DetectionMaps» commands, which build the Kernel-density curve of the daily activity of the species and the registration map by locations. As an example, the top right shows the results of running scripts – a map of the number of registrations of a wolf on locations, and below is a curve of its daily activity.

После тегирования всех изображений и размещения их по папкам появляется возможность создания итоговой таблицы, включающей все регистрации (Record Table). На данном шаге можно указать интервал, по которому программа объединит фотографии в регистрации. Если задать интервал как 0 минут, то в выходной таблице в строках будут отдельные фотографии. На основании данной таблицы в дальнейшем будут проводиться все варианты анализов, а также экспорт в другие пакеты или программы.

Одной из сильных сторон программы является возможность подготовки данных для различных дальнейших анализов. Так, команда «detectionHistory» создает матрицы историй регистраций. Они полностью готовы для анализа с помощью других средств, таких как пакет «unmarked» (Fiske & Chandler, 2011) или программа PRESENCE (Hines, 2017). В случае, если была проведена индивидуальная идентификация особей, то с помощью команды «spatialDetectionHistory» можно создать матрицы историй отловов для пространственного анализа с повторным отловом (spatial capture-recapture). После этого данные можно исследовать в пакетах «secr» (Efford, 2015) или «RMark» (Laake, 2014).

Наконец, пользователь может создавать подробные отчеты, где будет представлена общая информация о работе фотоловушек (число локаций, количество фотоловушко-суток, число видов, регистраций и т.д.).

В целом, camtrapR – это мощный, удобный и в то же время простой инструмент для обработки большого количества фотографий и их первичного анализа. Несмотря на отсутствие интерфейса для просмотра изображений, с этим пакетом возможна полнофункциональная обработка данных с фотоловушек. В качестве сильных сторон стоит еще раз подчеркнуть возможность экспорта данных в ГИС в виде шейп-файлов, подготовку данных для анализа распространения, численности и плотности, встроенные возможности для анализа временной активности и построения карт регистраций и видового разнообразия. С некоторой долей условности слабой стороной можно считать разве что необходимость базовых знаний языка R для уверенной работы в данном пакете. Установить его можно с репозитория CRAN, скачать мануал с сайта R-project (<https://www.r-project.org/>). Описание основных функций доступно также в статьях (Niedballa et al., 2016; López-Tello & Mandujano, 2017).

### **CPW Photo Warehouse**

Данная программа была разработана Службой диких животных и нацпарков (Colorado Parks and Wildlife) Департамента природных ресурсов штата Колорадо специально для хранения, обработки и первичного анализа данных с фотоловушек (Ivan & Newkirk, 2016). Она создана полностью на базе MS Access (Microsoft Corp.), как и уже известная нам CameraBase (Tobler, 2015). Не считая MapView Professional, данная программа является одной из немногих, которую применяют на российских особо охраняемых природных территориях (ООПТ), в частности в Сихотэ-Алинском заповеднике и АНО «Общество сохранения диких животных» (Приморский край). В 2016 г. эти организации провели семинар по фотоловушкам, на котором, в том числе, обучали работе с этим ПО (<http://40put.ru/news/other/120/>), а в 2018 г. – специальный тренинг, целиком посвященный данной программе <https://russia.wcs.org/ru-ru/%D0%9E-%D0%9D%D0%B0%D1%81/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2-%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B9/ID/11170.aspx>).

CPW Photo Warehouse (далее CPW) написана с помощью кода VBA (Visual Basic for Application). Это позволяет использовать полный функционал системы управления базами данных (СУБД) в приятном интерфейсе форм запросов. Разработчики отдельно отмечают, что для работы в CPW не обязательно быть специалистом в Access. Ее формы построены так удобно, что нет необходимости самому редактировать таблицы и конструкторы запросов, если только пользователь не хочет создавать свои собственные команды. Иметь полноценную Access также не обязательно, для работы с CPW можно установить бесплатную MS Access Runtime. Для продвинутых пользователей есть возможность создавать собственные команды и функции, внося изменения в коды VBA и SQL (Ivan & Newkirk, 2016).

Структура MS Access накладывает определенные ограничения на данное ПО. Во-первых, это ограничение по объему информации. В созданной БД не может быть таблицы с числом строк большим, чем 2 миллиона. Поскольку при обработке данных с фотоловушек для каждой фотографии создается, как правило, несколько строк, такой лимит может быть достигнут уже при 1 млн. фотографий. Эта неизбежная проблема может быть разрешена только переходом на более мощную СУБД, такую как MS SQL Server, как в случае со Snoopy. Во-вторых, объ-

ем самой БД не должен превышать 2 Гб, но на практике такого не случится, если вовремя выполнять процедуру сжатия и восстановления.

После создания проекта и локаций есть возможность прописать список видов животных, где указать их обычные и латинские имена, а также распределить по группам (хищники, копытные, грызуны и т.д.).

Одной из особенностей программы является организация фотографий по датам посещений/визитов, как у Camelot и ZSL СТАР. Всего существует три типа дат посещений: установка фотоловушки/активация локаций (т.е. до этой даты кадров нет), проверка/обновление (есть кадры до и после этой даты) и снятие фотоловушки/деактивация локаций (нет кадров после этой даты). Все загруженные фотографии должны быть связаны с этими датами и их необходимо прописать заранее, до загрузки изображений. Например, пользователь установил фотоловушку 1 мая, а потом проверил ее 30 июля. После того, как была создана ее локация, необходимо создать две даты посещений: установка (1 мая) и проверка (30 июля). Уже на дату проверки можно будет загрузить фотографии, скаченные пользователем, которые будут ассоциированы с этим периодом. Подробнее об этом написано в руководстве пользователя.

Процесс обработки фотографий в данном ПО довольно интересен и не совсем обычен. Условно его можно разделить на несколько этапов. На первом этапе загружаются все фотографии и происходит их тегирование по видовой принадлежности и числу особей. Здесь же идет отсеивание всех пустых и испорченных снимков. На втором этапе пользователь объединяет кадры в регистрации по заданному интервалу времени. Третий этап – проверка качества объединения в регистрации и тегирование по полу, возрасту и индивидуальным особенностям. Четвертый – подготовка и экспорт данных для дальнейшего выбранного анализа.

После загрузки фотографий через форму «Import Photos» начинается процесс их первичного тегирования. За него отвечает форма «Photo ID». Окно данной формы построено очень просто, показывая каждую фотографию по очереди, а внизу отображая четыре основных тега (вид, детали, число особей, комментарии). Особо интересные фотографии можно помечать, чтобы в дальнейшем использовать их для показа или презентаций. Существует возможность автоматического пролистывания изображений с устанавливаемым интервалом времени (как слайдшоу), что может также ускорить процесс просмотра и

тегирования. Каждой фотографии можно присвоить тег скольких угодно видов. Дважды щелкнув по ней, она откроется в штатной программе для просмотра изображений в Windows, где ее можно увеличить или отредактировать.

Интересно организована функция пакетного тегирования. Для этого надо выбрать опцию «Batch ID», после чего появится новое окно, где будут отображаться две фотографии. Левая – текущая (первая в регистрации), а правая – последняя. Ее надо указать, выбрав название файла изображения из выпадающего списка. Проще всего это сделать, предварительно пролистав фотографии.

Функция горячих клавиш в CPW, пожалуй, самая удобная из всех, что нам встречались. Комбинации таких клавиш можно настраивать самому для наиболее оптимального тегирования. Очень удобным является сочетание «Ctrl + Z», с помощью которого фотографии присваиваются все те же самые теги, что были присвоены предыдущему фото. Учитывая некоторое неудобство пакетного тегирования, данная комбинация сильно выручает и ускоряет процесс аннотирования.

В форме просмотра изображений («Photo Viewer») можно не только удобно пролистать протегированные фотографии, но и создавать с помощью фильтров специализированные подвыборки (сабсеты), а потом и извлекать их метаданные для дальнейшего анализа. Например, «вытащить» все

фотографии кабанов за последний год, чтобы потом по ним построить графики временной активности (рис. 5). Здесь так же можно сделать копии всех выбранных по запросу фотографий, что может быть удобно при передаче изображений определенного вида конкретному специалисту.

Как уже было отмечено ранее, способность ПО объединять фотографии в регистрации крайне важна. В CPW Photo Warehouse возможно вручную устанавливать интервалы между независимыми регистрациями, причем индивидуально для каждого вида. Затем в форме «IndividualID» пользователь просматривает фотографии уже группами, т.е. объединенными в регистрации по указанному времени. На данном этапе можно проставлять теги возраста, пола и индивидуальных особенностей. Очень удобно, что это приходится делать только один раз – затем они автоматически присваиваются всем изображениям в регистрации. Если произошло так, что указанный интервал неверно объединил кадры, тут же можно их разъединить. Например, в период гона прошло два медведя друг за другом с интервалом в 17 минут. По размерам особей на фотографиях видно, что это различные звери, но интервал был задан как 60 мин., и, следовательно, они объединены в одну регистрацию. С помощью нажатия всего одной кнопки можно разбить ее на два отдельных прохода.

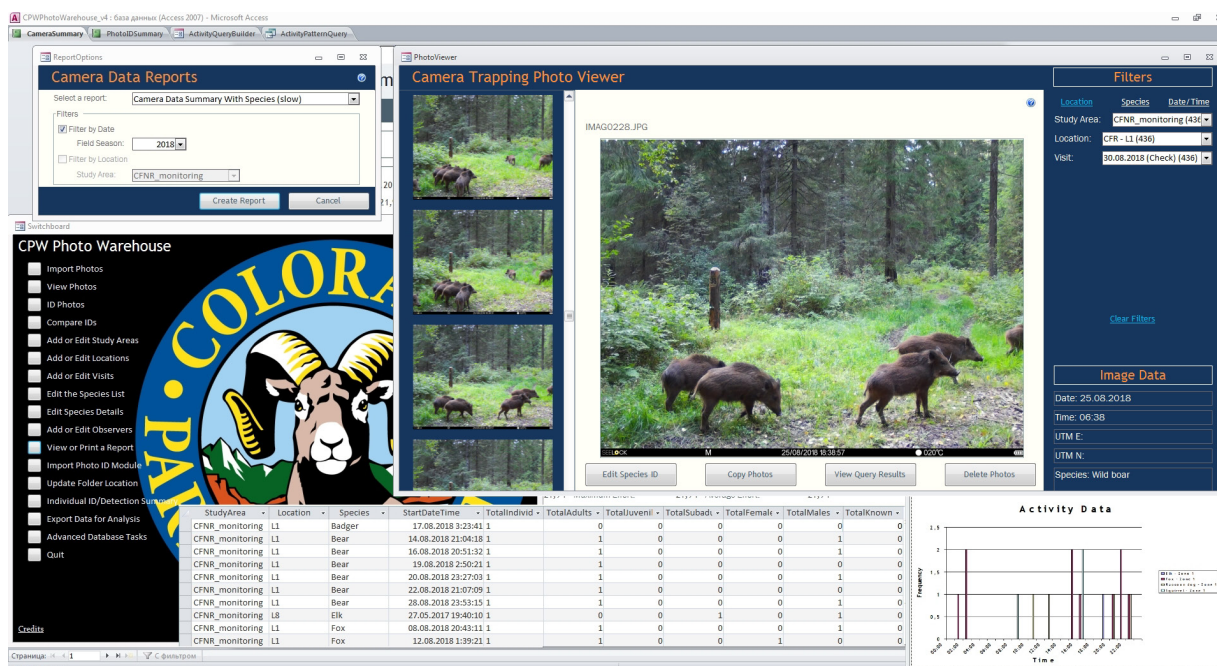


Рис. 5. Интерфейс программы CPW Photo Warehouse. Слева открыта форма создания отчетов, под ней – форма главного меню с перечнем функций. Справа открыта форма просмотра уже протегированных изображений с фильтрами поиска. Снизу – пример создания таблицы со всеми регистрациями и половозрастным составом и диаграмма суточной активности.

Fig. 5. The CPW Photo Warehouse software interface. The report creation form is open on the left, and the main menu form with a list of functions is open below it. On the right is a form for viewing already-scanned images with search filters. Below is an example of creating a table with all registrations and gender and age composition and a daily activity chart.

Программа предлагает довольно интересный способ верификации видового определения по фотографиям. Предполагается, что каждую фотографию просматривают и тегируют независимо друг от друга два пользователя под своими учетными записями. Затем в специальной форме (Compare ID) производится сопоставление, и «эксперт» (им может быть, как третий пользователь, так и один из этих двух) смотрит все случаи несовпадения оценок и принимает решение в пользу верности одного из них, удаляя неверное. Этот подход может показаться немного странным для российских исследований, где, как правило, обработкой данных с фотоловушек чаще всего занимается один человек. Тем не менее, стоит иметь ввиду такую возможность; в действительно крупных проектах она может здорово пригодиться. Другой вариант – использование студентов во время практик или волонтеров, результаты определения которых потом проверяет научный сотрудник. Это может не только сильно сэкономить время специалистам при больших объемах данных, но и обеспечить студентов новыми и актуальными темами курсовых и дипломных работ.

