

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И
ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 528.9::911.5/7(597)

**БЕСПИЛОТНАЯ АЭРОФОТОСЪЕМКА ДЛЯ ЗАДАЧ
КРУПНОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГОРНЫХ
ТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ**

И.П. Котлов^{1,2}, Р.В. Горбунов^{1,3}, Фам Маи Фьонг¹, Дин Ву Ан Ту¹

¹*Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и
технологический центр, Ханой, Вьетнам*

²*ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
г. Москва, Российская Федерация*

³*ФГБУН «Кардагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН»
г. Феодосия, пгт. Курортное, Российская Федерация*

*e-mail: ikotlov@gmail.com, karadag_station@mail.ru, phamphuong911vh@gmail.com,
anhtu2893@gmail.com*

В статье описаны особенности проведения крупномасштабных ландшафтных исследований в горных тропических районах Вьетнама. Показана целесообразность сочетания традиционных подходов к полевому крупномасштабному ландшафтному картированию с беспилотной аэрофотосъемкой территории. Выявлены особенности исследования на всех этапах ландшафтного картирования. Описаны проблемы, с которыми сталкивается исследователь в горных тропических лесах и предложены пути их решения. Описана методика подготовки и реализации беспилотной аэрофотосъемки в условиях горных тропических лесов. На примере ключевого участка показаны возможности беспилотной аэрофотосъемки для ландшафтного картирования и получения информации о параметрах структуры лесных экосистем.

Ключевые слова: беспилотная аэрофотосъемка, крупномасштабное ландшафтное картографирование, тропические лесные ландшафты, Бидуп-Нуй Ба, Вьетнам.

Введение

Полевая крупномасштабная ландшафтная съемка традиционно осуществляется в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный (Видина, 1962; Миллер, 1974; Геренчук, Раковська, Топчів, 1975; Жучкова, 1977; Дроздов, 1986 и др.). На подготовительном этапе проводится изучение литературного материала, имеющихся картографических произведений, фондовых материалов и пр., намечаются маршруты, трансекты, точки комплексных фациальных описаний, строится ландшафтная карта-гипотеза. На полевом этапе производится собственно съемка местности. На камеральном осуществляется обработка полученного материала и строится крупномасштабная ландшафтная карта. Такой подход апробирован для условий территории Российской Федерации и бывшего СССР. Материалы беспилотной аэросъемки в этом аспекте используются обычно на подготовительном этапе для создания карты-гипотезы.

Однако опыт работ в горных тропических лесах Центрального и Южного Вьетнама показал, что классические подходы к построению полевой ландшафтной карты на уровне фаций не всегда реализуемы, что связано с особенностями горизонтальной и вертикальной структуры ландшафта. Кроме того, опыт показал практическую невозможность осуществления ландшафтного картирования без применения дистанционных методов исследования. В связи с этим, целью данной

работы стало охарактеризовать особенности полевого ландшафтного картирования в условиях горных тропических лесов, акцентировав при этом внимание на проблемы и пути их решения при работе в таких ландшафтах.

Материалы и методы

Методы дистанционного зондирования земли развиваются с 1960-х годов. Количество спутниковых систем, осуществляющих съемку земли, растет, улучшается их разрешающая способность и частота съемки. На сегодняшний день спутниковая съемка позволяет использовать крупномасштабные и среднемасштабные снимки наземного растительного покрова с пространственным разрешением 0,5–30 м на местности. Повторяемость съемки варьирует от нескольких недель до нескольких месяцев (Книжников, Кравцова, Тутубалина, 2004). Одним из активно развивающихся направлений дистанционного зондирования земли в текущем десятилетии является аэрофотосъемка с применением беспилотных/дистанционно пилотируемых летательных аппаратов – БПЛА/ДПЛА (Garrett, Anderson, 2018). Аппарат программируется оператором и выполняет съемку заданного участка местности. В зависимости от аппаратуры и высоты полета площадь съемки достигает 500–5000 га за световой день. Несмотря на то, что площадь покрытия такой съемки значительно меньше спутникового снимка, съемка с БПЛА обладает рядом уникальных преимуществ (Bansod, et al, 2017):

1. Простота применения и оперативность – после загрузки маршрута полета в память устройства БПЛА готов к работе. Обработка полученных фотоматериалов занимает несколько часов. В продаже представлены готовые системы, состоящие из БПЛА, камер и программного обеспечения (ПО). Исследователь может, не вдаваясь в инженерные подробности, запрограммировать маршрут полета, запустить аппарат и загрузить полученный фотоматериал в ПО для автоматической обработки.

2. Высокое разрешение и качество съемки – современные камеры, устанавливаемые на БПЛА, оборудованы гироскопическими компенсаторами, имеют высокое разрешение 20 Мпикс, позволяющее получать разрешение снимка на местности до 1–3 см.

3. Возможность построения трёхмерных моделей местности – аэрофотосъемка с перекрытием (стереопары) позволяет при обработке получать не только геопривязанное двумерное изображение (ортофотоплан), но и трехмерную модель местности (рельеф, кроны деревьев, сооружения) при соответствующей фотограмметрической обработке.

4. Мультиспектральные камеры применяются в космической и аэрофотосъемке с самолетов достаточно давно. Однако в последние 3–5 лет они достигли размеров в 30–50мм и веса 70–100 гр., что позволяет использовать их на легких беспилотных судах полупрофессионального и любительского класса (Caballero, 2018). Мультиспектральные камеры по своим спектральным характеристикам близки спутниковым съемочным системам. В частности, они выполняют съемку в ближнем инфракрасном диапазоне, который используется для расчета вегетационных индексов.

Оптимальным представляется сочетание съемки с различных классов воздушных судов – типа «мультикоптер» и типа «летающее крыло». Мультикоптер (квадрокоптер) характеризуется компактным размером, гибкостью режимов и высокоточной управляемостью на малых площадях. Это позволяет вести съемку со сверхвысоким разрешением на площади порядка 80–100 га (Петрушин, Митрофанов, Митрофанова, 2016). Летящее крыло имеет иные динамические характеристики. Съемка ведется на значительных высотах и скоростях, что позволяет картографировать крупные ландшафтные и биогеографические единицы площадью сотни – тысячи га.

Летающее крыло удобно для съемки линейных и протяженных пространственных объектов (Носов, 2017).

Адаптация методов ландшафтного картографирования к материалам, полученным с помощью БПЛА, позволяет при незначительных финансовых затратах выявлять пространственную структуру экосистем, классифицировать типы ландшафтного и растительного покрова, выявлять природную и антропогенную динамику в крупном масштабе для решения как фундаментальных, так и прикладных сельско- и лесохозяйственных задач, оперативного мониторинга.

В основу работы положены материалы, полученные авторами в ходе совместной ландшафтной экспедиции, проводившейся весной 2018 года на территории национального природного парка Бидуп-Нуй Ба (провинция Лам-Данг, коммуна Дашез, Вьетнам). Ландшафты территории парка сформированы на эффузивных отложениях, характеризуются мощной корой выветривания, на которой формируются влажные муссонные тропические туманные леса на сиаллитных и ферсиаллитных почвах. Особый интерес вызывает практически полная сохранность лесов на территории парка в связи с транспортной недоступностью территории вплоть до начала двухтысячных годов. Можно говорить о том, что ландшафты находятся в своём климаксовом состоянии.

