

УДК 631:659.78:528(075)

М.А. Солоха¹**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОЧВЕННЫХ КОНТУРОВ НА ОСНОВЕ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАЮЩЕГО АППАРАТА**

¹*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского», 61024, Харьков, ул. Чайковского, 4, Украина, e-mail: pochva@meta.ua*

Аннотация. В статье раскрыт методический подход определения почвенных контуров методом аэрофотосъемки с беспилотного летающего аппарата (БЛА) фотоаппаратом Pentax W60. Суть которого заключается в прямых измерениях всех каналов модели RGB в формате JPEG. Показаны в виде статистических графиков особенности определения почвенных контуров разных типов почв на территории Украины. Описана методика полета БЛА, позволяющая повысить точность определения почвенных контуров и уменьшить ошибку при создании ортофотоплана, который является основой при создании почвенной картосхемы.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, почвенный контур, беспилотный летающий аппарат (БЛА), модели RGB.

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 50-х годов 20 века ученые [1, 2] указывали на особые возможности аэрофотоснимков передавать фотоизображения почв, рельефа, растительности одновременно с совокупными взаимосвязями. Аэрофотоснимок, который был сделан с помощью специализированных аэрофотосъемочных комплексов, передавал сложную по многообразию тона и форм, но единственную по составным элементам информацию, что очень актуально и ныне.

Прошло несколько десятилетий, и изменились технические возможности средств съемки, а ставящиеся перед ней научные задачи остались неизменны. В современных условиях аэрофотосъемка производится не на пленку, а на фотосенсор, который вмонтирован в фотоаппарат, в том числе, и бытового уровня [3]. Подобные съемки проводятся все чаще и имеют высокие перспективы дальнейшего использования, поэтому возникает вопрос о возможности получения достоверной информации о состоянии почвенных контуров с помощью фототехники такого уровня. Таким образом, с одной стороны есть технические возможности для исполь-

зования в оперативном картографировании почв, с другой стороны отсутствует методология их использования, что приводит к невозможности систематизации и верификации данных, полученных с БЛА, и поэтому проведение подобных научных исследований актуально.

Методология использования аэрофотоснимков с самолетов была создана и усовершенствована в период 30-90-х годов 20 века [4-11], а также рядом современных исследований [12, 13]. Но особенностью этой методологии является использование всеми исследователями специализированных фотокомплектов, установленных на самолетах, что значительно повышало стоимость аэрофотосъемки. Высокая стоимость этих исследований, послужила причиной научной «остановки» в период с 1991-2002 гг., обусловленной общей политической ситуацией стран СНГ, подобная ситуация сложилась и за рубежом.

Появление нового инструмента (беспилотные авиационные системы), придало новизну этому исследованию. Начиная с 2000-х годов, в этом направлении началось развитие методологической мысли [14-21], в связи с отсут-

ствием или существенным отставанием современной методологии анализа полученных аэрофотоснимков от нового источника поставки снимков БЛА с камерами бытового уровня и их верификации.

В период научного использования БЛА сложилась ситуация, когда при отсутствии аналитической базы для этих аэрофотоснимков приспособливают и используют методическую базу для космических снимков. Наибольшим отрицательным примером, по мнению автора, является использование вегетационных индексов, при том, что они не в состоянии выполнить задачу инвентаризации почв и установления почвенных контуров. Также на результат съемки существенно влияет метеорологическая ситуация в районе проведения съемки, речь идет об облачности, осадках и ветре. Как следствие, влияния природных факторов, появляются факторы технологического плана: неопределенность в порядке работы и алгоритмов применения фотоаппаратуры, порядок удаления влияния метеорологических факторов на ортофотопланы и методические вопросы верного определения контуров почв.

Для достижения поставленной цели – создания методологии картографирования почвенных контуров на основе аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата с использованием камеры бытового уровня, была поставлена следующая задача: проверка методики анализа модели RGB в формате jpeg для определения почвенных контуров на ортофотопланах, снимках без растительности и с нею.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований – почвенный покров различной степени увлажнения.

Съемка БЛА проводилась на тестовых площадках:

- №1.1–1.4 в Черниговской области (г. Репки и его округа).

- №2.1-2.13 в районе населенных пунктов Богуславского района Киевской области, Новоархангельского района Кировоградской области, Чугуевского района Харьковской области.

- №3.1-3.2 в Херсонской области, Скадовской район.

Методы исследований: контактные – классические методы почвоведения (заложение разрезов и прикопок), дистанционные – аэрофотосъемка с помощью беспилотного летательного аппарата.