У CPW есть уникальная и очень полезная особенность – это возможность создания так называемых «модулей» – подвыборки из общей БД с прикрепленными фотографиями. Если пользователь хочет поделиться своей БД с другими людьми или отправить ее на определение специалисту, он может создать копии фотографий со всей прикрепленной метаинформацией в виде простой базы данных с расширением «accdr». Ее можно открыть (но нельзя изменять структуру) в свободной MS Access Runtime, не имея полной версии Access. Например, научный сотрудник заповедника проверил свои фотоловушки и получил с них больше 100 000 изображений. Студенты/волонтеры провели видовую идентификацию, но на кадрах есть виды, в биологии и экологии которых научный сотрудник не разбирается хорошо. В этом случае можно разбить БД на видовые сабсеты и передать/отправить их специалистам по данным видам, где они смогут определить половозрастные характеристики или особенности поведения. Затем специалисты присылают уже дополненные модули, и сотрудник просто импортирует их обратно в свою БД. Другой вариант – разделение всей БД на части и тегирование всех фотографий разными группами, что сокращает общее время обработки в кратное число групп раз.

Наконец, отлично продумана система отчетов. Пользователь может сразу же создавать и выводить на печать подробные отчеты различных видов: от общих, где отражаются число локаций, число фотоловушко-суток, фотографий и регистраций, до специфических, где указаны регистрации конкретных видов по полу и возрасту.

Замечательной особенностью следует считать возможность подготовки и вывода данных для анализа распространения, плотности, численности и активности в программах MARK, PRESENCE, DENSITY или пакетах «seccr» и «overlap» для R. CPW сама создает матрицы историй отловов по заданным параметрам (видам, датам, локациям и т.д.) и выводит их в виде таблиц, готовых для экспорта.

Подводя итог, можно сказать, что CPW Photo Warehouse – это мощная и удобная программа для не самых крупных проектов по фотоловушкам. Она позволяет грамотно организовывать хранение данных, довольно быстро их тегировать, создавать простые отчеты и подготавливать данные ко всем основным видам дальнейшего анализа. Предполагается много возможностей для работы нескольких исполнителей (возможно, волонтеров) и контроля за их работой. Общая схема действий немного отлична от других ПО, что вызвано спецификой среды MS Access.

Скачать саму программу и руководство пользователя можно по приведенной ссылке (<http://cpw.state.co.us/learn/Pages/ResearchMammalsSoftware.aspx>).

### **Wild.ID**

За последние годы проект TEAM Network выпустил полноценное ПО для работы с данными фотоловушек (<http://www.teamnetwork.org/wildlife-monitoring-solutions>). Если их предыдущая программа Desk TEAM была достаточно жестко привязана к регистрации в проекте, то нынешнее решение свободно от этого. Программа, о которой пойдет речь, называется Wild.ID, и надо сразу оговорить, что это не та самая Wild-ID, предназначенная для сравнения паттернов окраски животных и подготовки данных для анализа с повторным отловом (Bolger et al., 2012). Это совершенно другое ПО, открытое, универсальное и предназначенное именно для организации и хранения данных с фотоловушек.

У программы имеется свой очень дружелюбный интерфейс и собственная платформа. Перечислять ее достоинства можно очень долго, потому что здесь действительно есть, что

перечислять. Wild.ID сделала значительный шаг в сторону «идеального» ПО для данных с фотоловушек. По нашему мнению, ознакомиться с ней должен каждый пользователь этих устройств и, возможно, многие впоследствии захотят на нее перейти.

Нам не хватит объема обзора, чтобы даже вкратце перечислить все особенности программы, о которых стоит упомянуть. Разработчики подготовили очень подробный мануал, который можно найти по ссылке (<http://wildid.teamnetwork.org/help.jsp>), поэтому мы лишь постараемся осветить наиболее сильные и слабые стороны Wild.ID, с которыми столкнулись в процессе работы.

Первое, что бросается в глаза – это удобство в организации данных как для руководителя проекта, так и рядового исполнителя. Создание проекта и локаций продумано до мелочей. Существует возможность ввода данных не только о названии исследования, его локализации, статусе, времени, организации и ее контактах, но и обо всех пользователях и их квалификации. Так, можно добавить персонально каждого исполнителя и указать его уровень: руководитель проекта, полевой исполнитель (обслуживание камер), систематик-определитель, ГИС-эксперт, специалист по обработке данных и т.д.

При создании каждой локации можно очень подробно прописывать не только координаты и время функционирования, но и даты и статус каждой проверки (фотоловушка работала, была неисправна/украдена/повреждена животными, неисправна SD-карта и т.д.). Отдельно создаются все фотоловушки, которые потом подключаются к локациям. Модель камеры выбирается из представленного списка, указывается ее серийный номер и год введения в эксплуатацию. Эта особенность позволяет следить за историей каждой отдельной камеры. Здесь же мы столкнулись с первым недостатком. Среди фирм изготовителей фотоловушек, представленных в списке (всего их 17), нет таких популярных в России фирм, как Spromise Seelock или KeepGuard, а создавать их самим, к сожалению, пока нельзя. Это не мешает пользователю заменить их другими фирмами или написать разработчикам письмо с просьбой добавить именно его модели фотоловушек.

Если, например, уже сформирован табличный файл, где прописаны все локации и их координаты (а их может быть больше 100), то, чтобы не вводить всю эту информацию вручную, можно просто экспортировать CSV-файл, и программа сама все определит и организует.

Это великолепная возможность, не предусмотренная практически ни в одном другом ПО. Такой экспорт можно осуществить как на уровне отдельной локации, так и всего проекта и даже серии проектов. Главное – правильно организовать таблицы.

В дальнейшем, при знакомстве с ZSL СТАР, мы обнаружим очень похожие подходы к организации проекта и сопутствующих данных. Но в отличие от него Wild.ID качественно выделяется процессом тегирования. Система тегирования очень удобна и во многом уникальна. В самом начале программа предлагает выбрать тип фотографии (животное, пустой кадр, установка/проверка, не определенный, неизвестный, неисправный, первый и последний кадр). В дальнейшем это позволит проводить быстрые сортировки и находить именно то, что нужно.

Тип тега видовой принадлежности можно выбрать в настройках (common name/latin name). Поскольку поддержка русского языка не предусмотрена (всего на выбор доступно пять языков), лучше пользоваться латинскими названиями. Они биномиальны (родовое, видовое) и при заполнении берутся напрямую с базы данных МСОП (IUCN Red List and Bird Life International) в виде ниспадающего списка. Есть возможность ввода подвидовой принадлежности. С одной стороны, все это очень удобно, поскольку соблюдается единообразие и корректность ввода названий всех видов. С другой стороны, каждый раз приходится вручную прописывать первые буквы рода, а затем выбирать вид из списка (или также прописывать его первые буквы), чтобы указать нужный тег. Это, на наш взгляд, самый серьезный недостаток, с которым мы столкнулись при работе с Wild.ID. Он действительно замедляет процесс тегирования и требует определенной сноровки.

Удобным инструментом данного ПО является возможность ручного ввода интервала регистрации, по которому программа сама объединяет снимки в серии (по умолчанию стоит 2 мин.). Данный инструмент очень полезен, а в Wild.ID он продуман еще и тем, что в окне просмотра и тегирования можно сразу же выбрать опцию просмотра изображений по группам (регистрациям). Программа автоматически объединяет все загруженные кадры и показывает их сериями. Если серия единообразная (на всех фотографиях один и тот же вид без индивидуальных меток, в том же количестве, того же пола и возраста), то ее можно тегировать це-

ликом, нажав одну единственную кнопку. Данная функция сокращает процесс тегирования в несколько раз.

Свои теги, к сожалению, создавать нельзя. Но это несильно затрудняет работу, ведь представлены возможности ввода (помимо вида) тегов количества животных и примечаний (можно использовать для поведения). Интересным образом вводится тег половой принадлежности. Его нельзя задать напрямую. Для этого сначала надо найти животное на кадре, затем поставить на него метку и в выпадающем меню указать возраст, пол, имя (если есть индивидуальная идентификация) и примечания (это называется «тегирование индивидуальных деталей»). Такая необычная возможность продиктована необходимостью мечения животных, трудноотличимых на снимках. При этом обязательными тегами в Wild.ID являются имя исполнителя (кто определял и тегировал фотографию) и степень уверенности в правильности определения (абсолютно уверен, почти уверен, не уверен, не знаю). Последние два тега, конечно, кажутся нам излишними и не особенно нужными (было бы лучше упростить возможность половозрастного тегирования). Но, с другой стороны, в действительно крупных проектах с большим числом исполнителей разной квалификации они несомненно будут полезными.

Возможности просмотра фотографий удобны и интуитивно понятны. Можно легко пролистывать и масштабировать изображения. Здесь же можно посмотреть все метаданные файла из EXIF. К сожалению, многие производители фотоаппаратов закрывают доступ к ряду своих метаданных, и они недоступны для извлечения (например, фаза луны и температура). Эти данные не отображаются, но разработчики отдельно оговорили, что продолжают поиск свободных инструментов для извлечения такой информации. Просматривать готовую таблицу с данными уже протегированных изображений можно напрямую в Wild.ID (рис. 6).

Экспорт данных очень функционален. Так, можно экспортировать весь проект вместе с фотографиями, а затем перенести и загрузить его уже в другой Wild.ID (хотя это может занять довольно много времени). Кстати, данная функция так и не была полноценно организована в MapView, что сделало его «однопользовательским» ПО. Помимо этого, существует и обычный экспорт в разные форматы: в XLS для работы в MS Excel (Microsoft Corp.) и CSV для

работы в R. Также есть возможность хранения данных в облачной репозитории системы **Wild-life Insight**, где можно проводить дополнительный анализ данных (например, Wildlife Picture Index; [www.wildlifeinsights.org](http://www.wildlifeinsights.org)).

Кроме всего перечисленного есть еще много других возможностей (например, указание наличия на локации приманки и ее типа, ограничение в доступе к данным, вид антропогенной нагрузки, вид домашнего животного и др.), которые мы не описываем.

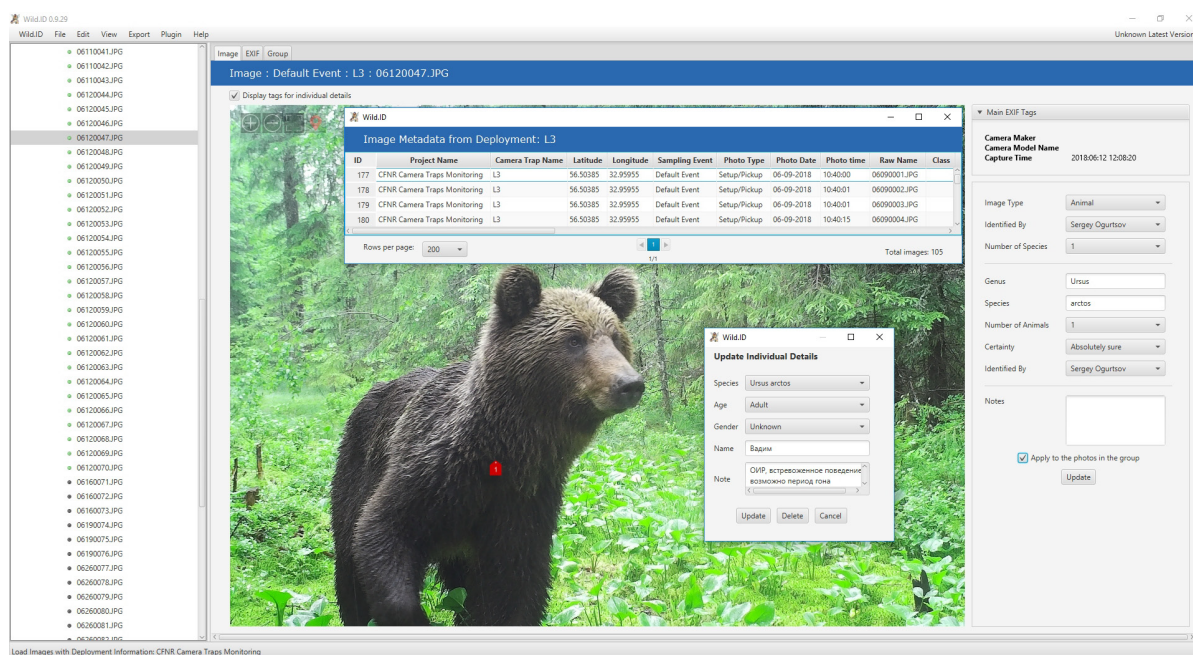
Подводя итог, можно сказать, что Wild.ID, по всей видимости – это **Desk TEAM со свободным доступом** – прекрасное, продуманное и очень удобное ПО для организации и хранения, а также первичной обработки данных с фотоаппаратов. По большому счету, из всех недостатков, по нашему мнению, значительным является только один – невозможность создания простых тегов видовой идентификации. Но автоматическая группировка кадров в серии позволяет компенсировать время на ручной ввод названия вида. Также стоит отметить отсутствие возможностей анализа данных, но, учитывая легкий экспорт в CSV, это не является недостатком. Немного не хватает системы создания подробных отчетов (например, как у CPW), которая была бы также очень полезна.