Территория исследования

Участок картографирования находится в восточном секторе национального парка Бидуп-Нуй Ба. Координаты 108.700E, 12.170N – 108.705E, 12.175N. Площадь участка 17,9 га. Перепад высот 1483–1579 м н.у.м. (Рис 1).



Рис 1. Изучаемая территория в НПП Бидуп-Нуй Ба. Линией голубого цвета обозначены границы НПП. Справа – площадка исследования в среднем масштабе.

Участок представляет собой территорию в пределах долины водотока в среднем течении на выходе из узкого водосборного структурного понижения. Водоток протекает в северо-западном направлении, ширина русла 2–5 м, ширина днища долины 40–70 м. Непосредственно на площадке исследования водоток разделяется на старицу и современное русло, между которыми расположен пойменный остров.

Горный массив на данном участке сформирован отложениями каменноугольного возраста (эффузивными андезитами, осадочными песчаниками и аргиллитами), сильно смятыми во время герцинской складчатости. В районе площадки исследования распространены эффузивные и аллювиальные отложения. В почвах наблюдаются мало- и среднемощные феррсиаллитные желтоземы, нередко скелетные (каменистые). Судя по характеру нижней части почвенного профиля, кора выветривания также маломощная, что может косвенно свидетельствовать о низкой скорости трансформации

вулканических коренных пород. Однако в окрестностях вдоль дорог наблюдаются карьеры, разрезы и срезки грунта, обнажающие 5–7 метровые рыхлые красно- и желтоцветные отложения. В этих участках могут формироваться мощные коры выветривания осадочных пород, либо гранитов. Примечательно, что склоны с мощными корами выветривания сохраняют свою первоначальную овально-грядовую форму с крутыми склонами, что может свидетельствовать об отсутствии гравитационного переноса вещества вниз по склону (косвенное подтверждение – почти полное отсутствие делювия и коллювия у подножий склонов, в конусах выноса балок и оврагов. Это может быть связано с малым объемом поверхностного стока, перехватываемого растительным покровом и с закреплением рыхлого материала корнями.

Почвенный профиль имеет строение A0–A(AE)–EB–BC – желтые феррсиалитные типичные (Шишов, 1996). Опад 3–4 см, в основном состоит из слаборазложившихся листьев текущего и прошлого года. Гумусово-аккумулятивный горизонт слабо развит, имеет светло-серые цвета и мощность до 5–8 см, очень сильно пронизан корнями, как крупными, так и средними и мелкими. Элювиально-иллювиальный горизонт слабодифференцирован, за исключением одной локации – на вершине гряды с присутствием сосны (*Pinus krempfii*) во всех ярусах. Здесь горизонт опада слаборазложившийся, почти торфяной, под ним глыбисто-структурированный A, далее горизонт E со следами оглеения (желтые феррсиалитные лессивированные), что может быть связано с сильноокислым характером опада хвои. *Pinus krempfii* имеет охранный статус Vulnerable согласно Красному Списку МСОП, является эндемиком Вьетнама, на сегодняшний день официально известно 10 мест произрастания общей площадью 1925 км². В растительности абсолютно доминируют лиственные породы. Предположительно лес имеет первичный характер.

Результаты и обсуждени

Проблемы полевого ландшафтного картирования. Построение крупномасштабной карты-гипотезы на подготовительном этапе исследователь начинает с изучения топоосновы, которой, традиционно, являются топографические карты и цифровые модели рельефа/местности (ЦМР/ЦММ). Для крупномасштабного картографирования обычно используются карты 1:50000 и крупнее. Согласно традиционным представлениям о генерализации карт, приращение информации прямо пропорционально масштабу карты. Однако такая закономерность не всегда сохраняется. На деле часто приходится иметь дело с «разогнанными» данными на карте, когда сечение горизонталей не соответствует масштабу карты и получается, что крупномасштабная карта несёт в себе информацию карты более мелкого масштаба. С такой проблемой мы столкнулись и при работе с картографическими материалами на территории Вьетнама: положенная в основу картографирования и планирования работ карта масштаба 1:100000 на деле не отражает реальную действительность (рис. 2).

На рис. 2 представлен фрагмент карты масштаба 1:100000 исследовательского полигона и данные топографической GPS-съёмки. Несмотря на то, что GPS-съёмка территории осуществлялась в более крупном масштабе, чем исходная карта, видно, что на карте отсутствует информация, которая должна была бы существовать в заданном масштабе. Кроме того, возникают вопросы и по использованию открытых данных SRTM. Дело в том, что в открытом доступе сегодня имеются снимки пространственного разрешения 30 м, которые не позволяют картировать даже сложные урочища, не говоря уже о фациальном уровне. Это хорошо видно при сравнении изображений на рис. 2. Полученный таким образом результат анализа доступных данных показывает важность его учёта при планировании работ в горных тропических

лесах Юго-Восточной Азии. В противном случае исследователь будет вынужден корректировать план работ, трансекты и точки описаний под реальную действительность.