Регистрацию каналов модели RGB выполняли с помощью фотоаппарата Pentax W60, установленного на БЛА. Технические характеристики: 1/2,3" CCD-матрица, затвор при съемке: 1/5-1/320. ISO 50-1600 в режиме Digital SR (5 Мп). Съемка проводилась в дневные часы (с 9.30 до 17.00) с разных позиций и направлений визирования. Спектральная яркость вычислялась в программном комплексе Erdas Image 9.1. Высота полета БЛА над тестовыми площадками колебалась в диапазоне от 80 м до 100 м, съемка проводилась при разных условиях освещения и облачности для наработки методических решений по снижению влияния этих факторов на достоверность информации. Для решения задачи определения почвенных контуров маршруты БЛА изначально имели разные направления полета и планомерно покрывали площадь каждого поля (полет змейкой). Такой подход занимал много времени (до 40 мин. на 100 га), поэтому маршруты изменили. Измененный маршрут имел вид нескольких спиралей над центром поля сначала снизу вверх, потом сверху вниз. Это позволило исключить ошибки при определении контуров в случае облачности, разных углов освещения и существенно сократило время съемки (до 10 мин на 100 га). При создании ортофотоплана использовали сшивку аэрофотоснимков, в основе которой использовалась модель Брауна (коррекция

дисторсий аэрофотоснимка). При этом обработка снимков проводилась по следующему алгоритму: выравнивание снимков, построение геометрии ортофотоплана (схемы), построение текстуры плана и сохранение проекта (схемы). Для построения ортофотоплана использовались как плановые (ось съемки фотоаппарата 90°), так и перспективные снимки (ось съемки варьировала от 90° до 60°). На основе обработанных по указанному алгоритму снимков устанавливались почвенные неоднородности и их контура на территории поля, затем полученная информация отображалась в виде первичной схемы, которая требовала проверки. Проверку и уточнение почвенных контуров, установленных дистанционно, проводили с помощью натуральных исследований – закладка почвенных разре-

зов с последующим описанием морфологических показателей по почвенному профилю. Затем производилось построение полученных почвенных картосхем с их географической привязкой в соответствующем ГИС пакете (ArcInfo, Mapinfo).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

После съемки проводилось камеральное определение характеристик модели RGB почвенных контуров, как исходных данных для анализа аэрофотоснимков с помощью программного обеспечения Erdas Images 9.1., а именно программного модуля Basic HyperSpectral Tools. В результате получены средние значения спектральных яркостей со стандартными отклонениями, по каждому из каналов на каждой из площадок (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели каналов RGB модели (формат JPEG) исследуемых площадок

№ п/п	Название	Канал R	Канал G	Канал B	Метео условия	Наличие растительности на почве
1	2	3	4	5	6	7
1	Площадка № 1.1. (точка № 1)	124±3,9	104±4,5	168±7,8	солнечно	отсутствует
2	Площадка № 1.1. (точка № 2) фон	109±2,8	94±4,1	104±6,5	солнечно	отсутствует
3	Площадка № 1.2. (точка № 1)	148±3,2	147±5,1	129±6,8	солнечно	отсутствует
4	Площадка № 1.2. (точка № 2) фон	86±2,9	87±4,3	82±8,8	солнечно	отсутствует
5	Площадка № 1.3. (точка № 1)	147±5,1	142±4,5	113±7,4	солнечно	отсутствует
6	Площадка № 1.3. (точка № 2) фон	96±3,2	97±4,3	83±8,1	солнечно	отсутствует
7	Площадка № 1.4. (точка № 1)	132±4,1	125±3,9	105±7,9	солнечно	присутствует
8	Площадка № 1.4. (точка № 2) фон	68±3,8	74±4,5	74±8,4	солнечно	присутствует
9	Площадка № 2.1. (точка № 2)	126±3,8	118±3,9	102±5,7	солнечно	отсутствует
10	Площадка № 2.1. (точка № 3)	131±6,0	122±6,6	102±8,0	солнечно	отсутствует