В заключение стоит отметить еще одну немаловажную деталь: очень простую и быструю установку программы. Скачать свежую версию можно как с сайта проекта TEAM (<http://www.teamnetwork.org:8080/Wild.ID/download.jsp>), так и с портала GitHub (<https://github.com/ConservationInternational/Wild.ID>).

### **Camelot**

Это, пожалуй, одно из самых последних программных обеспечений, разработанных специально для работы с данными фотоаппаратов, которые вышли в ближайшие годы (Hendry & Mann, 2018). Инструкции по работе с программой изложены здесь: <https://camelot-project.readthedocs.io/en/latest/index.html>

На первый взгляд Camelot не представляет из себя чего-то особенного и обладает довольно посредственным интерфейсом. ПО написано на языке Java, и в качестве платформы оно использует Интернет-браузер пользователя. Однако при более внимательном изучении эта программа начинает удивлять множеством удобных и полезных новшеств, которые не встречаются у других продуктов.



**Рис. 6.** Интерфейс программы Wild.ID. Слева показана активная папка с файлами изображений. Зеленые точки – уже протегированные кадры, черные – еще нет. Справа – меню тегов и краткие метаданные первого типа; поскольку в примере кадр с фотоловушки KeepGuard – они не считаны программой, и строки о производителе и модели камеры пустые. По центру – окно просмотра изображения и два открытых окна: таблица всех метаданных изображений (которая и будет выводиться на экспорт) и окно индивидуальных тегов. Метка индивидуального тега отмечена красной пиктограммой на медведе.

**Fig. 6.** The Wild.ID software interface. The left shows the active folder with image files. Green dots – already scanned frames, black – not yet. On the right is the tag menu and brief metadata of the first type; since in the example the image from the KeepGuard camera trap – the software did not read them and the lines about the manufacturer and camera trap model are empty. In the center – an image-viewing window and two open windows: a table of all image metadata (which will be exported) and an individual tags window. The individual tag is marked with a red pictogram on a bear.

Подробным образом проработана видовая идентификация. При подключении к сети Интернет можно выбрать любой вид из онлайн-базы (Orrell & Nicolson, 2018), где помимо латинского названия будет приведено тривиальное (**common name**), **систематическая принадлежность** и даже весовая категория вида.

При создании локаций (trap station) есть возможность ввести не только координаты, но и другие различные характеристики: высота н.у.м., высота фотоловушки от уровня земли, расстояние до дороги, реки и поселений. Все это в дальнейшем может быть использовано при анализе данных прямо в Camelot.

В данном ПО также существует необходимость указания даты проверки локации и состояния фотоловушки. Без ввода этой информации оказывается невозможной загрузка фотографий. Подобный подход встречается теперь у всех продуманных и специализированных программ (CPW, Wild.ID, ZSL СТАР).

Сам процесс тегирования отличается от такового у остального тематического ПО. Чтобы пометить изображение тегом, надо его выбрать, а потом нажать на кнопку «Identify selected»,

где указать все необходимые теги. Таким образом, процесс тегирования замедляется по сравнению с MapView, где, освоив комбинации клавиш, присваивать теги удастся очень быстро. Непривычность тегирования в Camelot вполне преодолима, и уже после первой 1000 обработанных фотографий удастся довольно быстро его выполнять, но все-таки с меньшей скоростью. Ускорить процесс можно сразу выбрав все фотографии одного вида по превью-изображениям и присвоив им одинаковые теги. Правда сделать это можно для крупных видов или хорошо различимых на превью-изображениях категориях (например, для авто/мототехники). Тег нового вида можно добавлять прямо в процессе (без подключения к библиотеке видов), но вот остальные теги – только в основных настройках. Теги видов можно выбирать как на латыни, так и на английском.

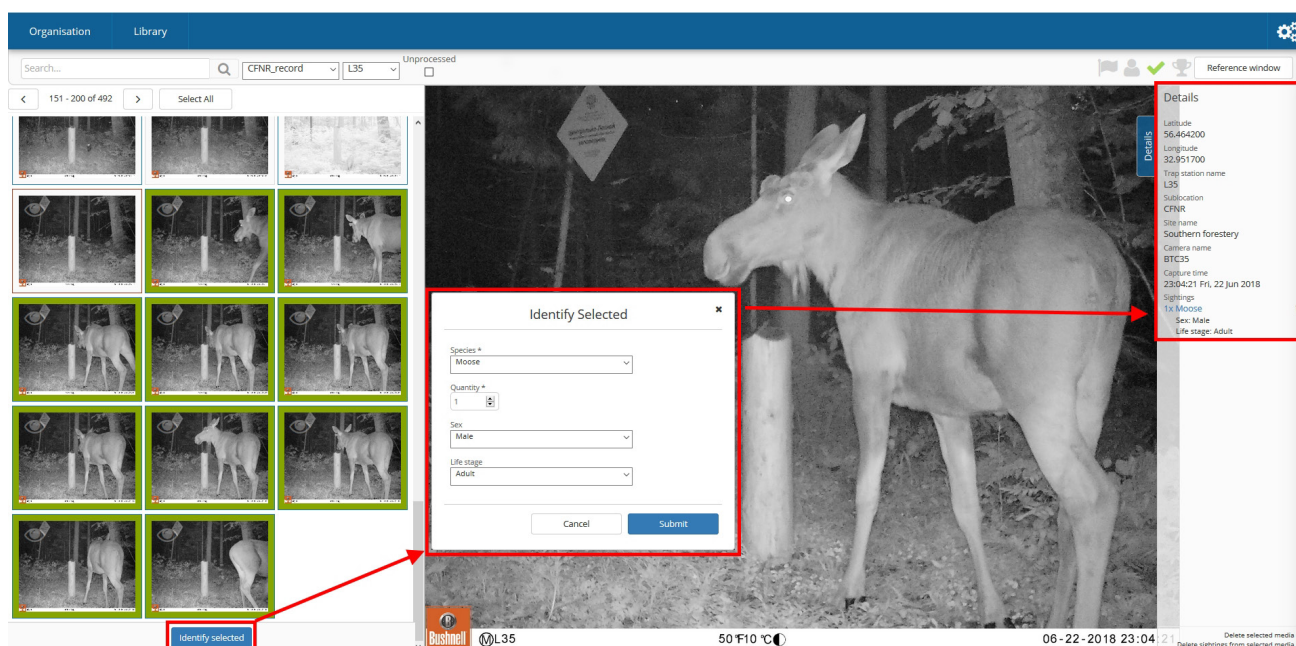
Удобной функцией является возможность просмотра фотографии без ее выбора. Достаточно просто нажать на иконку глаза в левом верхнем углу превью-изображения. При тегировании это очень полезно, однако по сути просто заменяет нажатие клавиши «Ctrl».

Отдельного внимания заслуживает маркировка фотографий. Существует четыре варианта: фотография просмотрена и протегирована, фотография требует дополнительной проверки, на фотографии люди во время установки камеры, фотография образцово-показательная. Все это позволяет сразу же сортировать изображения на чисто технические кадры и те, что в дальнейшем пойдут в анализы, а также отбирать наиболее удачные кадры для отчетов и презентаций.

Еще одним преимуществом данной программы является возможность объединять фотографии в серии по заданному интервалу времени, т.е. получать на выходе именно регистрации. Такая функция в последнее время появляется в программах все чаще, что постепенно переводит ее наличие из преимущества в минимальное требование. Она также представлена в Aardwolf, CPW Photo Warehouse, Wild.ID и ZSL STAP. Ее очень сильно не хватало в MapView, из-за чего приходилось делать лишние манипуляции в таблице Excel. К сожалению, Camelot объединяет кадры в регистрации только при экспорте, но не при тегировании, как, например, в CPW, что все-таки не очень удобно. Наличие такой возможности еще больше сэкономило бы пользователю время, затрачиваемое на обработку фотографий.

Из недостатков можно отметить организацию загруженных фотографий в виде отдельных страниц (по 50 изображений на каждой), а не в виде единого списка. Это немного затрудняет процесс тегирования, если фотографии одной регистрации находятся на разных страницах (рис. 7).

Одним из достоинств Camelot, благодаря которому эту программу сразу же можно высоко оценить, являются широкие возможности создания отчетов. Все базовые характеристики программа считает сама и выдает в таблицах формата CSV, которые тут же открываются в MS Excel. Вариантов отчетов всего 12, начиная от самых простых (суммарное число регистраций, фотографий по видам, локациям и т.д.) и заканчивая специализированными (построение матрицы состояний для программы PRESENCE или пакета samtrapR). Приятной неожиданностью было то, что Camelot сам считает RAI (Relative Abundance Index; индекс относительного обилия) по каждому виду, выдавая эти значения в таблицах. С точки зрения подготовки отчетов и разделов в Летопись Природы, это очень полезная функция ПО. Умелая подготовка данных к дальнейшему статистическому анализу по сути делает ненужной многочисленные процедуры редактирования таблицы в Excel, которые требовались при работе с MapView.



**Рис. 7.** Интерфейс программы Camelot. Рабочее пространство библиотеки. Слева загруженные превью-изображения, справа – выбранная фотография крупным планом и открытое меню метаданных (Details). Меню тегов (по центру) вызывается нажатием кнопки «Identify selected» (слева внизу).

**Fig. 7.** The Camelot software interface. Library workspace. On the left are the downloaded preview images, on the right, the selected close-up photo and the open menu of metadata (Details). The tag menu (centre) is invoked by pressing the «Identify selected» button (lower left).



Отдельно стоит сказать об удобной функции подготовки таблицы Record Table, которая нужна для работы в samtrapR. По большому счету, она полностью заменяет собой выполнение команды «recordTable». Конечно, эту таблицу можно создать напрямую в R, но в виду отсутствия интерфейса для просмотра изображений, это сделать не так просто. Как уже было упомянуто выше, сами разработчики samtrapR предлагали использовать DigiKam, но в данном случае очевидно выгодное сочетание именно с Camelot. Таким образом, процесс подготовки данных сводится к удобному просмотру и тегированию изображений в Camelot, автоматическому созданию в ней же Record Table и загрузки ее в samtrapR. Мы рекомендуем использовать эту программу именно в такой связке, потому что тесная интеграция с R – ее главное преимущество.

#### **ZSL Camera Trap Analysis Package (ZSL CTAP)**

В заключении темы настольного ПО рассмотрим, наверное, одну из самых продуманных, специализированных и функциональных программ для работы с данными фотоловушек на сегодняшний день. Обладая мощными аналитическими возможностями, данное ПО в то же время довольно простое в использовании и обучении и оформлено в виде приятного и дружелюбного интерфейса. По большому счету, пользователь видит уже знакомые Wild.ID и CPW Photo Warehouse со всеми их достоинствами, но при этом лишённые практически всех их недостатков и значительно усовершенствованные. Именно поэтому, мы остановимся на освещении этой программы чуть более подробно.

**ZSL Camera Trap Analysis Package (далее ZSL CTAP или просто CTAP) разработана** Лондонским зоологическим обществом (**Zoological Society of London, ZSL**) специально для работы с различными проектами по фотоловушкам (Amin & Wachter, 2017). Ее авторы – коллектив исследователей под руководством проф. Раджана Амина (Dr. Rajan Amin), куда входят Тим Уэйчер (Tim Wachter), Кевин Дэйви (Kevin Davey) и Томас Брюс (Thomas Bruce).

Как и в случае баз данных MS Access в основе архитектуры программы лежат разнообразные таблицы, а операции с данными выполняются посредством форм и запросов.

Тем не менее, СТАР продвинулась намного дальше тех же CameraBase, Snoopy или CPW Photo Warehouse. Первое, на что программа обращает внимание пользователя – это громоздкость и подробность конструкций. Все ПО, рассмотренные нами ранее, так или иначе были интуитивно понятны и довольно просты. Здесь же придется посвятить некоторое время руководствам (всего их семь), в которых разработчики очень подробно расписали весь процесс от скачивания и установки ПО до проведения всех анализов. В итоге пользователь убеждается, что вся подробность ввода данных оказывается очень полезной, продуманной и в результате имеет глубокие аналитические возможности, недоступные в других программах. Главное – запастись терпением и тщательным образом провести подготовку данных.