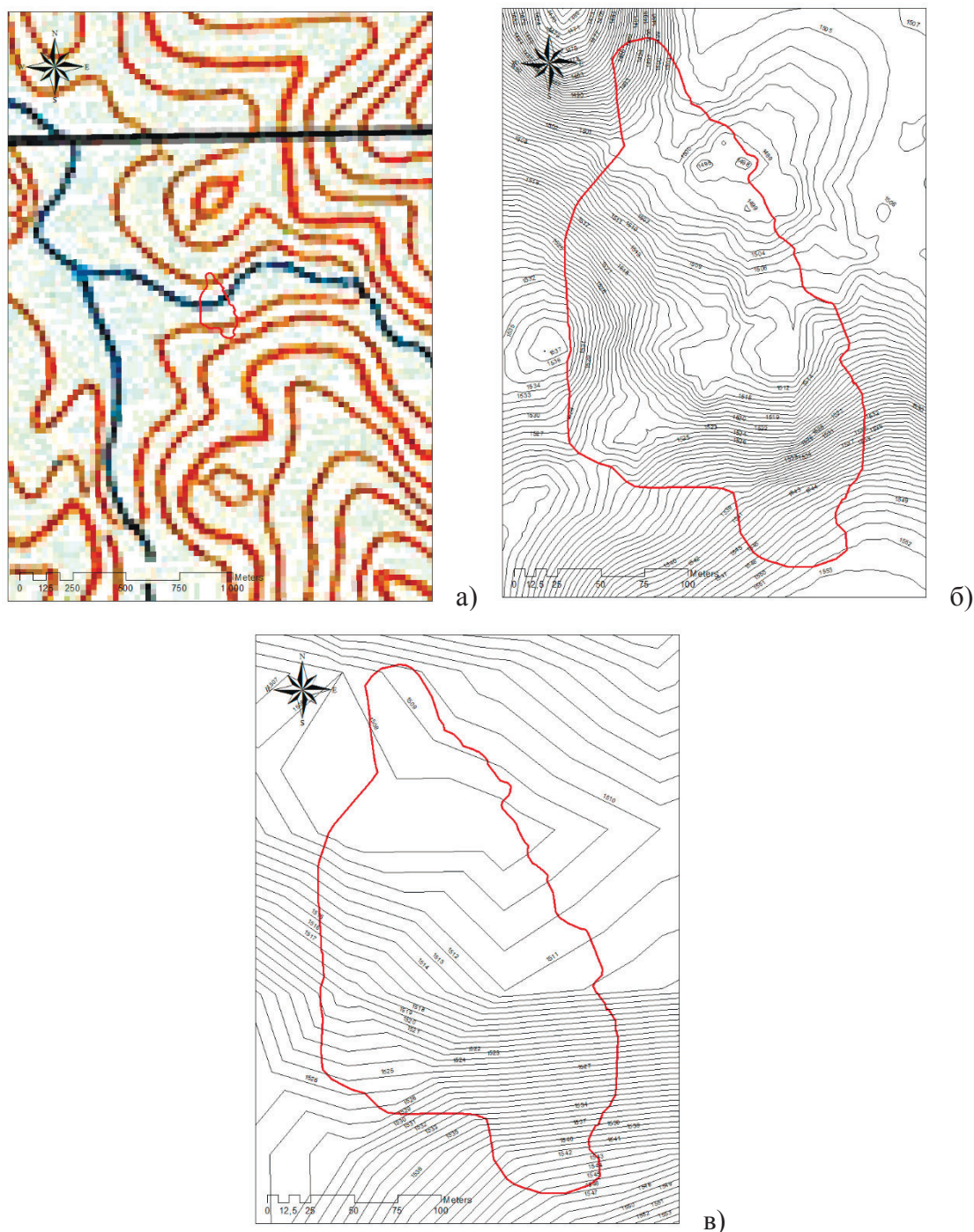


Рис. 2. Отображение рельефа ключевого участка на карте масштаба 1:100000 (а), по результатам GPS-съёмки (б) и на SRTM (в)

Ещё одним важным аспектом планирования работ на подготовительном этапе является необходимость учёта существующей дорожной сети и сети экологических троп. Тропические леса являются сложно проходимыми и, часто, планируемые маршруты, которые выглядят логичными и целесообразными для исследователя бореальных широт, в тропических районах оказываются не выполнимыми.

Это обстоятельство связано как с плотностью лесного покрова, так и с крутыми структурными склонами в горной местности, которые, как было показано ранее, на картах часто не видны в силу сильной генерализации информации. Кроме того, на картах могут отсутствовать достаточно широкие водотоки, которые также являются препятствием для выполнения полевого этапа исследований.

Проблемы полевого этапа заключаются в двух аспектах: отсутствие топоосновы для картирования и необходимости поиска границ фитоценозов, которые традиционно и вполне обосновано рассматриваются в качестве границ фаций. Решение первой проблемы может быть осуществлено с использованием GPS-станции, которую необходимо установить на открытой площадке и далее с помощью GPS-приемника, привязанного к станции, осуществляется топографическая съемка местности. В случае отсутствия GPS-станции погрешность приёмника составляет 10–15 м и не позволяет реально зафиксировать координаты точки и её высоту. Для крутых структурных склонов Центрального Вьетнама это обстоятельство является критичным. Его решение может быть найдено путём усреднения значений высоты облака точек, формируемого при не выключенном приёмнике во время осуществления комплексного описания фаций.

Несмотря на частые пересечения формируемых облаков точек во время описания фаций по ландшафтно-геохимической катене, такой подход дал вполне корректный результат и позволил получить цифровую модель рельефа территории исследовательского полигона, которая легла в итоге в основу полевой крупномасштабной ландшафтной карты (рис. 2б).

Выявить границы фитоценозов на местности традиционными методами сетки практически невозможно как в силу высокой мозаичности сообществ, так и в силу сложности определения видового состава верхнего яруса леса, который практически повсеместно скрыт от глаз исследователя вторым и третьим ярусами. Выявление границ фитоценозов в тропическом лесу значительно упрощается на основе анализа ортофотоплана. Съёмку предпочтительно выполнять в конце сухого сезона, когда повышается дифференциация спектральных характеристик растительного покрова. Полевое определение параметров древостоя - количества ярусов и морфометрии стволов, позволяет на основе мультиспектральной съёмки с помощью управляемой классификации оценивать пространственную дифференциацию зарегистрированных параметров и на этой основе прогнозировать расположение границ фитоценозов.

Таким образом, полевой этап работ в тропических лесах имеет свои особенности, и его реализация эффективна при комбинации традиционных методов комплексного описания фаций на трансектах и данных беспилотной аэрофотосъёмки и включает в себя несколько этапов:

1. Построение крупномасштабной топографической основы территории исследования;
2. Картирование геологического и геоморфологического (микроформы рельефа) строения территории;
3. Осуществление комплексного описания фаций;
4. Осуществление беспилотной аэрофотосъёмки.

На камеральном этапе исследователь обрабатывает данные беспилотной аэрофотосъёмки, на основе данных комплексных описаний фаций осуществляет управляемую классификацию полученных снимков, осуществляет соотнесение полученных фитоценологических границ с закартированными контурами геологических структур и микроформ рельефа, результатом чего становится крупномасштабная ландшафтная карта.

Особенности беспилотной аэрофотосъёмки в условиях горных тропических лесных ландшафтов. Процедура подготовки ортофотоплана состоит из нескольких

этапов – получение разрешения на полеты, подготовка и выполнение плана полетов, фотограмметрическая обработка. Критически важным является разработка плана полетов, т.к. неправильно установленные параметры съемки могут быть выявлены только на постполетовом этапе обработки и не могут быть компенсированы, что приведет к отбраковке полученного материала.

Важным ограничением полетов БПЛА являются осадки и скорость ветра. Учитывая, что скорость полета БПЛА в зависимости от высоты и яркости освещения составляет 10–15 м/с, скорость ветра 5 м/с сокращает планируемую продолжительность полета на 20%. Скорость ветра 8–10 м/с сокращает продолжительность более чем в 2 раза и повышает риск утери БПЛА. Наилучшие условия освещенности – сплошная облачность. Съемка в безоблачную погоду приводит к различной яркости и текстуре изображения при продолжительной съемке в режиме смены аккумуляторов. На рис. 3 приведен участок аэрофотоплана. Левая часть снималась с 11:50 до 12:20. Правая часть снималась на три часа позднее после перезарядки аккумуляторов. На фотографиях, отснятых во второй половине дня, значительна площадь теней от крон деревьев.