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
11	Площадка № 2.1. (точка № 1) фон	61±4,1	63±4,1	57±5,2	солнечно	отсутствует
12	Площадка № 2.2. (точка № 1)	153±2,4	138±2,4	128±3,1	солнечно	отсутствует
13	Площадка № 2.2. (точка № 2)	147±4,4	138±4,1	134±5,8	солнечно	отсутствует
14	Площадка № 2.2. (точка № 3) фон	77±3,1	80±3,3	85±4,1	солнечно	отсутствует
15	Площадка № 2.3. (точка № 1)	157±2,6	148±2,7	132±4,8	солнечно	присутствует
16	Площадка № 2.3. (точка № 2) фон	100±2,1	90±2,4	98±2,9	солнечно	присутствует
17	Площадка № 2.4. (точка № 1) фон	98±2,2	92±2,5	104±3,5	солнечно	отсутствует
18	Площадка № 2.4. (точка № 2)	56±2,5	58±2,5	56±3,0	солнечно	отсутствует
19	Площадка № 2.5. (точка № 1)	142±8,8	121±10, 3	82±11,2	густая об- лачность	отсутствует
20	Площадка № 2.5. (точка № 2) фон	38±6,8	36±8,4	41±10,0	густая об- лачность	отсутствует
21	Площадка № 2.6. (точка № 1)	142±5,1	134±5,2	146±5,3	солнечно	отсутствует
22	Площадка № 2.6. (точка № 2) фон	49±6,8	49±6,5	61±6,1	солнечно	отсутствует
23	Площадка № 2.7. (точка № 2) смыв русло	124±1,9	138±1,9	105±3,2	солнечно	отсутствует
24	Площадка № 2.7. (точка № 1) фон	86±2,2	93±2,6	102±3,2	солнечно	отсутствует
25	Площадка № 2.8. (точка № 1) фон	83±3,0	81±2,9	85±3,7	солнечно	отсутствует
26	Площадка № 2.8. (точка № 2)	124±2,4	135±2,5	140±3,3	солнечно	отсутствует
27	Площадка № 2.9. (точка № 1) фон	138±5,2	144±6,4	147±10, 5	густая об- лачность	отсутствует
28	Площадка № 2.9. (точка № 2)	149±4,6	153±5,9	115±9,5	густая об- лачность	отсутствует
29	Площадка № 2.10. (точка № 1)	126±1,7	118±1,8	88±2,8	солнечно	отсутствует
30	Площадка № 2.10. (точка № 2)	115±1,8	114±2,4	107±3,2	солнечно	отсутствует
31	Площадка № 2.10. (точка № 3)	106±3,6	115±5,1	111±7,3	густая об- лачность	отсутствует
32	Площадка № 2.10. (точка № 4)	97±3,3	95±4,7	102±6,2	густая об- лачность	отсутствует
33	Площадка № 2.10. (точка № 5)	100±2,8	98±3,5	97±4,9	солнечно	отсутствует
34	Площадка № 2.10. (точка № 6)	116±4,4	115±5,2	99±7,5	густая об- лачность	отсутствует
35	Площадка № 2.10. (точка № 7) фон	98±3,0	103±3,5	94±5,1	солнечно	отсутствует

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
36	Площадка № 2.11. (точка № 1) фон	82±1,6	86±1,7	93±2,2	солнечно	отсутствует
37	Площадка № 2.11. (точка № 2)	124±1,6	112±1,9	120±2,2	солнечно	отсутствует
38	Площадка № 2.11. (точка № 3) фон	92±2,0	90±2,3	89±3,4	солнечно	отсутствует
39	Площадка № 2.11. (точка № 4)	94±1,2	91±1,4	85±2,0	солнечно	отсутствует
40	Площадка № 2.12. (точка № 1) фон	57±3,0	68±3,5	65±4,9	солнечно	отсутствует
41	Площадка № 2.12. (точка № 2)	93±2,3	88±2,5	92±3,8	солнечно	отсутствует
42	Площадка № 2.13. (точка №2)	148±1,3	136±1,3	124±1,8	солнечно	отсутствует
43	Площадка № 2.13. (точка № 1) фон	82±1,4	82±1,4	78±1,8	солнечно	отсутствует

На основе этих данных построены трехмерные графики, которые наглядно показывают разницу по каналам, между смытым или деградированными грунтовыми контурами и фонами на тех же площадках (рисунок 1).