Перед разработчиками стояла задача создать действительно мощное ПО, которое могло бы проводить самые необходимые анализы и имело бы возможность оперировать пространственной информацией (Amin & Wachter, 2017). Создавая СТАР, они не стали излишне усложнять саму программу, а приняли очень верное решение, просто открыв ее для уже имеющихся форматов и языков. Так, она не обладает своей ГИС, но настроена на работу с уже имеющимися. Статистическая обработка выполняется не самой программой, а с помощью всей силы языка R. Все это не только разгружает специализированное ПО от ненужной работы, но и расширяет возможности для дальнейшего развития и качественного улучшения. Именно поэтому для полноценной работы с СТАР пользователь должен установить R и все необходимые пакеты, которые используются в анализах, а также иметь установленную ГИС (на выбор: QGIS, ArcGIS, Google Earth).

Для начала работы с данными СТАР требует длительных и довольно кропотливых настроек и подготовок, что значительно отличает ее от прочих программ. Необходимость указывать множество различных переменных не только увеличивает время подготовки данных к анализу, но и требует от пользователя более детальных проверок фотоловушек в поле, что подразумевает использование чек-листами (листами проверок).

Работа в СТАР, как и большинстве других подобных программ, начинается с созда-

ния проекта. Во время настроек помимо ввода общей информации об исследовании, можно сразу задать тип распределения локаций и среднее расстояние между ними. Помимо этого, требуется ввести данные в формате CSV, в которых во всех подробностях описывается схема расстановки фотоловушек по территории и все связанные с этим особенности: где стоят камеры, их направление, высота н.у.м., уклон, экспозиция, на каком предмете (дерево, камень, столб) установлена фотоловушка, модель, серийный номер, настройки съемки и т.п. В действительности настроек слишком много, и на первый взгляд большинство из них кажется не такими уж и нужными, а их количество явно избыточным.

СТАР уже обладает определенным набором данных по умолчанию. Так, например, есть таблица с основными производителями фотоловушек и их различными моделями, из которой пользователь может выбрать те, которыми пользовался он. В отличие от Wild.ID пользователь может самостоятельно создавать свои модели камер, если их не оказалось в списках. Нет необходимости самому вводить видовые теги. Достаточно выбрать из списка страну, где проводились исследования, и программа подберет список видов, которые потенциально регистрируются фотоловушками и обитают в выбранной стране. Для фауны млекопитающих это практически все средние и крупные наземные виды, и многие мелкие. Для каждого вида также приводятся его латинское название, систематическая принадлежность (класс, отряд, семейство), статус IUCN и CITES, средний вес, основные типы местобитаний, размер индивидуального участка, трофический уровень и возможность индивидуального распознавания. Это самая подробная информация о видах, которая нам когда-либо встречалась в подобном ПО.

Интересным образом продумана система загрузки изображений. Несмотря на все функциональные возможности программы, в ней отсутствует инструмент загрузки фотографий. Этот этап обработки продуман следующим образом. Сначала, через стороннюю программу пользователю необходимо извлечь метаданные изображений (включая названия файлов) и сохранить их в виде CSV-файла определенной структуры. Затем, данный файл должен быть указан при настройках проекта, как источник, содержащий информацию об

изображениях. Поскольку для каждого имени изображения есть соответствующее значение локаций, с которой оно было получено, а в настройках указана папка, где хранятся все фотографии, программа сопоставляет эти данные и в итоге представляет итоговую таблицу со всеми кадрами, при нажатии на которые отображаются фотографии.

С одной стороны, этот подход кажется неудобным, ведь требует дополнительного ПО и манипуляций, но с другой – освобождает специализированное ПО от необходимости извлечения метаданных и связанных с этим проблем. Разработчики рекомендуют использовать бесплатную программу **Picture Information Extractor (PIE)**, чтобы извлекать метаданные фотографий и строить на их основе CSV-отчеты (<https://pie-picture-information-extractor.en.softonic.com/>). Кстати, это очень хорошая и простая программа для работы с метаданными изображений, которая позволяет производить много полезных манипуляций. Она может быть использована также и сама по себе, входя в один функциональный ряд с Picasa (теперь GooglePhoto) и DigiKam. Впрочем, извлечь метаданные можно не только с помощью нее, но и любого другого подходящего ПО.

Наверное, самым слабым местом СТАР, к большому сожалению, является процесс тегирования. Несмотря на несомненную важность обработки и анализа, именно тегирование занимает большую часть времени работы с данными фотоловушек. Удобство выполнения этого процесса напрямую определяет не только скорость, но и качество ввода информации, а значит уменьшает долю потенциальных ошибок. Здесь же тегирование и сам просмотр фотографий исполнены не самым лучшим образом. Так, когда таблица с изображениями сформирована, пользователь может начать ее редактировать и присваивать каждой строчке (т.е. фотографии) определенные теги. На первом этапе их два: тип фотографии (установка/проверка, дикие животные, колыхание листвы, пустые снимки, люди и т.п.) и вид животного (если был выбран тип «дикие животные»). В последнем случае после ввода в таблице автоматически появляется как обычное название вида (common name), так и его латынь (рис. 8). Также можно присваивать более детальные теги: число особей, пол, возраст, поведение. Неудобство заключается в

том, что эти теги не удастся присваивать при пакетной обработке (т.е. сразу большому числу строчек), а свойства просмотра фотографий не позволяют быстро определиться, где начало, а где конец регистрации. Отсутствие системы горячих клавиш или просто списка с чек-боксами вынуждает пользователя постоянно переходить из одного меню в другое, выбирая нужные теги. В этом проявляется вездесущая «избыточность» и излишняя подробность СТАР. Несмотря на это, при некотором обучении тегирование быстро осваивается, хотя его скорость оказывается далекой от той же в MapView. К счастью, разработчики постоянно дорабатывают свое ПО, и сейчас ведутся активные работы по улучшению системы тегирования в СТАР. Есть все основания полагать, что уже в ближайшее время указанные нами недостатки будут устранены.

Завершив процесс тегирования, наступит самая интересная часть – анализ данных. Именно это делает СТАР такой удобной и практичной. Указав необходимые предварительные настройки (всего три параметра) пользователь запускает обработку проекта, которая может занять некоторое время. По ее завершении становится доступным меню анализа, где можно посмотреть уже готовые результаты базовых операций и вычислений или начать проводить специализированные расчеты.

Нам не хватит настоящего обзора, чтобы осветить все аналитические возможности этой программы, поэтому остановимся лишь на самых основных. Вкладка «Анализ и отчеты» (Analysis and Reports) состоит из двух основных блоков. Первый блок отражает в большей степени результаты управленческой работы. Здесь отображаются различные таблицы и диаграммы, где показывается насколько успешно функционировали локации и каковы общие итоги их работы. Так, в первой таблице дается сводная информация о том, сколько времени отработала каждая локация, время начала и конца ее работы, число регистраций и суммы этих значений по всем локациям вместе. В этой таблице можно увидеть, сколько дней «выпало» из периода исследования, если таковые имеются, и сначала оценить качество работы фотоловушек. Далее идет ряд столбчатых диаграмм, где демонстрируются разные показатели функционирования локаций: сколько дней на них работали фотоловушки, сколько их было активно каж-

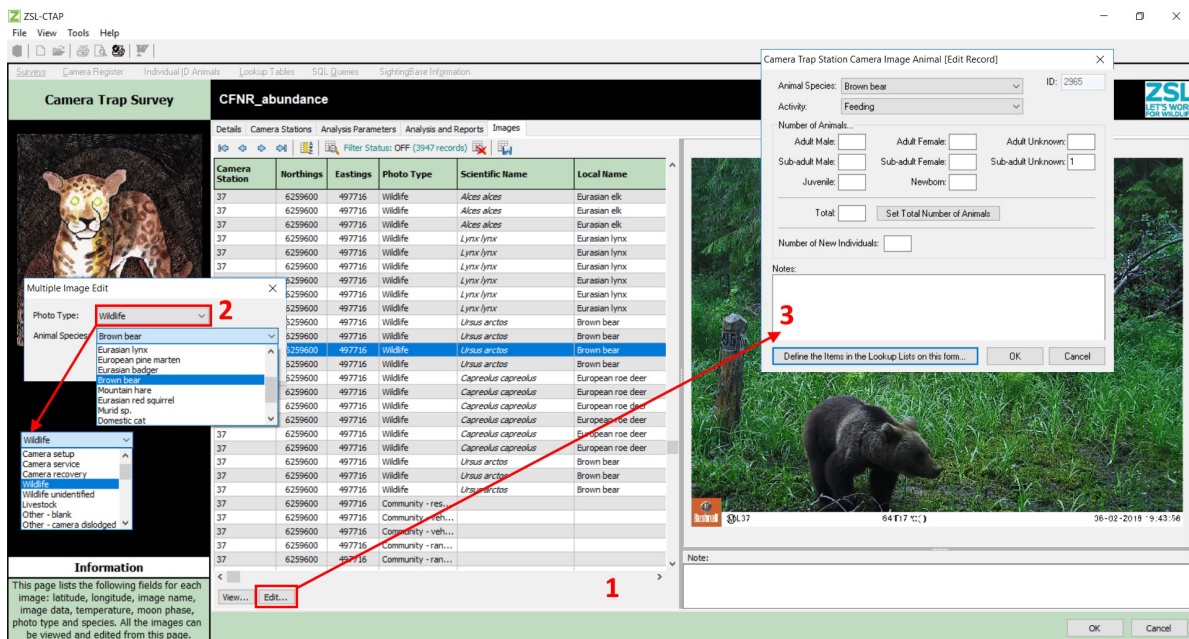
дый день, сколько дней была активна каждая локация, сколько регистраций диких животных было выполнено на каждой локации (рис. 9). В последней таблице содержится информация по числу регистраций разных типов (установка/проверка фотоловушки, дикие животные, люди и т.п.). Уже на данном этапе исследователь может визуально и количественно оценить качество своей работы или сформировать необходимые графики и таблицы для разделов в Летопись Природы. Первый блок результатов особенно полезен для руководителей проектов и исследований, с помощью которого они могут принимать управленческие решения и модифицировать сеть фотоловушек на своей ООПТ. Многие результаты можно сразу же посмотреть в виде карты в ГИС нажатием одной кнопки.

Второй блок полностью посвящен различным специализированным анализам и сосредоточен уже на самих животных, а не на фотоловушках и локациях. Сначала идут сводные данные обо всех зарегистрированных видах в формате списка с общей информацией, числом фотографий, регистраций и локаций, где вид был отмечен.

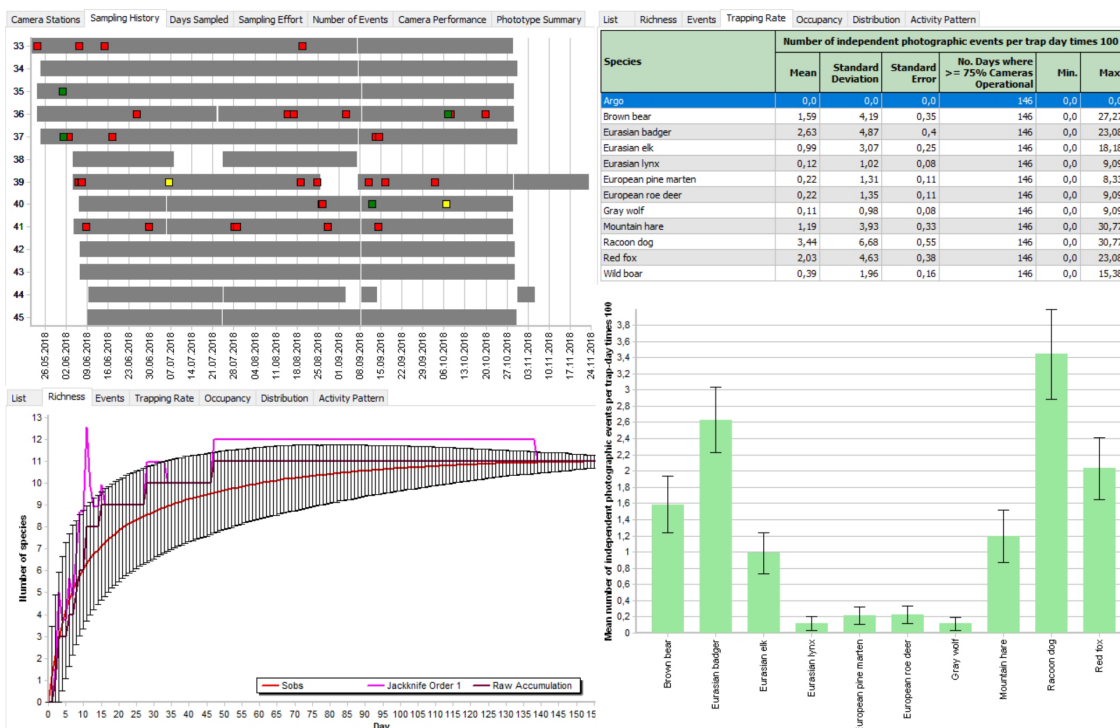
Далее при помощи пакета «BiodiversityR» прямо в СТАР можно построить различные аккумулятивные кривые, отражающие видовое разнообразие. Есть возможность вывести как сырую кривую роста числа видов, так и ее выровненную форму с доверительными интервалами, а также кривую, построенную по методу складного ножа первого порядка (Jackknife Order 1).