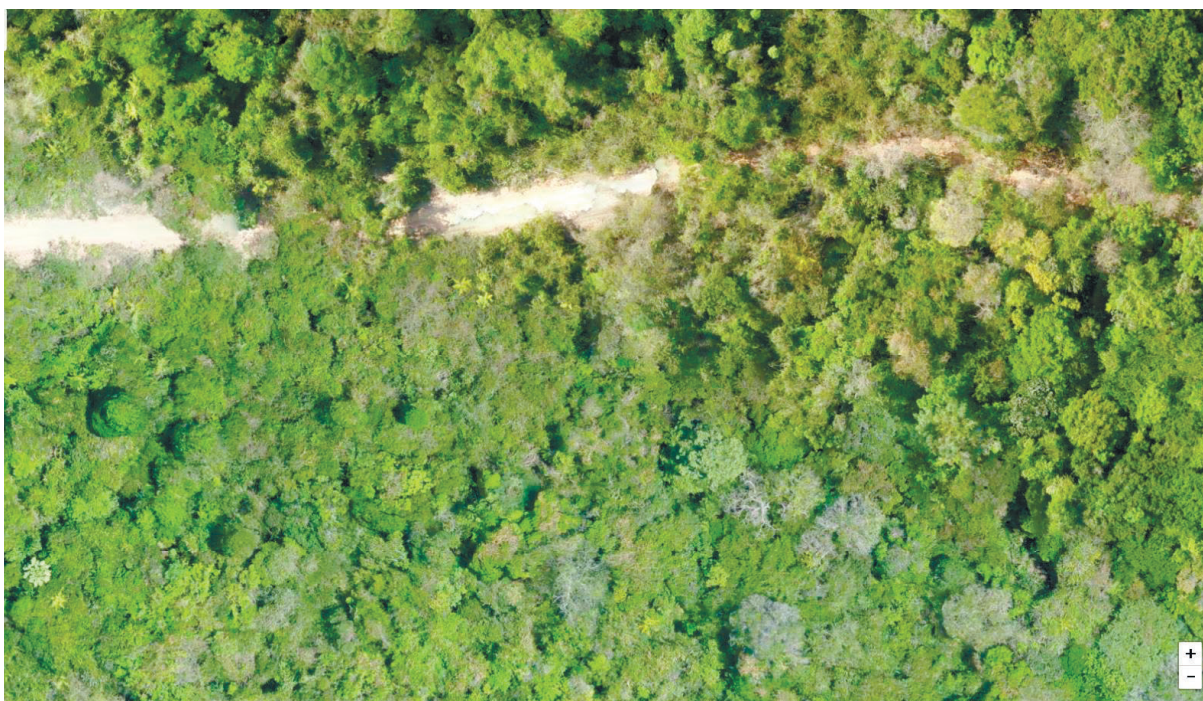


Рис. 3. Ортофотоплан трансекта с разницей 3 часа в безоблачную погоду. Нижняя левая часть изображения снята в 12:20, верхняя правая – в 15:20

Обработка фотоматериала. Существует два доступных пути фотограмметрической обработки – использование удаленной обработки «в облаке», которая предоставляется вместо с ПО для программирования полетов. Либо самостоятельная обработка на настольном ПК с использованием соответствующего ПО (OpenDroneMap, Agisoft Photoscan, Erdas Photogrammetry).

Результаты съёмки. Фотограмметрическая обработка выполнялась в онлайн-сервисах Dronedeploy и Pix4d. Наилучшие результаты показал Dronedeploy. Позднее схожих результатов удалось добиться с использованием OpenDroneMapper. В результате обработки получены следующие картографические продукты: ортофотоплан местности с разрешением 2,3 см/пиксел, цифровая модель местности с разрешением 10 см/пиксел (рис. 4а). На основе разности цифровой модели рельефа (ЦМР) и цифровой модели поверхности (ЦМП) (рис. 4б) получена карта высоты крон деревьев (рис. 4в).

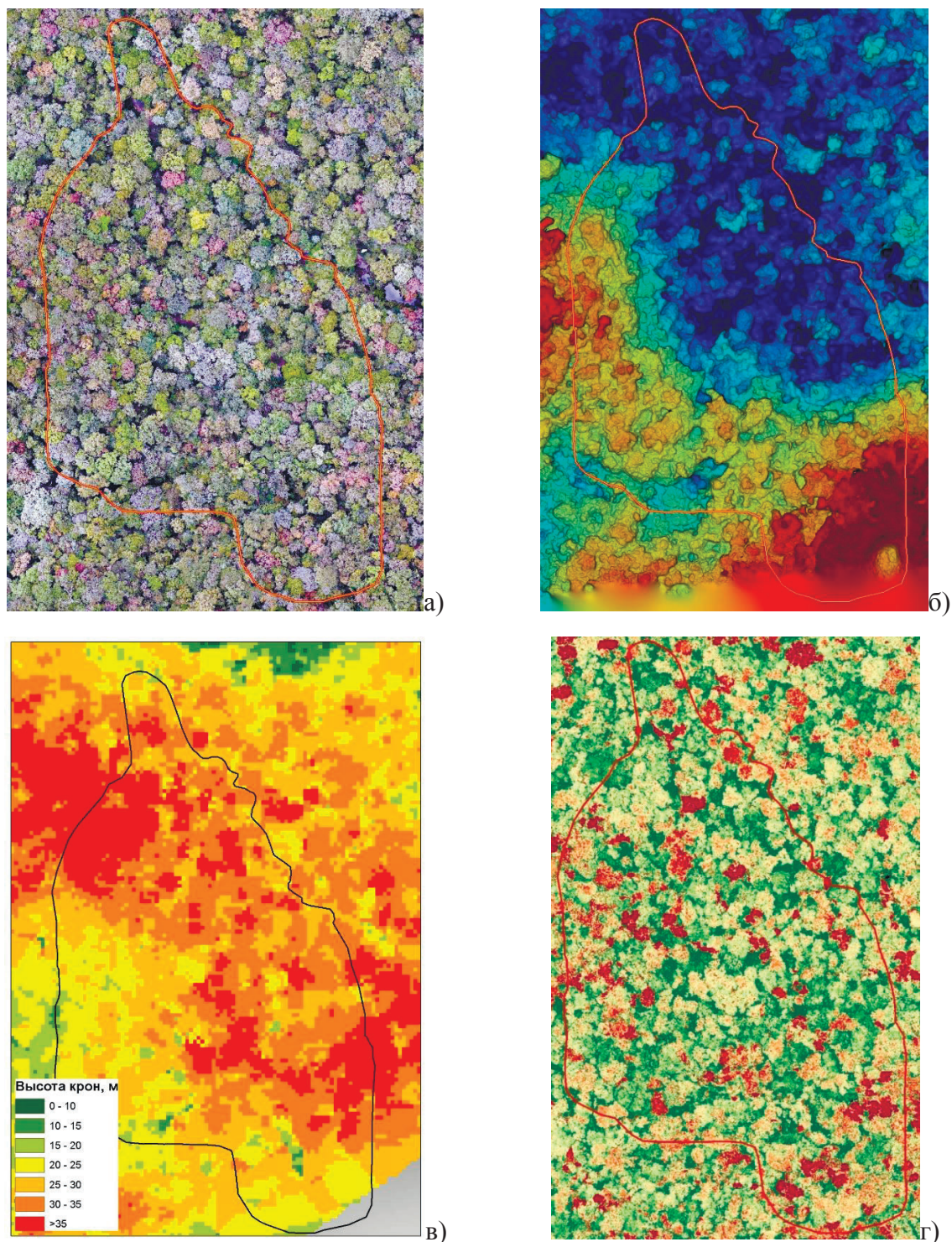


Рис. 4. Картографические продукты обработки данных беспилотной аэрофотосъемки ключевого участка: а) ортофотоплан; б) цифровая модель местности; в) высота крон; г) VARI