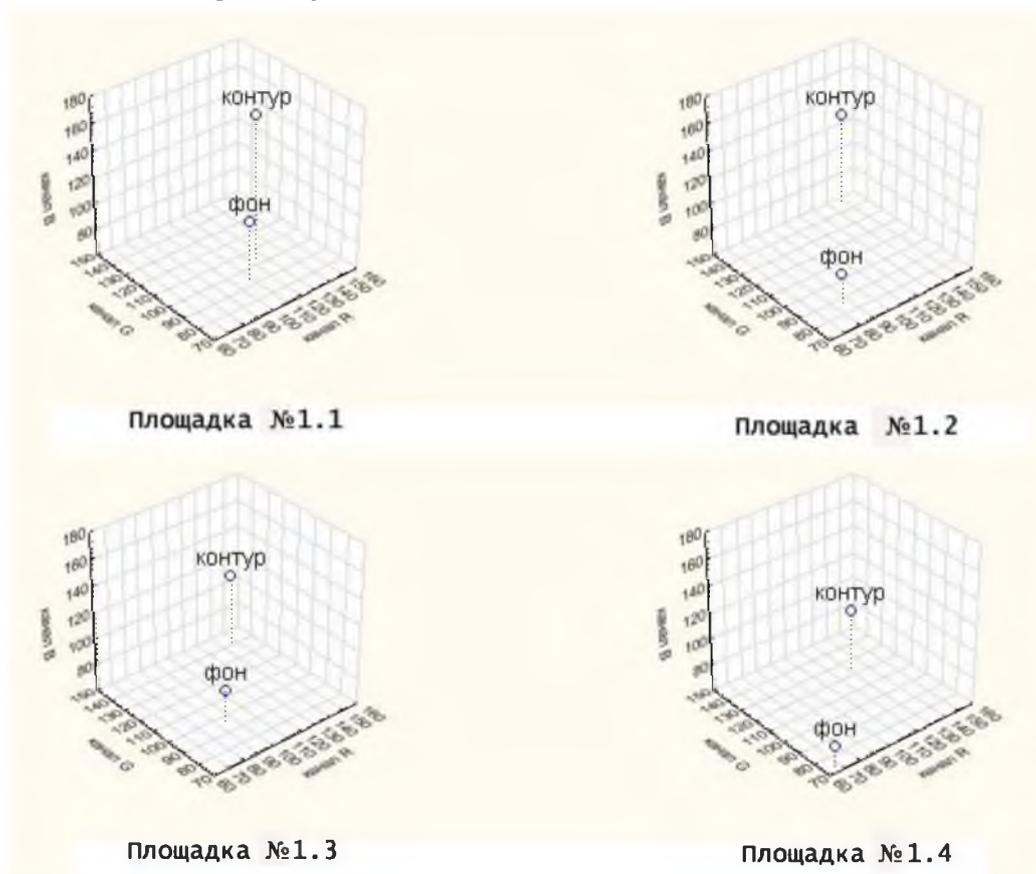


Рисунок 1 – Характеристики каналов модели RGB площадок № 1.1-1.4, дерново-подзолистая почва

В литературе встречается описание результатов дешифрирования почвенных контуров дерново-подзолистых почв [1], которые имеют более светлый тон по отношению к другой площади поля.

Результаты аэрофотосъемки подтверждают факт более светлого тона дерново-подзолистых почв по всем трем каналам модели RGB. Но в случае

съемки бытовой камерой контрастность между контуром и фоном очень велика (рисунок 2) независимо от географии съемки на разных площадках и временных условий съемки. Исходя из результатов съемки, можно по-разному трактовать понятие «фон», особенно на дерново-подзолистых почвах, типичный аэрофотоснимок которых приведен на рисунке 2.

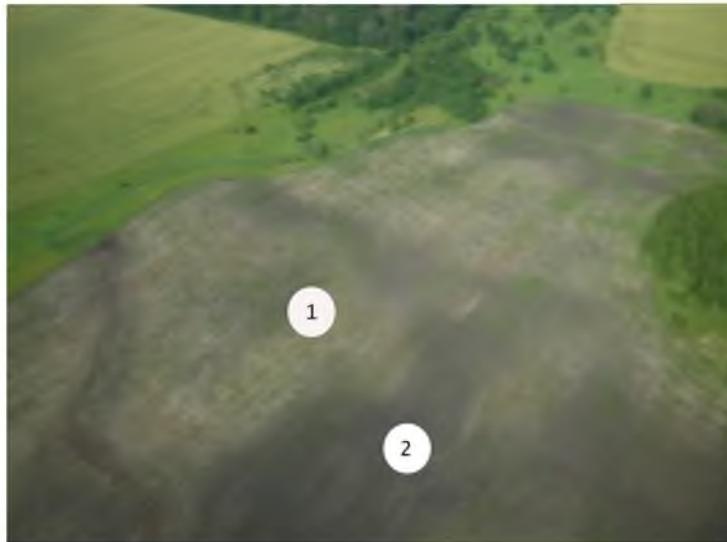


Рисунок 2 – Перспективный снимок микрорельефа на дерново-подзолистых почвах Украинского Полесья (1 – фон, 2 – почвенный контур понижение)

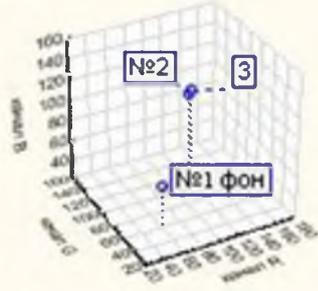
Визуальный и компьютерный анализ подтверждают разницу между более темным «фоном» и освещенными участками почвенных контуров. Однако, по мнению автора, функциональное назначение в этом случае темного фона - это сток, который постоянно увлажняет почву и формирует на поле соответствующую сеть стока. Принять эти участки как фоновые было бы некорректным, потому что на них практически нет какой-либо растительности и выращивание урожая на них усложнено. Поэтому предлагается как фоновые значения на дерново-подзолистых почвах принять именно освещенные контуры.