Следующим идет анализ по индексу относительного обилия (Trapping Rate). Для каждого вида программа рассчитывает значения RAI, который здесь называется Trapping Rate, его стандартное отклонение, ошибку среднего и размах. Визуализировать эти данные можно в виде столбчатых диаграмм. Таблицы и диаграммы могут быть представлены как по дням, так и в среднем за весь период исследований. Также можно проводить подробный анализ заселенности (Occupancy analysis) с помощью пакетов «unmarked» и «vegan».

Анализ временной активности представлен довольно поверхностно. Программа формирует таблицы регистраций по часам и на их основе строит столбчатые и круговые диаграммы. К сожалению, анализ ядерных плотностей не предусмотрен, несмотря на интеграцию с R.



**Fig. 8.** The ZSL CTAP software interface. The menu of viewing and editing the generated image table is shown. Red numbers indicate consecutive actions for tagging photos. 1) Select one or more entries in the table (photos). 2) Assigning two types of tags (type of photo and type of animal). 3) Detailed tagging in edit mode. Here you can register the form of behaviour, the number, gender and age of individuals.



**Fig. 9.** Some variants of the results of analysis and presentation of data provided for in ZSL CTAP. At the top left is the history of the work of all the locations with registrations of three species of large carnivores noted on them. At the top right is a table of calculated RAI with descriptive statistics for each type. Bottom left are the accumulative curves for the number of registered species with confidence intervals. Bottom right is a bar chart of tracing success for each species.

Возможности экспорта очень широкие. Так, таблицы можно сохранять в форматах CSV, JSON, TAB, XML, XLS, HTM. Предусмотрена возможность редактировать рисунки прямо в программе. Пользователь может сам настраивать размерность и отображение осей, фон, цвет и ширину линий, положение легенды и т.д. Затем экспорт производится сразу же в Excel, Word или просто копируется в буфер обмена. Таким образом, можно полностью подготовить график (или диаграмму) в СТАР и сразу же вставить его в отчет, презентацию или статью. Кроме этого, экспортировать можно не только сам рисунок, но и данные, на основе которых он построен. Это полезно, когда возникает необходимость заниматься графикой на основе полученных результатов в другом более подходящем ПО.

Отдельно стоит оговорить интеграцию с ГИС. Если у пользователя установлены QGIS, ArcReader (или ArcGIS целиком) или GoogleEarth, то программа интегрируется с ними. Таким образом, можно не только выводить отчетные данные в виде карт, но и проводить пространственный анализ, создавая карты распределения животных по территории, плотности населения и т.п. Правда для этого также придется потратить некоторое время на подготовительные работы: создать в ГИС рабочий набор и загрузить в него всю необходимую подложку, создать тематические шейп-слои, куда будут выводиться данные из СТАР, и поместить все это в отдельную папку. После этого все результаты анализов и отчеты, которые имеют географическую привязку, можно будет выводить в виде карт прямо из СТАР.

В настоящем кратком обзоре мы не в состоянии осветить и половину всех особенностей этой программы. Учитывая ее объемный функционал, помимо подробных руководств пользователя полезными являются подсказки и небольшие справки, которые расположены рядом с большинством команд и инструментов.

Подводя итог, можно сказать, что ZSL СТАР обладает функционалом TRAPPER, но не надо быть IT-специалистом, чтобы с ней работать. Она работает на пакетах R, но при этом пользователь не обязан знать сам язык R и писать скрипты вручную. Она может создавать разнообразные настраиваемые диаграммы, графики и таблицы, которые украсят любую Летопись Природы или научную статью. Есть специально предусмотренные возможности

для работы с видами, поддающимися индивидуальному распознаванию. В новой версии разработчики обещают еще больше расширить аналитические возможности своей программы, включая работу с видами без индивидуальных паттернов окраски. Если смириться с несколько неудобной системой тегирования и приспособиться к ней (или дождаться новой усовершенствованной версии), то в результате мы получим очень продуманное и полезное ПО для работы с данными фотоловушек, которое однозначно можно рекомендовать для изучения всем специалистам на ООПТ.

Ознакомиться с презентацией о программе и отчетами, выполненными на ее основе, можно на странице Лондонского зоологического общества (<https://www.zsl.org/zsl-camera-trap-data-management-and-analysis-package>). Получить саму программу и набор руководств пользователя можно, написав автору данной статьи или связавшись непосредственно с разработчиками по почте.

### ***QGIS Geotag and Import Photos u eVis***

Взаимодействие фотоловушек с ГИС – это еще слабо освоенное пространство для исследований. На сегодняшний день эти сферы пока что не сильно пересекаются, но возможности геоанализа данных с фотоловушек довольно велики и требуют отдельной подробной статьи. Здесь же мы ограничимся лишь кратким описанием некоторых технических инструментов для интеграции данных с фотоловушек в ГИС.

Ни одна из рассмотренных в данном обзоре программ не имеет своей ГИС-среды для пространственной работы с данными. За исключением интеграции со сторонними ГИС (ZSL СТАР), экспорта в KML (CPW Photo Warehouse) или шейп-файлы и построения собственных примитивных карт (camtrapR), все разобранные ПО бессильны в геоанализе. Именно поэтому мы рассмотрим одно из возможных решений данного вопроса, а именно плагины для QGIS под названиями «Geotag and Import Photos» и «eVis». В ArcGIS (Esri Inc.) есть немного похожий инструмент GeoTagged Photos to Point, но полноценная работа с ним требует лицензии не ниже уровня Standard, что уже выводит его за рамки свободного ПО. Поскольку нашей целью является обзор в первую очередь тех программ и инструментов, которые может без труда применять любой пользователь, мы остановимся конкретнее лишь на плагинах QGIS.

Geotag and Import Photos был разработан Александром Бруем (Alexander Bruy) совместно с Джованни Манги (Giovanni Manghi, NaturalGIS, <http://www.naturalgis.pt/>) и Лолитой Биззарри (Lolita Bizzarri, Museo Regionale di Scienze Naturali della Valle d'Aosta, <http://www.museoscienze.it/>) для среды ГИС-программы QGIS (<https://plugins.qgis.org/plugins/geotagphotos/>) специально для работы с данными фотоловушек. Он использует функциональные возможности все той же ExifTool, чтобы извлекать метаданные из изображений и присваивать им собственные теги. Подробнее о работе плагина написано в небольшом руководстве от разработчика (<https://bruy.me/?p=543>), поэтому мы не будем останавливаться на этом, а лишь перечислим возможности в работе с данными фотоловушек.

Во-первых, с помощью данного плагина можно очень быстро осуществить геотегирование всех своих фотографий (инструмент «Geo-Tag photos»). Если папки, в которых находятся файлы изображений, соотносятся с локациями, то можно просто указать координаты для каждой из них, задав их вручную. Но поскольку это неудобно, целесообразно сначала создать векторный слой точек – местоположения всех локаций фотоловушек на исследуемой территории. Затем можно загрузить атрибутивную таблицу такого слоя в качестве источника данных о пространственной информации, указав какой столбец отвечает за названия локаций. После этого остается задать путь папки для каждой локации, определиться с координатами и совершить геотегирование. Теперь у всех фотографий появятся значения координат в метаданных.

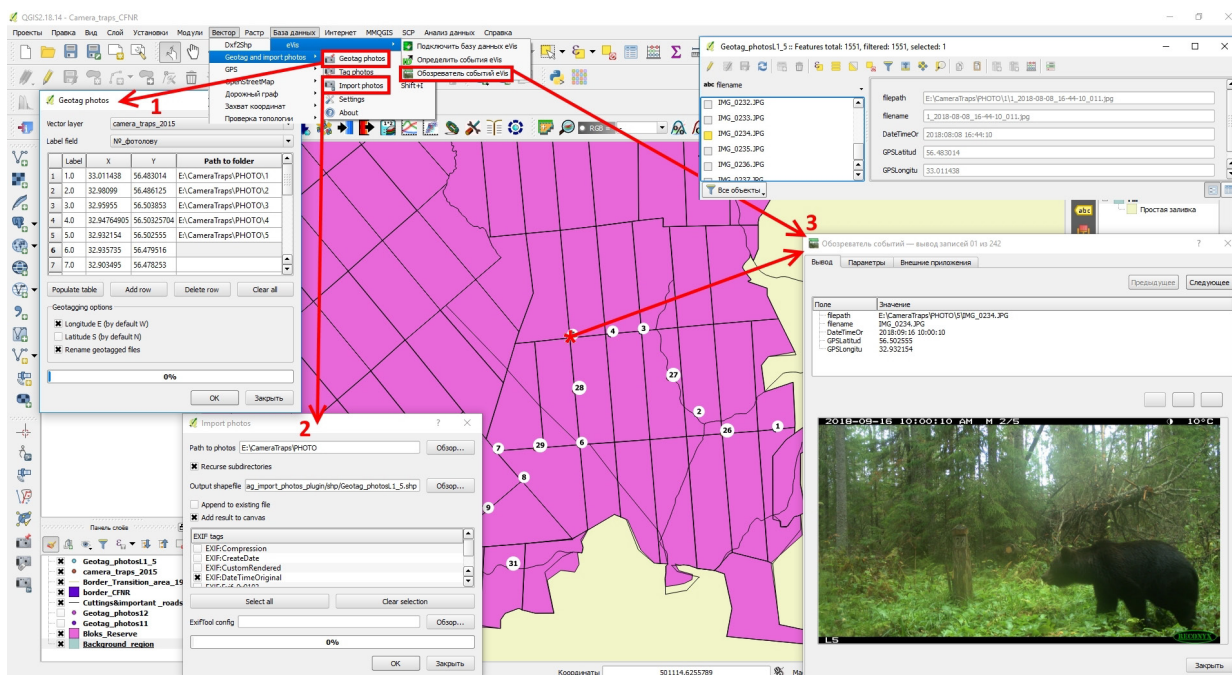
Во-вторых, все имеющиеся фотографии можно тегировать похожим образом (инструмент «Tag photos»). Им можно задавать/изменять как стандартные EXIF-теги, так и создавать свои собственные с помощью файла конфигурации (подробнее см. в руководстве). Правда не совсем понятно, как это может быть удобно для работы с фотоловушками. Такая схема тегирования предполагает предварительное размещение фотографий по папкам уже по видам, ведь в QGIS отсутствует инструмент для тегирования фотографий при их просмотре, а процедура тегирования просто присваивает указанные теги автоматически всем файлам в конкретной папке. На наш взгляд, это выглядит крайне неудобным и не практичным. Намного быстрее и удобнее записать все нужные теги (в том числе

пользовательские) в сами изображения можно в DigiKam, кстати, как и геотеги.

Третья функция плагина – это импорт метаданных изображений (инструмент «Import photos»). При загрузке фотографий (можно все папки сразу) плагин создает векторный шейп-файл на основе их геотегов. В результате получается слой с местоположениями локаций. Только в отличие от первой процедуры, в атрибутивной информации слоя записаны метаданные всех фотографий для каждой локации. Этот инструмент выглядит еще более удобным, когда пользователь имеет дело с изображениями фотоловушек, способных сразу же записывать географические координаты (т.е. уже с геотегированными фотографиями). При загрузке можно также выбрать, какие именно метаданные необходимо добавить в атрибутивные свойства создаваемого слоя (дату, координаты, вспышку и т.п.).

Сам по себе Geotag and Import Photos не позволяет просматривать изображения. Для этого необходимо установить другой предназначенный для этого плагин eVis ([https://docs.qgis.org/2.14/ru/docs/user\\_manual/plugins/plugins\\_evis.html](https://docs.qgis.org/2.14/ru/docs/user_manual/plugins/plugins_evis.html)), с помощью которого можно отображать и пролистывать фотографии с выбранной точки на карте (локации фотоловушки). Вместе с изображениями будут показаны их метаданные как встроенные, так и заданные пользователем (рис. 10).