На основе трехканального (синий, зеленый, красный) растрового изображения рассчитаны спектральные индексы (рис. 4г). Спектральные индексы широко распространены в экологических исследованиях и используются для выявления особенностей пространственной неоднородности свойств растительного покрова на основе различных соотношений яркостей спектральных каналов. Особой популярностью пользуются индексы, которые используют инфракрасный канал как индикатор количества хлорофилла в клетках листьев растений. В нашем случае были выбраны индексы VARI

(visible atmospherically resistant Index) (Gitelson, et al., 2002) (1) и TGI (triangulation greenness index), адаптированный для длин волн CMOS-матрицы (Hunt, 2011):

$$VARI = \frac{Rg - Rr}{Rg + Rr - Rb} \quad (1)$$

$$TGI = Rg - 0.39 * Rr - 0.61 * Rb, \quad (2)$$

где индексы спектральных яркостей: Rg – зеленого канала, Rr – красного канала, Rb – синего канала.

Индексы VARI и TGI разработаны специально для камер, не имеющих возможности регистрировать инфракрасный спектр и до некоторой степени могут служить заменой индексу NDVI, что подтверждается соответствующими исследованиями (Hunt, 2011).

На основе разработанных и собранных в поле материалов выполнена классификация типов структуры древесного яруса. Использована классификация с обучением. Обучающая выборка создана из точек полевых описаний и классифицирована в ПО Statistica по параметрам состояния древесного яруса: число подъярусов (1–3), высота каждого подъяруса в м, средний диаметр подъяруса в см, средняя сомкнутость подъяруса (0–1). Классификация выполнена методом дендрограммы. Полученные классы типов структуры древесного яруса использованы в качестве обучающей выборки. Обучаемая выборка – растр, включающий 6 каналов: ортофотоплан (растровое трехдиапазонное изображение (синий, зеленый, красный), цифровая модель местности (растровая сетка высот), спектральные индексы рассчитанные на основе ортофотоплана. На основе метода максимального подобия территория картографирования разделена на классы, наиболее соответствующие 9 типам структуры древесного яруса (рис. 5).

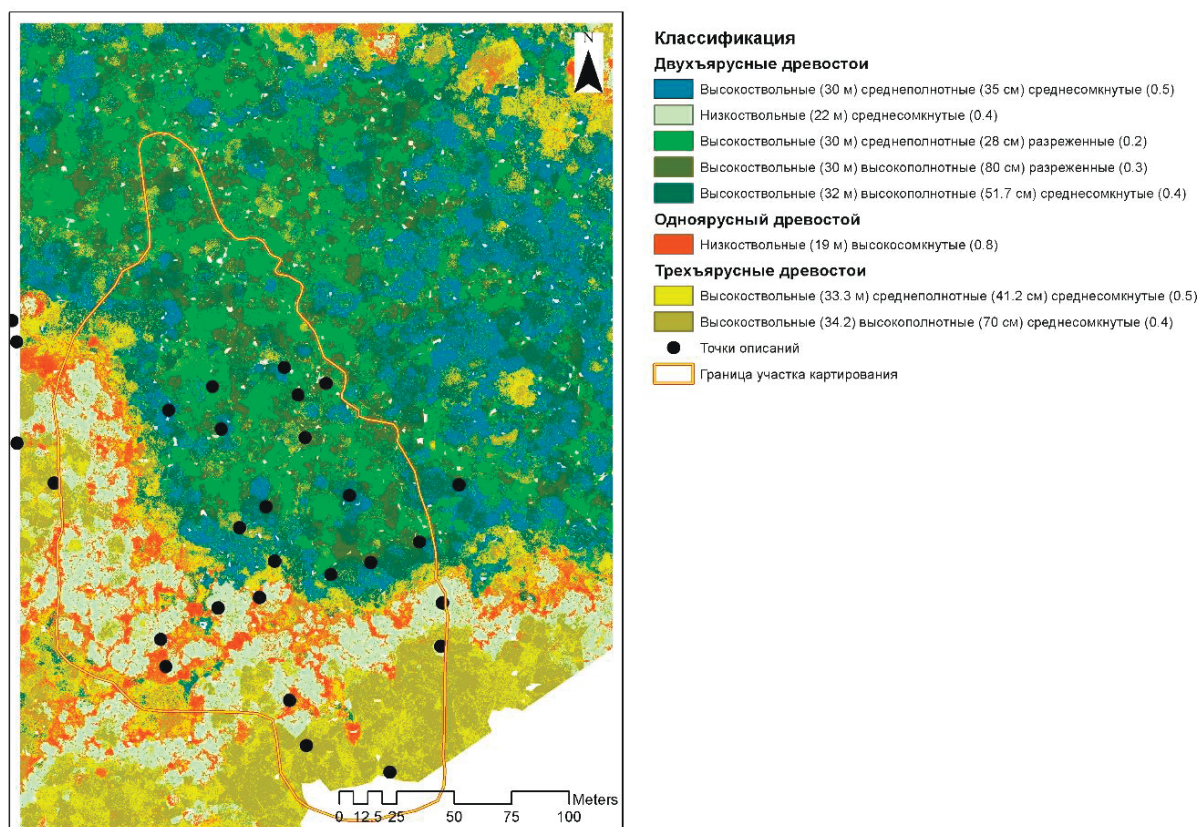


Рис. 5. Типы структуры древесного яруса

На основе рассчитанного ортофотоплана и производных изображений территории, а также полевых описаний выполнено крупномасштабное ландшафтное картографирование на уровне фаций (рис. 6). В морфологической структуре полигона выявлено 5 типов урочищ, включающих в себя 98 типов фаций, что говорит о высоком ландшафтном разнообразии изучаемой территории. Причем максимальным ландшафтным разнообразием характеризуются интразональные урочища ложбин, где на незначительной площади выявлено достаточно большое количество фаций (табл. 1).

Таблица 1.

Ландшафтное разнообразие урочищ ключевого участка

Тип урочища	Количество контуров фаций	Площадь урочища, м ²	Ландшафтное разнообразие
1	4	1216	0,003
2	64	14402	0,004
3	11	867	0,013
3	20	679	0,029
3	18	616	0,029
4	14	10039	0,001
5	4	3165	0,001

Урочище склона гряды, являясь градиентным типом ландшафта, характеризуется гораздо большим ландшафтным разнообразием по сравнению с ядерными типами урочищ гребня гряды и острова, что вполне закономерно и подчиняется представлению о собственной ландшафтной диссимметрии по набору составляющих более мелкого ранга (Горбунов, 2011).

Наличие высокого ландшафтного разнообразия, коренных типов ландшафтов, высокая динамичность процессов на выбранном участке определяют его кондиционность для создания здесь ландшафтно-экологического стационара.

Выводы

1. Изучение морфологической структуры ландшафтов на уровне фаций в условиях горных тропических лесов Юго-Восточной Азии требует комбинирования классических подходов с данными беспилотной аэрофотосъемки, без которой невозможно выделение фациальных границ.