Погодные условия при съемке дерново-подзолистых почв значительно ухудшают качество аэрофотосъемки

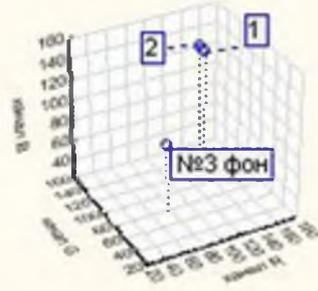
(речь идет об облачности и дожде). По результатам аэрофотосъемки наблюдается увеличение значений каналов G, B и потеря резкости снимков, однако отделить контуры все равно можно. Колебания в единицах каналов R, G зависят от количества облучения солнечной радиации, и в целом наблюдается влияние облачности на эти два канала.

Частично исправить ситуацию с диагностикой почвенных контуров возможно с помощью программного обеспечения ErdasImage (по данным автора примерно в 50 % случаев).

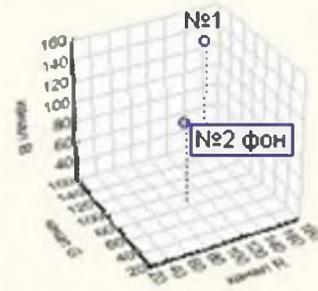
Более подробно следует остановиться на съемках чернозема типичного (рисунок 3, а-в), как почвы наиболее продуктивной и распространенной на Украине.