При знакомстве с данными плагинами у нас возникло много вопросов о целесообразности их использования в работах с фотоловушками. Присвоить самим фотографиям геотеги можно во многих других программах (ExifTool, DigiKam) или просто добавить их уже после в итоговую таблицу. Значения координат очень легко присоединяются к строкам итоговой таблицы с помощью мерджирования (инструмент «Merge») по номерам локаций в Statistica (StatSoft, Inc.) или простой функцией в R (с командой «cbind»). С координатами локаций, которые потом будут также записаны в итоговую таблицу работают Wild.ID, CPW, CameraBase. Таким образом, существует много других довольно удобных возможностей построить итоговый CSV-файл с географическими координатами, на основании которого можно создать шейп-файл. В отличие от процесса тегирования в Geotag and Import Photos, в итоговой таблице, полученной с помощью другого ПО, будет содержаться уже вся необходимая информация и тегирование будет уже не нужно. Далее на основании создания подвыборки можно проводить пространственный анализ по интересующим нас вопросам.



**Рис. 10.** Интерфейс программы QGIS с подключенными плагинами Geotag and Import Photos и eVis. Показан слой точек локаций фотоловушек, созданный путем импорта геотегированных изображений. Красными цифрами обозначены последовательные действия для геотегирования фотографий, их загрузки и отображения. 1) Запуск команды плагина «Geotag photos», загрузка координат локаций из шейп-файла, указание путей к папкам с файлами изображений. 2) Запуск команды плагина «Import photos», указание папки импорта фотографий и метаданные EXIF, которые необходимо импортировать в атрибутивную таблицу слоя. 3) Запуск обозревателя событий eVis, где возможен просмотр всех фотографий с выбранной локацией (выделена красной звездочкой на карте). Также открыта таблица с атрибутивной информацией слоя.

**Fig. 10.** The QGIS software interface with the connected plugins «Geotag and Import Photos» and «eVis». A vector layer of camera trap locations is shown (white dots), created by importing geo-tagged images. Red numbers denote sequential actions for geotagging photos, upload and display them. 1) Run the command of the «Geotag photos», load coordinates of locations from the shapefile, specify paths to folders with image files. 2) Run the command «Import photos», specify the folder for importing photos and EXIF metadata to be imported into the attribute table. 3) Launch of the Event Browser in the «eVis», where you can view all the photos from the selected location (highlighted with a red asterisk on the map). Also opens a table with attribute information layer.

В ArcGIS есть очень похожий инструмент, который называется GeoTagged Photos to Point. Он работает уже с геотегированными фотографиями и также создает на их основе векторные шейп-файлы (<http://www.esri.com/news/arcwatch/0912/import-geotagged-photos-into-arcmap.html>). При загрузке геотегов можно указать также загрузку самих фотографий, которые будут размещены в базе геоданных (GDB). Обращаться к ним и выводить на экран можно с помощью HTML-запросов.

Подробнее о применении плагина Geotag and Import Photos можно ознакомиться в блоге природоохранного ГИС-специалиста Антона Биатова (<https://gis-naturalist.blogspot.com/2018/09/geophoto-for-map.html#more>), а с плагином eVis – по следующей ссылке ([https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/evis/documentation.php](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/evis/documentation.php)).

### Snoopy

Поскольку эта программа была создана в первую очередь для проведения анализов с по-

вторным отловом, ее рассмотрение выходит за рамки нашего обзора. Тем не менее, знакомство с ней, возможно, будет полезным специалистам, работающим с видами крупных кошачьих.

Программа построена на СУБД SQL, поэтому для ее работы будет необходимо установить SQLServer (ОС Windows) или MySQL (ОС Mac). Пакеты установщиков имеют приличный вес (более 800 Мб), требуют Интернет-подключения, да и сама установка может вызвать некоторые сложности. К счастью, автор подготовил подробные видео уроки, по которым можно выполнить весь ход установки без проблем. Еще одной преградой может стать отсутствие файла SQL-конфигурации в последнем пакете программы (версия 2.0). В таком случае советуем скачать прежнюю версию 1.0 и взять данный файл оттуда (<http://www.sturnusvulgaris.com/snoopy/index.html>).

Получить первичное представление о работе и возможностях программы можно из презентации ее автора (<https://prezi.com/xqoogmni0yму/>

snoopy/?utm\_campaign=share&utm\_medium=copy). Посмотреть подробные видео по установке программы и работе с ней можно по ссылке (<https://vimeo.com/channels/871964>) или на официальном сайте проекта (<http://www.tulsasoft.com/snoopy/>).

## TRAPPER

Данное ПО создано на платформе веб-приложения для организации, классификации и хранения данных с фотоловушек (Bubnicki et al., 2016). Оно написано на языке Python и разработано как свободное и открытое веб-приложение, предназначенное для различных проектов с фотоловушками. Разработчики отдельно отмечают пригодность TRAPPER как для крупных проектов, так и для небольших исследований. Сначала программа была разработана для большого проекта с фотоловушками (больше 1000 локаций и 30 000 фото и видео) по исследованию размещений копытных животных в Беловежской Пуще (Białowieża Primeval Forest, Польша).

Программа состоит из двух основных компонентов: базы данных, где хранится вся информация, и веб-приложения на основе интернет-браузера, где производится управление и анализ. База данных (data basemanagement system (RDBMS)) построена на источнике PostgreSQL с расширением PostGIS для пространственных запросов. Веб-приложение написано на Django, языке на основе Python для создания веб-приложений.

TRAPPER поддерживает не только формат фото, но и видео, а также веб-карты. Благодаря API (Application Programming Interface), доступ к данным фотоловушек возможен напрямую из других различных программ (например, QGIS, R, Python, VIS-Trails; Scotson et al., 2017). Существует возможность одновременной работы нескольких пользователей, в том числе при тегировании изображений.

К сожалению, как отмечено самими разработчиками, для успешной работы и поддержания базы данных в рабочем состоянии от пользователя требуются некоторые навыки IT-специалиста, поэтому данная программа не может быть рекомендована для широко круга исследователей и не рассматривается нами подробно.

Ниже мы частично осветим тему проект-ориентированных ПО и онлайн-сервисов по фотоловушкам. Несмотря на то, что веб-

платформы для работы с фотоловушками уже давно стали обычными в зарубежных странах, на российских ООПТ это, к сожалению, пока не может рассматриваться как данность из-за слабой технической оснащенности Интернет-соединений и удаленности многих территорий от зон устойчивого покрытия связью. Главными преимуществами таких веб-сервисов являются: обработка очень большого числа изображений за относительно короткое время с привлечением сторонних сил; возможность создания крупных международных проектов (или национальных со многими локалитетами) и исследовательских сетей; привлечение внимания общественности к решаемой проблеме. Прежде всего, будет уместно обозначить такие наиболее популярные платформы, как eMammal, Agouti и Western Shield. Также стоит упомянуть активно набирающие популярность сервисы с привлечением волонтеров, такие как Snapshot Serengeti и другие, а также такой глобальный репозиторий данных фотоловушек, как Wildlife Insights.

## eMammal

eMammal была разработана для крупномасштабных проектов с участием множества волонтеров (так называемых, «граждан-ученых» или citizen scientist) для установки и сбора данных с фотоловушек (Forrester et al., 2013). Эта программа включает в себя четыре основных компонента: настольное приложение Leopold для просмотра, тегирования и загрузки фотографий с фотоловушки; экспертное средство проверки качества тегирования (Expert Review Tool, ERT); хранилище данных для архивирования одобренных изображений; и веб-платформу для управления исследованиями, доступа к данным и их анализа (McShea et al., 2016). Изображения свободно хранятся в Смитсоновском репозитории данных (Smithsonian Data Repository) и доступны для общественности с вариантами эмбарго на 1–3 года или постоянным эмбарго на данные редких и исчезающих видов. Пользователи могут тегировать свои любимые фотографии и делиться ими на своих веб-сайтах или через социальные сети. Настольное приложение Leopold позволяет быстро осуществлять процесс видового тегирования как волонтерами, так и исследователями. Результаты такого определения обязательно подвергаются процедуре проверки качества идентификации видов через веб-инструмент Expert Review Tool (ERT). Пользователи могут решить, следует ли откры-



вать общественный доступ к проекту и привлекать в качестве исполнителей волонтеров или разделить изображения для видовой идентификации только среди исследователей (Scotson et al., 2017). Существует необходимость однократного платежа за создание пользовательской домашней страницы и организации структуры проекта на основе предоставленной информации. Помимо этого, будет необходимо также заплатить за аренду облачного хранилища во время процессов загрузки, хранения и тегирования изображений. Ежемесячная стоимость рассчитывается за каждый месяц активной работы одной локации и колеблется от 3.87 \$ до 4.19 \$ США в зависимости от количества месяцев и локаций (чем больше их у пользователя, тем меньше он платит за каждую единицу; [www.emammal.si.edu/](http://www.emammal.si.edu/)).

### *Agouti*

К большому сожалению, данная программа является крайне ограниченной в использовании. Чтобы получить к ней доступ, необходимо быть участником любого из проектов, зарегистрированных в системе. Так, после регистрации на официальном сайте (<https://www.agouti.eu/>), необходимо отправить запрос на авторизацию одному из координаторов проекта, кто может подтвердить участие пользователя. Только после этого учетная запись может быть авторизована в системе и открывается доступ ко всем возможностям Agouti. Кроме этого, если пользователь захочет, чтобы его проект также был размещен на данной платформе, будет необходимо заключить договорные соглашения и внести некоторую сумму, поскольку плата за хостинг, техническую поддержку и дальнейшую разработку Agouti лежит на ее пользователях. Исключение делается только для студентов и аспирантов. Впрочем, были сообщения об открытии свободного доступа к данному ПО в ближайшем будущем (Scotson et al., 2017). Нам известно, что Agouti работает как с фото, так и с видео (AVI, MOV, MP4), а вскоре появится облачный репозиторий для хранения данных, совместимый с такими хранилищами как Smithsonian eMammal и Wildlife Insight (Scotson et al., 2017).

### *Платформа Zooniverse: Snapshot Serengeti и Camera CAtalogue*

Для крупномасштабных долгосрочных проектов, ежегодно получающих миллионы изображений, можно использовать недавно

появившиеся сервисы, предоставляемые платформой Zooniverse ([www.zooniverse.org](http://www.zooniverse.org)). Помимо онлайн-хранения фотографий, Zooniverse предлагает исследователям возможность увеличить общественную доступность проектов и воспользоваться преимуществами привлечения к работе с данными волонтеров и граждан-исследователей. Двумя из самых ранних и широко известных проектов Zooniverse с фотоловушками являются Snapshot Serengeti и Camera CAtalogue. На сегодняшний день на этой платформе развернулось 13 проектов по фотоловушкам со всего мира.

Snapshot Serengeti – это краудсорсинговая онлайн-платформа, где силами волонтеров идет обработка огромного массива данных ([www.snapshotserengeti.org](http://www.snapshotserengeti.org)). Она входит в проект Serengeti Lion в национальном парке Серенгети (Танзания), в рамках которого размещена постоянная мониторинговая сеть из 225 фотоловушек (Hines et al., 2015; Swanson et al., 2016). Проект CAtalogue создан организацией Panthera и проводит глобальные мониторинговые исследования по семи видам крупных кошек (<https://www.zooniverse.org/projects/panthera-research/camera-catalogue>). В настоящее время в проекте задействовано более 13 000 волонтеров, которые обрабатывают более 20 000 изображений в день. Волонтерам представляют фотографии и просят их определить, есть ли на них животные, какого вида, в каком количестве и какая сторона тела животного видна на снимке. Определение вида происходит с помощью предопределенного списка существующих видов в этом районе. Волонтеры могут проверить правильность определения, сравнив животное на своей фотографии с ранее подтвержденными видами на других изображениях. Специальные алгоритмы идентифицируют неопределенные изображения, требующие экспертной оценки, путем выбора тех, которые не достигают консенсуса во время классификации. Оценки точности, рассчитанные для каталога камер и снимков Serengeti, составляют 96.0% и 97.9% соответственно (Swanson et al., 2016; R. Pitman personal communication, 2017 цит. по: Scotson et al., 2017). Эти платформы производят выходные данные, которые могут быть объединены с пакетами R, такими как CamtrapR, для создания целостной системы управления данными. На сегодняшний день выполнено более 1.2 млн. определений.

Помимо описанных двух проектов на площадке Zooniverse постоянно появляются новые

проекты с фотоловушками. Так, сразу несколько крупных исследований проходят в Африке. Среди них WildCam Gorongosa (Национальный парк Горонгоза, Мозамбик), где уже участвуют 30 035 волонтеров, которые обработали 280 707 изображений (<https://www.wildcamgorongosa.org/#/>), а также South Sudan DiversityCam, Snapshot Grumeti и Snapshot Ruaha (все в Танзании), проекты из штата Небраска (США), Нидерландов, Амазонки и многие другие.