2. Имеющийся картографический материал и открытые данные дистанционного зондирования позволяют судить об их недостаточности при планировании стационарных ландшафтно-экологических исследований, что связано с несоответствием генерализации масштабу карты, высокой степенью ландшафтного разнообразия территории на топологическом уровне.

3. В работе раскрыты особенности осуществления подготовительного и полевого этапов ландшафтного картографирования в условиях горных тропических лесов. Раскрыты особенности технологии осуществления беспилотной аэрофотосъемки.

4. Совместное использование данных наземных описаний и беспилотной аэрофотосъемки позволили составить крупномасштабную ландшафтную карту ключевого участка на уровне фаций.

5. Изучаемая территория кондиционна для создания на ней ландшафтно-экологического стационара.

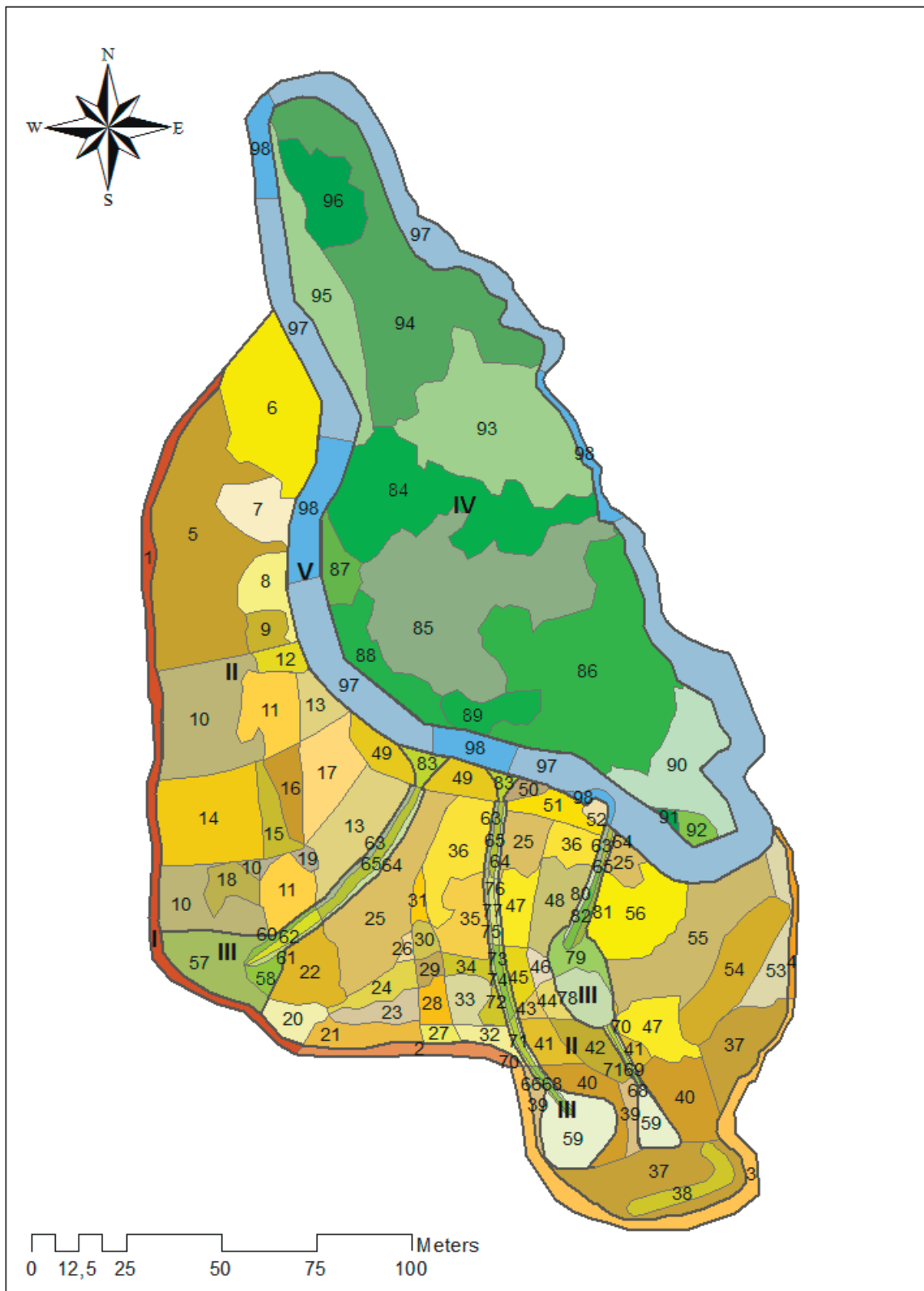


Рис. 6. Ландшафтная структура ключевого участка:

Ландшафт: Бидупский ландшафт (тропический муссонный среднегорный водораздельный хребт сильно расчленённый флювиально-эрозионно-денудационный сложенный верхнемеловыми магматическими породами с различной степенью сомкнутости вечнозелёными широколиственными лесами на ферралитных и ферсалиитных почвах)

Местность: сомкнутое литокарпусово-магнолиевое верхнегорье

Урочище 1. Поверхность гребня гряды крупной междолинной, сложенной верхнемеловыми дацитами с различной степени сомкнутости широколиственным лесом с хорошо развитым подлеском и травянистым ярусом на желтозёме типичном на глинистой коре выветривания дацитов

Фации:

1. Поверхность гребня гряды крупной междолинной выпуклая с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с крупными деревьями в первом ярусе и среднесомкнутым травяно-кустарниковым покровом на маломощном легкосуглинистом желтозёме типичном на глинистой коре выветривания дацитов

2. Поверхность гребня гряды крупной междолинной выпуклая с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском на маломощном легкосуглинистом желтозёме типичном на глинистой коре выветривания дацитов

3. Поверхность гребня гряды крупной междолинной выпуклая с трёхъярусным слабосомкнутым широколиственным лесом с разреженным травянисто-кустарниковым ярусом на маломощном легкосуглинистом желтозёме типичном на глинистой коре выветривания дацитов

4. Поверхность гребня гряды крупной междолинной выпуклая наклонная северной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом с среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном легкосуглинистом желтозёме типичном на глинистой коре выветривания дацитов

Урочище 2. Склон гряды крупной междолинной, сложенной верхнемеловыми дацитами с различной степени сомкнутости широколиственным лесом на желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

Фации:

5. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с крупными деревьями в первом ярусе и среднесомкнутым травяно-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

6. Нижняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-восточной экспозиции с трёхъярусным сильносомкнутым широколиственным лесом с густым подростом и плауново-папоротниковым разреженным травостоем на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

7. Нижняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-восточной экспозиции с одноярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с сильносомкнутым травяно-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

8. Нижняя часть склона гряды крупной междолинной крутая северо-восточной экспозиции с одноярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с сильносомкнутым травяно-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

9. Нижняя часть склона гряды крупной междолинной крутая северо-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с крупными деревьями в первом ярусе и среднесомкнутым травяно-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

10. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная юго-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с крупными деревьями в первом ярусе и среднесомкнутым травяно-кустарниковым

покровом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

11. Средняя часть склона гряды крупной междолинной крутая юго-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