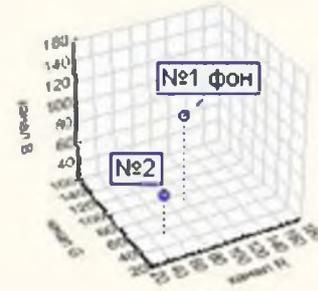
Площадка № 2.1



Площадка № 2.2

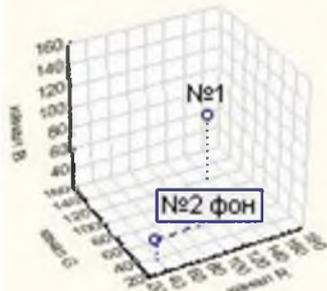


Площадка № 2.3

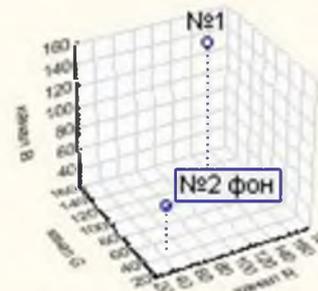


Площадка № 2.4

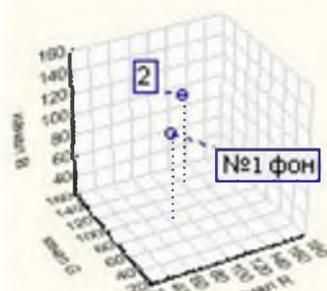
а



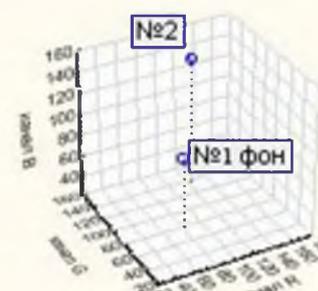
Площадка № 2.5



Площадка № 2.6

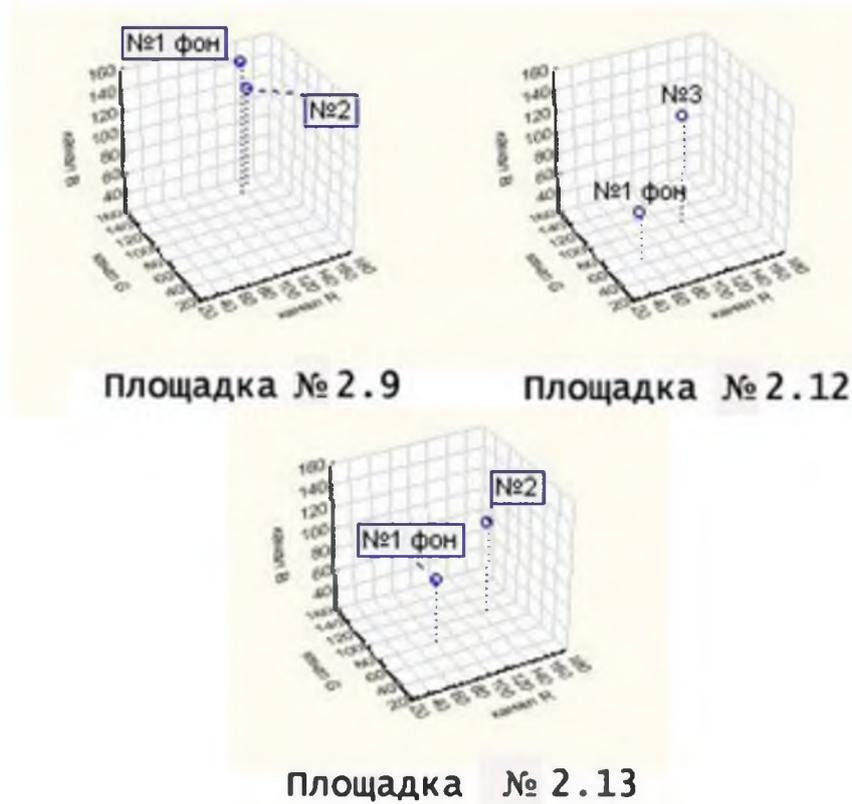


Площадка № 2.7



Площадка № 2.8

б



В

Рисунок 3 – Характеристики каналов модели RGB площадок № 2.1.- 2.13, чернозем типичный (а-в)

Съемки всех площадок с черноземом типичным показывают разницу между фоновыми значениями и более освещенными контурами на этих площадках. При более подробном анализе выявлены некоторые особенности распределения результирующих данных на графиках. На площадках №2.5; 2.9 при проведении съемки была густая облачность, согласно логике они должны быть несколько схожи между собой, но на площадке 2.5 была только облачность, а на площадке №2.9 прошел еще и дождь, что привело практически к слиянию данных. Поэтому в дальнейшем не рекомендуется проводить съемку при дождевых условиях. На площадке №2.3, наличие растительности в начале вегетации (пшеница озимая) системно повысило результаты относительно фона и контура на поле.

Проведение полевых исследований для проверки туров аэрофотосъем-

ки было согласовано и проводилось в одно и то же время. На площадке №2.1 почвенный разрез, который был заложен в районе фонового, значение имеет гумусовый горизонт Н 0-41 см, а грунтовые разрезы, соответствующие точкам №2; 3 – Нк 0-32 см. На площадке №2.4 гумусовый горизонт Нк 50 см, а в прикопках – 35 см.

В условиях лесостепи в Киевской области, район г. Богуслава был сделан тур аэрофотосъемок с закладкой грунтовых разрезов. В результате дистанционного и полевого анализа установлено, на территории площадки № 2.10, 2.11 являются следующие типы почвы: 1, 2 – серая лесная, 3 – лугово-болотная, 4 – темно-серая оподзоленная, 5, 6 – щелочно-черноземная, 7 (фон) – темно-серая оподзоленная. Установлено, что показанные грунтовые контуры практически не имеют гумусового горизонта, а контуры с темной окраской

(разрезы 3,4) имеют мощные Н горизонты ($\approx 40-42$ см).

ВЫВОДЫ

1. В результате полученного опыта установлено, что визуально отделять грунтовые контуры можно и на перспективных снимках.

2. Бытовая камера передает те же цвета, что и профессиональные аэрофотокомплексы, которые установлены на самолетах.

3. Выявление почвенных контуров возможно под растительностью дистанционными методами в зависимости от состояния растительности, времени съемки и широты.

4. Модель Брауна при построении грунтовых картосхем, карт, установления почвенных контуров и контуров

сельскохозяйственной растительности имеет большие перспективы. Реализация модели Брауна доступна в программном обеспечении PhotoScan. Существуют определенные ограничения на применение этой модели при съемке объектов, имеющих определенную высоту (лесополосы, застройка). При построении модели, она искажается и не может быть использована для измерения площадей почвенных контуров.

5. Эродированные грунтовые контуры имеют повышенную спектральную яркость, даже под любой сельскохозяйственной растительностью. Значение спектральной яркости колеблется от 90 до 140 (по всем каналам модели RGB).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Афанасьева Т.В. Использование аэрометодов при картировании и исследовании почв. – М.: Изд-во МГУ, 1965. – С. 110-144.
- 2 Андроников В.Л. Аэрокосмические методы изучения почв. – М.: Колос, 1979. – 280 с.
- 3 Сечин А.Ю., Дракин М.А., Киселева А.С. Беспилотный летательный аппарат: Применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. – М.: Ракурс, 2011. – Ч. 2. – С. 1-12.
- 4 Афанасьева Т.В., Трифонов Т.А. Типология пойменных земель р. Оби на основе комплексного дешифрирования материалов аэрокосмической съемки // Вестник МГУ. Серия 17 «Почвоведение». – 1983. – № 4. – С. 3-9.
- 5 Виноградов Б.В. Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – 247 с.
- 6 Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
- 7 Виноградов Б.В. Аэрометоды изучения растительности аридных зон. – М.-Л.: Наука, 1966. – 361 с.
- 8 Гавеман А.В., Ливеровский Ю.А. Аэрофотосъемка в почвенном картировании // Почвоведение. – М., 1953. – №3. – С. 1-9.
- 9 Вопросы аэрофотосъемки // Географический сборник. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – Вып. 7. – 176 с.
- 10 Гольдман Л.М. Применение цветной аэросъемки для изучения местности (дешифрирование цветных аэрофотоснимков) // Труды ЦНИИГАиК. – М.: Геодезиздат, 1960. – Вып. 137. – 172 с.
- 11 Кренке А.Н. Коррекция почвенных карт на основе данных дистанционного зондирования и цифровой модели рельефа // В сб.: Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. – М., 2012. – С. 284-302.