### *Western Shield*

Еще один похожий проект – австралийский «Западный Щит». Western Shield – это финансируемая государством программа по контролю за воздействием интродуцированных хищников (главным образом, лисиц и одичавших кошек) на экосистемы Западной Австралии, которая действует в стране с 1996 г. (<https://www.zooniverse.org/projects/birgus2/western-shield-camera-watch>). Ключевой частью программы является наблюдение за животными с помощью фотоловушек, которые установлены в лесных массивах, где обитают кошки и лисицы и там, где их еще не фиксировали. Камеры собирают тысячи изображений в день, гораздо больше, чем способен обрабатывать научный персонал проекта. Каждый желающий может войти в систему и помочь в обработке данных, которые постоянно поступают в облачное хранилище. Волонтерам предлагается определить вид животного и количество особей. В помощь предложена система продуманных визуальных фильтров, где даже человек, незнакомый с фауной Австралии, может по контуру, узору на теле или цвету выбрать нужный вид. Здесь же приводятся всевозможные подсказки и полевые справочники, призванные помочь в определении. Результаты такой работы помогут понять, насколько эффективно управление популяциями хищных зверей в регионе. На сегодняшний день в программе задействовано 5204 волонтера, которыми обработано 10 637 изображений.

### *Wildlife Insights*

Wildlife Insights – это очень продуманная система облачного хранения данных с фотоловушек, их подробного анализа, построения разнообразных отчетов и визуализации результатов в виде графиков, схем и карт (<https://www.wildlifeinsights.org/>). **Обладая алгоритмами машинного обучения**, она способна автоматически находить животное на фотографии и опознавать

его. Любой желающий может зарегистрироваться в системе и загрузить туда свои изображения, чтобы потом иметь возможности их тегировать, обрабатывать и анализировать. Wildlife Insights полностью интегрируется с дружественными платформами, такими как eMammal и Wild.ID. Проект стартует весной 2019 г.

### **Заключение**

Некоторые итоги сравнения рассмотренных программ приведены в таблице (табл. 2). Как видно из представленного обзора, разнообразие ПО для работы с данными фотоловушек достаточно велико. Все эти программы очень разные, они создавались отдельными разрозненными коллективами и преследовали различные задачи, несмотря на общую цель. Многие из них были разработаны под специальные проекты и не ориентировались на использование широкой публикой (DeskTEAM, Agouti, TRAPPER). Другие, напротив, создавались как универсальные и общедоступные, способные удовлетворить потребности совершенно разных исследователей. При этом некоторые оказались не совсем удобными в использовании (PhotoSpread, CameraBase, SpeedyMouse, ViXeN, Aardwolf), другие обладают определенными ограничениями, связанными с производителем фотоловушек (TrophyRoom). Есть и такие, что стали недоступны в последнее время для работы (Camera Trap Manager). Но все-таки существуют программы, которые оказались наиболее оптимальными и удобными в использовании (MapView, Wild.ID, Camelot, camtrapR, CPW Photo Warehouse, ZSL STAP). Это универсальные решения, пригодные для большинства исследовательских задач в работе с фотоловушками. Именно их мы можем рекомендовать для широкого круга исследователей на ООПТ. Для тех специалистов, кто работает в основном с видеофайлами, мы рекомендуем использовать ViXeN или MapView в паре с программой-конвертером Format Factory ([www.pcfreetime.com](http://www.pcfreetime.com)). Если приоритетной задачей является пространственный анализ данных и взаимодействие с ГИС, то оптимальным решением будет использовать ZSL STAP, а пользователям QGIS, возможно, будет удобнее работать с плагином Geotag and Import Photos. **Подобная разнородность программ** еще раз подтверждает признанную необходимость в унификации и разработке единых стандартов для подобного рода ПО.

**Таблица 2.** Сравнение характеристик работы и возможностей некоторых рассмотренных программ  
**Table 2.** Comparison of work characteristics and abilities of observed software

ПО	Speedy Mouse	Trophy Room	ViXeN	camtrapR	Wild.ID	Camelot	CPW Photo Warehouse	ZSL CTAP
Поддержка	создано под Reconyx	создано под Cuddeback	все модели камер	все модели камер	все модели камер	все модели камер	все модели камер	все модели камер
Уровень интерфейса	низкий	средний	средний	низкий	высокий	высокий	высокий	высокий
Удобство тегирования	низкое	среднее	среднее	нет	высокое	высокое	высокое	среднее
Удобство организации данных	низкое	низкое	низкое	низкое	высокое	высокое	высокое	высокое
Возможности анализа данных	нет	только для Cuddeback	нет	высокие	нет	средние	средние	высокие
Создание отчетов	нет	нет	нет	есть	есть	есть	есть	есть
Работа с видео	нет	нет	есть	нет	нет	нет	нет	нет
Интеграция с ГИС	нет	нет	нет	только экспорт в SHP	нет	нет	только экспорт в KML	Полная: QGIS, ArcGIS, GoogleEarth
Формат экспорта	CSV	нет	CSV	CSV, R	CSV, XLS	CSV	XLS, KML	CSV, XLS, XML, DOC, HTM, TAB, JSON
Возможность переноса БД	нет	нет	XLS	CSV	есть	нет	есть	есть

Отдельно стоят программы обработки и тегирования изображений, не приспособленные специально для работы с фотоловушками. Среди них DigiKam, PLE, Adobe Lightroom и др. О них мы намеренно не упоминали, поскольку это уже выходит за пределы нашего исследования.

При обсуждении программ мы руководствовались личным опытом их использования, и наши оценки не призваны объективно отражать то или иное ПО. Перед выбором конкретного решения, мы настоятельно рекомендуем пользователям самостоятельно ознакомиться с описанными программами (как минимум, с теми, что мы советуем) и составить свое собственное впечатление от работы с ними. Мы вполне допускаем, что в своей работе могли не полностью освоить возможности некоторых программ, а наши советы по их использованию могут быть неполными.

Каким же должно быть оптимальное ПО для работы с данными фотоловушек? В своей статье Джейкоб Иван и Эрик Ньюкирк высказали минимальные требования к такой программе. Во-первых, она должна уметь автоматически импортировать фотографии и их метаданные в БД, минимизируя ошибки при вводе данных. Во-вторых, она должна иметь все необходимые инструменты для быстрой и корректной идентификации видов на огромном множестве фотографий. Обязательными должны быть возможности пакетного тегирования, многопользовательского тегирования и проверки качества определений несколькими независимыми экспертами. В-третьих, ПО должно обладать системой удобных запросов

и быстрого поиска. В-четвертых, системой автоматической компоновки и создания отчетов и, наконец, в-пятых, экспортом данных в формат, пригодный для статистической обработки (Ivan & Newkirk, 2016). В своей монографии Франческо Роверо и Фридолин Циммерманн справедливо отметили, что многие существующие программы для работы с данными фотоловушек не учитывают одно важное обстоятельство – обработку видеоданных (Rovero & Zimmermann, 2016). Мы согласны с мнением представленных авторов и от себя хотим добавить, что поскольку видеоловушки стремительно набирают популярность в исследованиях, необходимость поддержки видеоформата данных действительно становится минимальным требованием. Кроме того, алгоритмы автоматического распознавания изображений и машинное обучение, ставшие обычными уже во многих сферах человеческой жизни, все больше входят и в практику анализа данных с фотоловушек (Swinnen et al., 2014; Norouzzadeh et al., 2018). Вполне возможно, что уже в ближайшем будущем технологии позволят сократить время обработки изображений в несколько раз и минимизировать участие человека в этом процессе.

## Литература

- Желтухин А.С., Огурцов С.С. 2018. Фотоловушки в мониторинге лесных млекопитающих и птиц. Тверь: Полипресс. 54 с.
- Огурцов С.С., Волков В.П., Желтухин А.С. 2017. Обзор современных способов хранения, обработки и ана-

- лиза данных с фотоловушек в зоологических исследованиях // Nature Conservation Research. Заповедная наука. Т. 2(1). С. 73–98. DOI: 10.24189/ncr.2017.057
- Amin R., Wacher T. 2017. A new comprehensive package for the management and analysis of camera trap data for monitoring antelopes and other wild species // *Gnusletter*. Vol. 34(2). P. 21–23.
- Barrueto M., Clevenger A.P., Dorsey B., Ford A.T. 2013. A better solution for photo-classification, automatic storage and data input of camera data from wildlife crossing structures // *International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013)*. Scottsdale, Arizona, USA. P. 1–11.
- Bolger D.T., Morrison T.A., Vance B., Lee D., Farid H. 2012. A computer-assisted system for photographic mark-recapture analysis // *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. 3(5). P. 813–822. DOI: 10.1111/j.2041-210X.2012.00212.x
- Bubnicki J.W., Churski M., Kuijper D.P.J. 2016. TRAPPER: An open source web-based application to manage camera trapping projects // *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. 7(10). P. 1209–1216. DOI: 10.1111/2041-210X.12571
- Burton A.C., Neilson E., Moreira D., Ladle A., Steenweg R., Fisher J.T., Bayne E., Boutin S. 2015. Wildlife camera trapping: A review and recommendations for linking surveys to ecological processes // *Journal of Applied Ecology*. Vol. 52(3). P. 675–685. DOI: 10.1111/1365-2664.12432
- Efford M.G. 2015. Package ‘secr’: Spatially explicit capture-recapture. Version 2.9.3. Available from <http://cran.r-project.org/web/packages/secr/secr.pdf>
- Fiske I.J., Chandler R.B. 2011. Unmarked: An R package for fitting hierarchical models of wildlife occurrence and abundance // *Journal of Statistical Software*. Vol. 43(10). P. 1–23. DOI: 10.18637/jss.v043.i10
- Forrester T., McShea W.J., Kays R.W., Costello R., Baker M., Parsons A. 2013. eMammal – Citizen science camera trapping as a solution for broad-scale, long-term monitoring of wildlife populations // *Sustainable Pathways: Learning from the Past and Shaping the Future*, 98th ESA Annual Convention. Minneapolis, USA.
- Harvey P. 2015. ExifTool: Read, write and edit meta information. Version 10.05. Available from <http://www.sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/>
- Hendry H., Mann C. 2018. Camelot – Intuitive software for camera-trap data management // *Oryx*. Vol. 52(1). P. 15–15. DOI: 0.1017/S0030605317001818
- Hines G., Swanson A., Kosmala M., Lintott C. 2015. Aggregating user input in ecology citizen science projects // *Proceedings of the Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence (Austin, Texas, 25–30 January 2015)*. Austin, Texas. P. 3975–3980.
- Hines J.E. 2017. PRESENCE 12.1. Software to estimate patch occupancy and related parameters. Available from <https://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html>
- Ivan J.S., Newkirk E.S. 2016. CPW Photo Warehouse: A custom database to facilitate archiving, identifying, summarizing and managing photo data collected from camera traps // *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. 7(4). P. 499–504. DOI: 10.1111/2041-210X.12503
- Laake J.L. 2014. RMark: An R Interface for Analysis of Capture-Recapture Data with MARK. Available from <http://cran.r-project.org/web/packages/RMark/index.html>
- López-Tello E., Mandujano S. 2017. Paquete camtrapR para gestionar datos de foto-trampeo: aplicación en la reserva de biosfera tehuacán-cuicatlán // *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época*. Vol. 7(2). P. 13–37.
- Mandujano S. 2017. Monitoreo de la biodiversidad de mamíferos en áreas naturales protegidas empleando cámaras-trampa: sugerencias de herramientas para la gestión y el análisis numérico de las fotos // *Paraquaria Natural*. Vol. 5(1). P. 22–31.
- McShea W.J., Forrester T., Costello R., He Z., Kays R. 2016. Volunteer-run cameras as distributed sensors for macro-system mammal research // *Landscape Ecology*. Vol. 31(1). P. 55–66. DOI: 10.1007/s10980-015-0262-9
- Niedballa J., Sollmann R., Courtiol A., Wilting A. 2016. camtrapR: An R package for efficient camera trap data management // *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. 7(12). P. 1457–1462. DOI: 10.1111/2041-210X.12600
- Norouzzadeh M.S., Nguyen A., Kosmala M., Swanson A., Palmer M.S., Packer C., Clune J. 2018. Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol. 115(25). P. E5716–E5725. DOI: 10.1073/pnas.1719367115
- Orrell T., Nicolson D. 2018. ITIS Global: The Integrated Taxonomic Information System (version Jun 2017) // *Species 2000 & ITIS Catalogue of Life (24 September 2018)* / Y. Roskov, G. Ower, T. Orrell, D. Nicolson, N. Bailly, P.M. Kirk, T. Bourgoin, R.E. DeWalt, W. Decock, A. De Wever, E. van Nieukerken, J. Zarucchi, L. Penev (Eds.). Naturalis, Leiden (Netherlands): Species 2000. Available from [www.catalogueoflife.org/col](http://www.catalogueoflife.org/col)
- R Development Core Team. 2018. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Available from <http://www.R-project.org>
- Ramachandran P., Devarajan K. 2018. ViXen: An open-source package for managing multimedia data // *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. 9(3). P. 785–792. DOI: 10.1111/2041-210X.12892
- Rovero F., Zimmermann F. 2016. *Camera Trapping for Wildlife Research*. Exeter: Pelagic Publishing, UK. 433 p.
- Rowcliffe J.M., Carbone C. 2008. Surveys using camera traps: Are we looking to a brighter future? // *Animal Conservation*. Vol. 11(3). P. 185–186. DOI: 10.1111/j.1469-1795.2008.00180.x
- Scotson L., Johnston L.R., Iannarilli F., Wearn O.R., Mohd-Azlan J., Wong W., Gray T.N.E., Dinata Y., Suzuki A., Willard C.E., Frechette J., Loken B., Steinmetz R., Moßbrucker A.M., Gopalasamy R.C., Fieberg J. 2017. Best practices and software for the management and sharing of camera trap data for small and large scales studies // *Remote Sensing in Ecology & Conservation*. Vol. 3(3). P. 158–172. DOI: 10.1002/rse2.54
- Spoelstra K. 2016. SpeedyMouse 2.2 for the analysis of camera trap images. Software Manual. DOI: 10.13140/RG.2.1.4076.5528.