12. Нижняя часть склона гряды крупной междолинной крутая юго-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с крупными деревьями в первом ярусе и среднесомкнутым травяно-кустарниковым покровом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

13. Нижняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная юго-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

14. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с крупными деревьями в первом ярусе и среднесомкнутым травяно-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

15. Средняя часть склона гряды крупной междолинной крутая северо-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с крупными деревьями в первом ярусе и среднесомкнутым травяно-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

16. Средняя часть склона гряды крупной междолинной крутая северо-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

17. Нижняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

18. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная юго-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

19. Средняя часть склона гряды крупной междолинной крутая юго-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с крупными деревьями в первом ярусе и среднесомкнутым травяно-кустарниковым покровом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

20. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с крупными деревьями в первом ярусе и среднесомкнутым травяно-кустарниковым покровом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

21. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-западной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

разреженным подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

34. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной крутая северо-восточной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

35. Средняя часть склона гряды крупной междолинной средней крутизны северо-восточной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

36. Нижняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

37. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной средней крутизны северо-западной экспозиции с трёхъярусным слабосомкнутым широколиственным лесом с разреженным травянисто-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

38. Поверхность структурной террасы в верхней части склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-западной экспозиции с трёхъярусным слабосомкнутым широколиственным лесом с разреженным травянисто-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

39. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной средней крутизны северо-восточной экспозиции с трёхъярусным слабосомкнутым широколиственным лесом с разреженным травянисто-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

40. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной средней крутизны северо-западной экспозиции с трёхъярусным слабосомкнутым широколиственным лесом с разреженным травянисто-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

41. Средняя часть склона гряды крупной междолинной средней крутизны северо-западной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

42. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной средней крутизны северо-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

43. Средняя часть склона гряды крупной междолинной крутая северо-западной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

44. Средняя часть склона гряды крупной междолинной крутая северо-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

45. Средняя часть склона гряды крупной междолинной крутая северо-западной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным

лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

46. Средняя часть склона гряды крупной междолинной крутая северо-восточной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

47. Средняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-западной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

48. Средняя часть склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-восточной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

49. Подошва склона структурной гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-восточной экспозиции с трёхъярусным сомкнутым широколиственным лесом с разреженными подлеском и кустарниково-травянистым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

50. Подошва склона структурной гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-западной экспозиции с трёхъярусным сомкнутым широколиственным лесом с разреженными подлеском и кустарниково-травянистым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

51. Подошва склона структурной гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-западной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

52. Большой смещённый блок скального массива с кленовым сообществом на поверхности с сомкнутым травянистым ярусом на слаборазвитой почве на щебнисто-каменном элювии дацитов

53. Верхняя часть склона гряды крупной междолинной средней крутизны северной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

54. Поверхность структурной террасы в верхней части склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-западной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

55. Нижняя часть склона гряды крупной междолинной крутая северо-западной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

56. Нижняя часть склона гряды крупной междолинной средней крутизны северо-западной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

Урочище 3. Ложбина узкая, заложенная на склоне гряды крупной междолинной, сложенной верхнемеловыми дацитами с различной степени сомкнутости широколиственным лесом на желтозёме типичном на щебнисто-каменном пролювии дацитов

Фации:

57. Поверхность водосборного понижения в верхней части склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с крупными деревьями в первом ярусе и среднесомкнутым травяно-кустарниковым покровом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

58. Поверхность водосборного понижения в верхней части склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

59. Поверхность водосборного понижения в верхней части склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-западной экспозиции с трёхъярусным слабосомкнутым широколиственным лесом с разреженным травянисто-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делювии дацитов

60. Верхняя часть борта ложбины крутая юго-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

61. Верхняя часть борта ложбины крутая северо-западной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

62. Верхняя часть днища ложбины крутая северо-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном пролювии дацитов

63. Нижняя часть борта ложбины средней крутизны юго-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

64. Нижняя часть борта ложбины средней крутизны северо-западной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

65. Нижняя часть днища ложбины средней крутизны северо-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном пролювии дацитов

66. Верхняя часть борта ложбины средней крутизны северо-восточной экспозиции с трёхъярусным слабосомкнутым широколиственным лесом с разреженным травянисто-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

67. Верхняя часть борта ложбины средней крутизны юго-западной экспозиции с трёхъярусным слабосомкнутым широколиственным лесом с разреженным травянисто-

кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

68. Верхняя часть днища ложбины средней крутизны северо-западной экспозиции с трёхъярусным слабосомкнутым широколиственным лесом с разреженным травянисто-кустарниковым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном пролювии дацитов

69. Верхняя часть борта ложбины средней крутизны северо-восточной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

70. Верхняя часть борта ложбины средней крутизны юго-западной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

71. Верхняя часть днища ложбины средней крутизны северо-западной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном пролювии дацитов

72. Средняя часть борта ложбины крутая восточной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

73. Средняя часть борта ложбины крутая западной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

74. Средняя часть днища ложбины крутая северной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном пролювии дацитов

75. Средняя часть борта ложбины средней крутизны восточной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

76. Средняя часть борта ложбины средней крутизны западной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

77. Средняя часть днища ложбины средней крутизны северной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном пролювии дацитов

78. Поверхность структурной террасы в средней части склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-западной экспозиции с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

79. Поверхность структурной террасы в средней части склона гряды крупной междолинной слабонаклонная северо-западной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым

подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

80. Нижняя часть борта ложбины средней крутизны юго-восточной экспозиции с трёхъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с густым подлеском и подростом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

81. Нижняя часть борта ложбины средней крутизны северо-западной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном делюво-пролювии дацитов

82. Нижняя часть днища ложбины средней крутизны северо-восточной экспозиции с одноярусным сильносомкнутым преимущественно широколиственным лесом со среднесомкнутым подростом и подлеском на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном пролювии дацитов

83. Конус выноса на подошве склона с трёхъярусным сомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском и кустарниково-травянистым ярусом на маломощном среднесуглинистом желтозёме типичном на щебнисто-каменном пролювии дацитов

Урочище 4. Остров в русле реки, сложенный верхнемеловыми дацитами и аллювиальными отложениями различного литологического состава с различной степени сомкнутости широколиственным лесом на аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

Фации:

84. Поверхность острова в русле реки слабонаклонная северо-восточной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с двухъярусным слабосомкнутым пойменным широколиственным лесом с хорошо развитым травяно-кустарниковым ярусом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

85. Поверхность острова в русле реки слабонаклонная западной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с трёхъярусным среднесомкнутым пойменным широколиственным лесом с сильно разреженным травяно-кустарниковым ярусом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

86. Поверхность острова в русле реки слабонаклонная юго-восточной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с двухъярусным среднесомкнутым пойменным широколиственным лесом с сомкнутым травяно-кустарниковым ярусом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

87. Поверхность острова в русле реки слабонаклонная западной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с одноярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с сильносомкнутым травяно-кустарниковым ярусом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

88. Поверхность острова в русле реки слабонаклонная юго-западной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с двухъярусным среднесомкнутым пойменным широколиственным лесом с сомкнутым травяно-кустарниковым ярусом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