12 Аэрокосмические снимки в изучении высокогорья. Динамика оледенения. Стихийно-разрушительные явления [Электронный ресурс]: интернет-семинары Межуниверситетского аэрокосмического центра. – Электрон.журн. – М., 2018. – Режим доступа к журн.: http://www.geogr.msu.ru/science/aero/center/int_sem5/int_sem5.htm, свободный.

13 Золотарев Е.А. Эволюция оледенения Эльбруса. – М.: Научный мир, 2009. – 230 с.

14 Barouchas P.E., Moustakas N.K. Soil colour and spectral analysis employing linear regression models I. Effect of organic matter. – Athens, 2003. – P. 1-4.

15 Ballesteros R., Ortega J.F., Hernández D., Moreno M.A. Description of image acquisition and processing. Precision Agriculture // Applications of georeferenced highresolution images obtained with unmanned aerial vehicles. – 2014. – Part I, Vol. 15/6. – P. 579-592.

16 Colomina, I., Molina, P. Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2014. – P. 79-97.

17 Darwin N., Hamid N.F.A., Udin W.S., Mohd N.A.B. Light Weight Rotatory-Wing UAV for large scale mapping applications. – Kuala Lumpur, 2013. – P. 24-26.

18 Eisenbeiss H. The Potential of Unmanned Aerial Vehicles for Mapping, in: Fritsch/Spiller (eds.): Photogrammetric Week. – Wichmann Verlag, Heidelberg, 2011. – P. 135-145.

19 Eisenbeiss H. UAV Photogrammetry: PhD Dissertation / Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH. – Zurich, Switzerland, Mitteilungen, 2009. – 235 p. – N. 105.

20 Everaerts J. The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVS) for remote sensing and mapping. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial. – 2008. – 20 p.

21 Gilch E. Photogrammetric measurements in fixed wing UAV imagery International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Information Sciences XXXVII (B1). – 2012. – P.1187–1192.

REFERENCES

1 Afanasyeva T.V. Ispolzovaniye aerometodov pri kartirovanii i issledovanii pochv. – М.: Izd-vo MGU, 1965. – S. 110-144.

2 Andronikov V.L. Aerokosmicheskiye metody izucheniya pochv. – М.: Kolos, 1979. – 280 s.

3 Sechin A.Yu., Drakin M.A., Kiseleva A.S. Беспилотный летательный аппарат: Применение в tselyakh aerofotosyemki dlya kartografirovaniya. – М.: Rakurs, 2011. – Ch. 2. – S. 1-12.

4 Afanasyeva T.V., Trifonov T.A. Tipologiya poymennykh zemel r. Obi na osnove kompleksnogo deshifirovaniya materialov aerokosmicheskoy syemki // Vestnik MGU. Seriya 17 «Pochvovedeniye». – 1983. – № 4. – S. 3-9.

5 Vinogradov B.V. Aerokosmicheskiye metody v pochvovedenii i ikh ispolzovaniye v selskom khozyaystve. – М.: Nauka, 1990. – 247 s.