- Steenweg R., Hebblewhite M., Kays R., Ahumada J., Fisher J.T., Burton C., Townsend S.E., Carbone A., Rowcliffe M., Whittington J., Brodie J., Royle A., Switalski A., Clevenger A.P., Heim N., Rich L.N. 2016. Scaling-up camera traps: Monitoring the planet's biodiversity with networks of remote sensors // *Frontiers in Ecology and the Environment*. Vol. 15(1). P. 26–34. DOI: 10.1002/fee.1448
- Swanson A., Kosmala M., Lintott C., Packer C. 2016. A generalized approach for producing, quantifying, and validating citizen science data from wildlife images // *Conservation Biology*. Vol. 30(3). P. 520–531. DOI: 10.1111/cobi.12695
- Swinnen K.R.R., Reijnders J., Breno M., Leirs H. 2014. A novel method to reduce time investment when processing videos from camera trap studies // *PLoS ONE*. Vol. 9(6). Article e98881. DOI: 10.1371/journal.pone.0098881
- Tobler M. 2015. Camera Base. Version 1.7. User Guide. 38 p.
- Wong W.-M., Kachel S. 2016. Camera trapping: Advancing the technology // *Snow leopards. Biodiversity of the world: Conservation from genes to landscapes* / T. McCarthy, D. Mallon, P.J. Nyus (Eds.). London, UK: Academic Press. P. 383–394. DOI: 10.1016/B978-0-12-802213-9.00028-6
- Young S., Rode-Margono J., Amin R. 2018. Software to facilitate and streamline camera trap data management: A review // *Ecology and Evolution*. Vol. 8(19). P. 9947–9957. DOI: 10.1002/ece3.4464
- Forrester T., McShea W.J., Keys R.W., Costello R., Baker M., Parsons A. 2013. eMammal – Citizen science camera trapping as a solution for broad-scale, long-term monitoring of wildlife populations. In: *Sustainable Pathways: Learning from the Past and Shaping the Future, 98th ESA Annual Convention*. Minneapolis, USA.
- Harvey P. 2015. *ExifTool: Read, write and edit meta information. Version 10.05*. Available from <http://www.sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/>
- Hendry H., Mann C. 2018. Camelot – Intuitive software for camera-trap data management. *Oryx* 52(1): 15–15. DOI: 0.1017/S0030605317001818
- Hines G., Swanson A., Kosmala M., Lintott C. 2015. Aggregating user input in ecology citizen science projects. In: *Proceedings of the Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence (Austin, Texas, 25–30 January 2015)*. Austin, Texas. P. 3975–3980.
- Hines J.E. 2017. *PRESENCE 12.1. Software to estimate patch occupancy and related parameters*. Available from <https://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html>
- Ivan J.S., Newkirk E.S. 2016. CPW Photo Warehouse: A custom database to facilitate archiving, identifying, summarizing and managing photo data collected from camera traps. *Methods in Ecology and Evolution* 7(4): 499–504. DOI: 10.1111/2041-210X.12503
- Laake J.L. 2014. *RMark: An R Interface for Analysis of Capture-Recapture Data with MARK*. Available from <http://cran.r-project.org/web/packages/RMark/index.html>
- López-Tello E., Mandujano S. 2017. Paquete camtrapR para gestionar datos de foto-trampeo: aplicación en la reserva de biosfera tehuacán-cuicatlán. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época* 7(2): 13–37.
- Mandujano S. 2017. Monitoreo de la biodiversidad de mamíferos en áreas naturales protegidas empleando cámaras-trampa: sugerencias de herramientas para la gestión y el análisis numérico de las fotos. *Paraquaria Natural* 5(1): 22–31.
- McShea W.J., Forrester T., Costello R., He Z., Kays R. 2016. Volunteer-run cameras as distributed sensors for macro-system mammal research. *Landscape Ecology* 31(1): 55–66. DOI: 10.1007/s10980-015-0262-9
- Niedballa J., Sollmann R., Courtiol A., Wilting A. 2016. camtrapR: An R package for efficient camera trap data management. *Methods in Ecology and Evolution* 7(12): 1457–1462. DOI: 10.1111/2041-210X.12600
- Norouzzadeh M.S., Nguyen A., Kosmala M., Swanson A., Palmer M.S., Packer C., Clune J. 2018. Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115(25): E5716–E5725. DOI: 10.1073/pnas.1719367115
- Ogurtsov S.S., Volkov V.P., Zheltukhin A.S. 2017. Review of some actual methods of storage, processing and analysis of data from camera traps in zoological research. *Nature Conservation Research* 2(1): 73–98. DOI: 10.24189/ncr.2017.057 [In Russian]
- Orrell T., Nicolson D. 2018. ITIS Global: The Integrated Taxonomic Information System (version Jun 2017). In: Y. Roskov, G. Ower, T. Orrell, D. Nicolson, N. Bailly,

## References

- Amin R., Wacher T. 2017. A new comprehensive package for the management and analysis of camera trap data for monitoring antelopes and other wild species. *Gnusletter* 34(2): 21–23.
- Barrueto M., Clevenger A.P., Dorsey B., Ford A.T. 2013. A better solution for photo-classification, automatic storage and data input of camera data from wildlife crossing structures. In: *International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013)*. Scottsdale, Arizona, USA. P. 1–11.
- Bolger D.T., Morrison T.A., Vance B., Lee D., Farid H. 2012. A computer-assisted system for photographic mark-recapture analysis. *Methods in Ecology and Evolution* 3(5): 813–822. DOI: 10.1111/j.2041-210X.2012.00212.x
- Bubnicki J.W., Churski M., Kuijper D.P.J. 2016. TRAPPER: An open source web-based application to manage camera trapping projects. *Methods in Ecology and Evolution* 7(10): 1209–1216. DOI: 10.1111/2041-210X.12571
- Burton A.C., Neilson E., Moreira D., Ladle A., Steenweg R., Fisher J.T., Bayne E., Boutin S. 2015. Wildlife camera trapping: A review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology* 52(3): 675–685. DOI: 10.1111/1365-2664.12432
- Efford M.G. 2015. *Package 'secr': Spatially explicit capture-recapture. Version 2.9.3*. Available from <http://cran.r-project.org/web/packages/secr/secr.pdf>
- Fiske I.J., Chandler R.B. 2011. Unmarked: An R package for fitting hierarchical models of wildlife occurrence and abundance. *Journal of Statistical Software* 43(10): 1–23. DOI: 10.18637/jss.v043.i10

- P.M. Kirk, T. Bourgoïn, R.E. DeWalt, W. Decock, A. De Wever, E. van Nieukerken, J. Zarucchi, L. Penev (Eds.): *Species 2000 & ITIS Catalogue of Life (24 September 2018)*. Naturalis, Leiden (Netherlands): Species 2000. Available from [www.catalogueoflife.org/col](http://www.catalogueoflife.org/col).
- R Development Core Team. 2018. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Available from <http://www.R-project.org>
- Ramachandran P., Devarajan K. 2018. ViXeN: An open-source package for managing multimedia data. *Methods in Ecology and Evolution* 9(3): 785–792. DOI: 10.1111/2041-210X.12892
- Rovero F., Zimmermann F. 2016. *Camera Trapping for Wildlife Research*. Exeter: Pelagic Publishing, UK. 433 p.
- Rowcliffe J.M., Carbone C. 2008. Surveys using camera traps: Are we looking to a brighter future? *Animal Conservation* 11(3): 185–186. DOI: 10.1111/j.1469-1795.2008.00180.x
- Scotson L., Johnston L.R., Iannarilli F., Wearn O.R., Mohd-Azlan J., Wong W., Gray T.N.E., Dinata Y., Suzuki A., Willard C.E., Frechette J., Loken B., Steinmetz R., Moßbrucker A.M., Gopalasamy R.C., Fieberg J. 2017. Best practices and software for the management and sharing of camera trap data for small and large scales studies. *Remote Sensing in Ecology & Conservation* 3(3): 158–172. DOI: 10.1002/rse2.54
- Spoelstra K. 2016. *SpeedyMouse 2.2 for the analysis of camera trap images*. Software Manual. DOI: 10.13140/RG.2.1.4076.5528.
- Steenweg R., Hebblewhite M., Kays R., Ahumada J., Fisher J.T., Burton C., Townsend S.E., Carbone A., Rowcliffe M., Whittington J., Brodie J., Royle A., Switalski A., Clevenger A.P., Heim N., Rich L.N. 2016. Scaling-up camera traps: Monitoring the planet's biodiversity with networks of remote sensors. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15(1): 26–34. DOI: 10.1002/fee.1448
- Swanson A., Kosmala M., Lintott C., Packer C. 2016. A generalized approach for producing, quantifying, and validating citizen science data from wildlife images. *Conservation Biology* 30(3): 520–531. DOI: 10.1111/cobi.12695
- Swinnen K.R.R., Reijnders J., Breno M., Leirs H. 2014. A novel method to reduce time investment when processing videos from camera trap studies. *PLoS ONE* 9(6): e98881. DOI: 10.1371/journal.pone.0098881
- Tobler M. 2015. *Camera Base. Version 1.7*. User Guide. 38 p.
- Wong W.-M., Kachel S. 2016. Camera trapping: Advancing the technology. In: T. McCarthy, D. Mallon, P.J. Nyus (Eds.): *Snow leopards. Biodiversity of the world: Conservation from genes to landscapes*. London, UK: Academic Press. P. 383–394. DOI: 10.1016/B978-0-12-802213-9.00028-6
- Young S., Rode-Margono J., Amin R. 2018. Software to facilitate and streamline camera trap data management: A review. *Ecology and Evolution* 8(19): 9947–9957. DOI: 10.1002/ece3.4464
- Zheltukhin A.S., Ogurtsov S.S. 2018. *Camera traps in the monitoring of forest mammals and birds*. Tver: Polypress. 54 c. [In Russian]

## REVIEW OF THE SOFTWARE FOR PROCESSING AND ANALYSIS OF DATA FROM CAMERA TRAPS: LATEST NEWS, WORKING WITH VIDEO AND GIS

Sergey S. Ogurtsov

Central Forest State Nature Biosphere Reserve, Russia  
e-mail: [etundra@mail.ru](mailto:etundra@mail.ru)

This article is a continuation of the review of software for storing, processing and analysing data from camera traps. The review includes the latest software for processing data from camera traps that have appeared in recent years, as well as some already outdated solutions. For the first time, the topics of work of such software with video files and GIS are highlighted in Russian. We provide detailed descriptions of such thematic software as SpeedyMouse, TrophyRoom, ViXeN, camtrapR, CPW Photo Warehouse, Wild.ID, Camelot and ZSL CTAP. We briefly reviewed online services for camera trap data processing and web applications: eMammal, Snapshot Serengeti, Agouti, Western Shield, TRAPPER, as well as the global data repository for camera traps data – Wildlife Insights. The possibilities of working with camera traps in GIS are separately considered: e.g. plugins for QGIS (Geotag and Import Photos and eVis), as well as the GeoTagged Photos to Points tool for ArcGIS. Many advantages and disadvantages of the presented solutions, as well as some methods of working with them, are analysed. On the example of own studies in the Central Forest Nature Biosphere Reserve (Russia) a comparative analysis of various programs and approaches in the use of camera traps as a method of zoological studies was conducted. In addition, general recommendations were given on working with them for other Protected Areas. We identified the key characteristics of the programs for working with camera traps that are worth paying attention to when choosing a particular solution. For all of these software packets, there are hyperlinks for their free download, as well as hyperlinks to user manuals and tutorials. The purpose of the article was not only to identify the most optimal (from author's viewpoint) tools for working with the data of camera traps, but also to acquaint readers with the diversity of such means in world practice.

**Key words:** monitoring, non-invasive methods, Protected Area, state nature reserve