89. Поверхность острова в русле реки слабонаклонная юго-восточной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с двухъярусным среднесомкнутым пойменным широколиственным лесом с густым подлеском и разреженным

кустарниково-травянистым ярусом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

90. Поверхность острова слабонаклонная юго-восточной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с галечниково-валунным аллювиальным плащом из дацитов, андезитов, туфов и песчаника с двухъярусным среднесомкнутым широколиственным лесом с разреженным подлеском и травяно-кустарниковым ярусом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной скелетной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

91. Поверхность острова слабонаклонная юго-восточной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с галечниково-валунным аллювиальным плащом из дацитов, андезитов, туфов и песчаника с разреженным травянистым сообществом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной скелетной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

92. Поверхность острова слабонаклонная юго-восточной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с галечниково-валунным аллювиальным плащом из дацитов, андезитов, туфов и песчаника с сомкнутым кустарниковым сообществом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной скелетной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

93. Поверхность острова слабонаклонная северо-восточной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с двухъярусным сильноразреженным широколиственным пойменным лесом с хорошо развитым травяно-кустарниковым ярусом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной скелетной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

94. Поверхность острова слабонаклонная северо-восточной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с одноярусным слабосомкнутым пойменным широколиственным лесом с густым подростом и подлеском и разреженным травяным покровом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной скелетной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

95. Поверхность острова слабонаклонная северо-западной экспозиции сложенная верхнемеловыми дацитами с с трёхъярусным сильносомкнутым широколиственным лесом с густым подростом и плауново-папоротниковым разреженным травостоем на маломощной среднесуглинистой опесчаненной скелетной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

96. Поверхность острова в русле реки субгоризонтальная сложенная верхнемеловыми дацитами с двухъярусным разреженным пойменным широколиственным лесом с развитым подростом и травяно-кустарниковым ярусом на маломощной среднесуглинистой опесчаненной аллювиальной почве на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

Урочище 5. Русло, заложенное в верхнемеловых дацитах с аллювиальными отложениями различного литологического состава и локальными скальными обнажениями

Фации:

97. Русло реки с аллювиальными отложениями, выходящими на поверхность с сильно разреженными кустарниково-луговыми сообществами

98. Русло реки, полностью залитое водой

Список литературы

1. Видина А.А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтными исследованиям. – М.: Изд-во МГУ, 1962. – 135 с.
2. Геренчук К.И., Раковська Е.М., Топчиєв О.Г. Польові географічні дослідження. – К.: Вища школа, 1975. – 246 с.
3. Горбунов Р.В. Собственная диссимметрия склоновых локальных ландшафтных комплексов // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2011. – № 4 (23). – С. 157–173.
4. Дроздов К.А. Крупномасштабные исследования равнинных ландшафтов. – Воронеж: ВГУ, 1986. – 174 с.
5. Жучкова В.К. Организация и методы комплексных физико-географических исследований. – М.: МГУ, 1977. – 184с.
6. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. – М.: Академия, 2004. – 416 с.
7. Миллер Г.П. Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. – Львов: Вища школа, 1974. – 202 с.
8. Носов А.В. Общий Обзор Беспилотного Летательного Аппарата Типа «Летающее Крыло» // Молодежный Вестник ИРГТУ. – 2017. – № 2 (26). – С. 13.
9. Петрушин А.Ф., Митрофанов Е.П., Митрофанова О.А. Цифровая модель рельефа местности для мониторинга мелиоративных сооружений // Материалы Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления» (Санкт-Петербург, 21–23 сентября 2016 г.). – 2016. – С. 447–451.
10. Шишов Л.Л., Андроников С.В., Белобров В.П., Куленкамн А.Ю., Пантелеев Л.С., Соколов И.А. Почвы переменено-влажных тропиков Лаоса и их рациональное использование. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 1996. – 276 с.
11. Bansod, B., Singh, R., Thakur, R., & Singhal, G. A comparison between satellite based and drone based remote sensing technology to achieve sustainable development: a review // Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID). – 2017. – 111(2). – P. 383–407. <https://doi.org/10.12895/jaeid.20172.690>
12. Caballero, D. Identificación de nitrógeno y fósforo disueltos en la laguna de remediación agrícola a través de imágenes espectrales usando RPAS en Virginia, Estados Unidos. 2018. [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/325092084_IDENTIFICACION_DE_NITROGENO_Y_FOSFORO_DISUELTO_EN_LA_LAGUNA_DE_REMEDIACION_AGRICOLA_ATRAVEZ_DE_IMAGENES_ESPECTRALES_USANDO_RPAS_EN_VIRGINIA_ESTADOS_UNIDOS/related
13. Garrett, B., Anderson, K. Drone methodologies: Taking flight in human and physical geography // Transactions of the Institute of British Geographers. – 2018. <https://doi.org/10.1111/tran.12232>
14. Giray, S. Anatomy of unmanned aerial vehicle hijacking with signal spoofing // 6th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST). – 2013. DOI: 10.1109/RAST.2013.6581320
15. Gitelson A.A., Kaufman Y.J., Stark R., Rundquist D. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction // Remote Sensing of Environment. – 2002. – 80. – P. 76–87.
16. Hunt Jr.E.R., Daughtry C.S.T., Eitel J.U.H., Long D.S. Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible band index // Agronomy Journal. – 2011. – № 4 (103). – P. 1090–1099.

17. Lerm R. Orthophoto and Digital Surface Model generation from UAV images using a combination of open source tools. 2016. [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/304356752_Orthophoto_and_Digital_Surface_Model_generation_from_UAV_images_using_a_combination_of_open_source_tools
18. *Mapping varied elevations, tall buildings or trees*. [Electronic resource]. URL: <https://support.dronedeploy.com/docs/mapping-varied-elevations-tall-buildings-or-trees>

UAV AERIAL PHOTOGRAPHY FOR HIGH-DETAIL MAPPING OF MOUNTAIN TROPICAL FOREST LANDSCAPES

I.P. Kotlov^{1,2}, R.V. Gorbunov^{1,3}, Pham Mai Phuong¹, Dinh Vu Anh Tu¹

¹*Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Vietnam*

²*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russia*

³*T.I. Vяземский Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS, Kurortnoe, Russia*
e-mail: ikotlov@gmail.com, karadag_station@mail.ru, phamphuong911vh@gmail.com,
anhtu2893@gmail.com

The paper describes the features of the implementation of large-scale landscape researches in the mountainous tropical regions of Vietnam. The expediency and inevitability of combining traditional approaches to field large-scale landscape mapping with unmanned aerial photography of the territory is shown. The features of the research at all stages of landscape mapping are revealed. The problems encountered by the researcher in mountainous tropical forests are described. The ways of their solution are suggested. The technique of preparation and implementation of unmanned aerial photography in mountain rainforest conditions is described in detail. Using the example of a specific research area, the possibilities of unmanned aerial photography for landscape mapping and information on the parameters of the structure and functioning of forest ecosystems are shown.

Key words: UAV aerial photography, large-scale landscape mapping, tropical forest landscapes, Bidoup Nui-Ba, Vietnam

Поступила в редакцию 23.07.2017 г.