6 Vinogradov B.V. Aerokosmichesky monitoring ekosistem. – М.: Nauka, 1984. – 320 s.

7 Vinogradov B.V. Aerometody izucheniya rastitelnosti aridnykh zon. – М.-Л.: Nauka, 1966. – 361 s.

8 Gaveman A.V., Liverovsky Yu.A. Aerofotosyemka v pochvennom kartirovanii // Pochvovedeniye. – М., 1953. – №3. – S. 1-9.

- 9 Voprosy aerofotosyemki // Geografichesky sbornik. – M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1955. – Вып. 7. – 176 s.
- 10 Goldman L.M. Primeneniye tsvetnoy aerosyemki dlya izucheniya mestnosti (deshifirovaniye tsvetnykh aerofotosnimkov) // Trudy TsNIIGAiK. – M.: Geodezizdat, 1960. – Вып. 137. – 172 s.
- 11 Krenke A.N. Korrektsiya pochvennykh kart na osnove dannykh distantsionnogo zondirovaniya i tsifrovoy modeli relyefa // V sb.: Tsifrovaya pochvennaya kartografiya: teoreticheskiye i eksperimentalnye issledovaniya. – M., 2012. – S. 284-302.
- 12 Aerokosmicheskiye snimki v izuchenii vysokogorya. Dinamika oledeneniya. Stikhyno-razrushitelnye yavleniya [Elektronnyy resurs]: internet-seminary Mezhhuniverstitetskogo aerokosmicheskogo tsentra. – Elektron.zhurn. – M., 2018. – Rezhim dostupa k zhurn.: http://www.geogr.msu.ru/science/aero/center/int_sem5/int_sem5.htm, svobodny.
- 13 Zolotarev Ye.A. Evolyutsiya oledeneniya Elbrusa. – M.: Nauchny mir, 2009. – 230 s.
- 14 Barouchas P.E., Moustakas N.K. Soil colour and spectral analysis employing linear regression models I. Effect of organic matter. – Athens, 2003. – R. 1-4.
- 15 Ballesteros R., Ortega J.F., Hernández D., Moreno M.A. Description of image acquisition and processing. Precision Agriculture // Applications of georeferenced highresolution images obtained with unmanned aerial vehicles. – 2014. – Part I, Vol. 15/6. – R. 579-592.
- 16 Colomina, I., Molina, P. Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2014. – P.79-97.
- 17 Darwin N., Hamid N.F.A., Udin W.S., Mohd N.A.B. Light Weight Rotatory-Wing UAV for large scale mapping applications. – Kuala Lumpur, 2013. – P. 24-26.
- 18 Eisenbeiss H. The Potential of Unmanned Aerial Vehicles for Mapping, in: Fritsch/Spiller (eds.): Photogrammetric Week. – Wichmann Verlag, Heidelberg, 2011. – P. 135-145.
- 19 Eisenbeiss H. UAV Photogrammetry: PhD Dissertation / Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH. – Zurich, Switzerland, Mitteilungen, 2009. – 235 p. – N. 105.
- 20 Everaerts J. The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVS) for remote sensing and mapping. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial. – 2008. – 20 r.
- 21 Gilch E. Photogrammetric measurements in fixed wing UAV imagery International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVII (B1). – 2012. – R.1187-1192.

ТҮҮІН

М.А. Солоха¹

ПИЛОТСЫЗ ҰШҚЫШ АППАРАТПЕН АЭРОФОТОТҮСІРІЛІМ НЕГІЗІНДЕ ТОПЫРАҚ
КОНТУРЛАРЫН АНЫҚТАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК ТӘСІЛДЕРІ

¹«А.Н. Соколов атындағы топырақтану және агрохимия институты»
Ұлттық ғылыми орталығы 61024, Харьков, Чайковский көш, 4, Украина,
e-mail: pochva@meta.ua

Мақалада Pentax W60 фотоаппаратымен пилотсыз ұшқыш аппаратпен (ПҰА) аэрофототүсірілім негізінде топырақ контурларын анықтаудың әдістемелік тәсілдері ашылған. Мәні JPEG форматта RGB моделінің барлық арналарын тікелей өлшеу болып

табылады. Украина аумағында әртүрлі топырақ типтерінің ерекшеліктерін анықтау статистикалық кестелер түрінде көрсетілген. Ол топырақ контурларын анықтау дәлдігін арттыруға және топырақтың картосызбанұсқасын құру кезінде негізі болып табылатын ортофотоплан құру кезінде қатені азайтуға мүмкіндік беретін ПҰА ұшу әдістемесі сипатталған.

Түйінді сөздер: аэрофототүсірілім, топырақ контуры, пилотсыз ұшқыш аппаратпен (ПҰА), RGB моделі.

SUMMARY

M.A. Solokha¹

THE METHODOLOGICAL APPROACH OF DETERMINING SOIL CONTOURS BY THE METHOD OF AERIAL PHOTOGRAPHY FROM AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

*¹National scientific center «Institute for soil science and agrochemistry research named after O.N.Sokolovsky», 61024, Kharkiv, 4, Chaikovska Str., Ukraine,
e-mail: pochva@meta.ua*

The methodological approach of determining soil contours by the method of aerial photography from an unmanned aerial vehicle (UAV) with a Pentax W60 camera is disclosed in the article. The essence of the definition lies in direct measurements of all channels of the RGB model in JPEG format. Features are shown when determining soil contours of different soil types on the territory of Ukraine in the form of statistical plots. The technique of UAV flight for accurate determination of soil contours is described and reduces the error when creating an orthophotomap as a basis for creating a soil map based on an orthophotomaps.

Key words: aerial photography, soil contour, UAV (unmanned aerial vehicle), RGB model.