

2. Алексеев, В.Е. Черноземы типичные на покровных отложениях водоразделов Молдовы и Среднерусской возвышенности: баланс минералов / В.Е. Алексеев // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 1(58). – С. 45–54.

GRAY FOREST SOILS ON THE COVERING SEDIMENTS OF MOLDOVA AND THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND: THE BALANCE OF MINERALS

V.E. Alekseev

Summary

It is established that irrespective of the origin of the soil-forming rocks (cover loams of different genesis), the gray forest soils of Moldova and the Central Russian upland are similar in mineralogical composition and volumes of losses of primary minerals as a result of weathering and soil formation processes. According to the total losses with clay minerals, the younger age of the soil on the Central Russian upland is ahead of the Moldovan analogue. A corresponding explanation has been proposed for this phenomenon. The identity of the mineralogical composition of the loess-like cover loam of Moldova and the cover loam on the moraine of the Russian plain testifies to the genetic proximity of these formations. It has been established that the methodology for calculating the balance of minerals used in Moldova has found application in the study of soils on the Russian plain.

Поступила 30.03.18

УДК 631:659.78:528(075)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ НА ОСНОВЕ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

М.А. Солоха

*Институт почвоведения и агрохимии имени О.Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

В развитых странах Европы, таких как Германия, Франция, а также в США и Израиле сегодня развивают новое направление мониторинга, которое включает в себя аэрофотосъемку с помощью беспилотников или БАК – беспилотных авиационных комплексов [1–122]. Однако в литературе практически не встречаются работы, посвященные анализу агрохимических показателей с помощью аэрофотосъемки с БАК, за исключением анализа вегетационных индексов, кото-

рые, по мнению автора, малопригодны для решения подобных вопросов. Данное направление является очень актуальным и перспективным, поскольку позволяет оперативно оценивать состояние почвенного покрова.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основной целью исследований было: установить связь микрорельефа с почвенными показателями (углерод органического вещества, $pH_{\text{вод}}$, $pH_{\text{сол}}$, катионно-анионный состав, макро- и микроэлементы, гранулометрический состав) и показать результаты по определению этих показателей на основе аэрофотоснимков (ортофотопланов).

Исследования проводились на территории хозяйства «Граковское» Харьковской области, преобладающая почва – чернозем типичный среднесуглинистый, а также на территории н.п. Баратовка Снегиревского района Николаевской области, преобладающая почва – чернозем южный, малогумусный, тяжелосуглинистый.

Использовались классические методы почвоведения – заложение разрезов и прикопок; для определения почвенных показателей – лабораторные методы согласно действующим нормативным документам Украины; дистанционные методы – аэрофотосъемка с помощью беспилотного летательного аппарата.

Регистрацию каналов модели RGB выполняли с помощью фотоаппарата Pentax W60, установленного на БАК. 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. Высота полета БАК 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 их влияния на достоверность информации.

Определение мест отбора проб для последующего инструментального анализа проводилось на картосхемах, которые строились на основе ортофотоплана (аэрофотосъемка с БАК) поля. Ортофотоплану присваивались географические координаты, согласно стандартных методов географической привязки в географической информационной системе (Mapinfo). Графическим инструментарием ГИС дешифрировались контуры растительности в начале и в течение ее вегетации. После чего слой с ортофотопланом отключался, а на слой изолиний, который был создан, намечались точки отбора образцов для последующего инструментального анализа. Съемки и отбор образцов проводили несколько раз в течение года: 05.05.2017 г.; 25.05.2017 г.; 23.06.2017 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На всех объектах контуры полей визуально отделялись на ортофотопланах при любых погодных условиях. Образцы на территории хозяйства «Граковское» отбирались в нескольких местах поля, включая микропонижения, определяемые на основе ортофотопланов. Но если на поле № 1 микропонижения имели размеры более 30 м (более блюдopodobное), то на поле № 2 размер микропонижения

в 10 раз меньше. При учете урожая на обоих участках наблюдалась низкая урожайность как сои (поле № 1) так и озимой пшеницы (поле № 2).

В образцах, отобранных в пределах почвенного контура (фон и в понижении) на территории поля № 1 (рис. 1, номер 1), в результате химического анализа были получены данные по содержанию углерода, $pH_{\text{сол}}$ и $pH_{\text{вод}}$ (табл. 1), катионно-анионному составу (табл. 2), а также гранулометрическому составу (табл. 3).

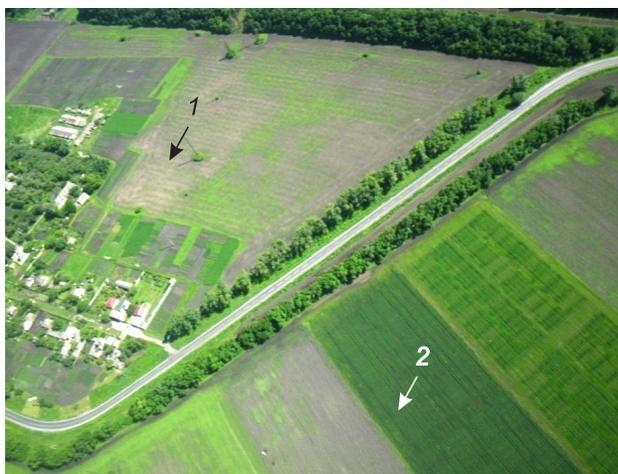


Рис.1. Объекты исследования поля № 1, 2

Таблица 1

Содержание углерода органического вещества и pH в почвенных образцах поля № 1

№ образца	Содержание углерода органического вещества, % 05.05.2017 г.	Содержание углерода органического вещества, % 25.05.2017 г.	Содержание углерода органического вещества, % 23.06.2017 г.	$pH_{\text{сол}}$ 25.05.2017 г.	$pH_{\text{вод}}$ 25.05.2017 г.
1 понижение	2,38	2,74	2,72	4,67	6,44
2 понижение (повторение)	2,43	2,78	2,86	4,78	6,60
3 понижение (повторение)	2,52		2,83	4,70	6,60
4 фон	3,15	3,2	3,16	5,69	7,37
6 фон (повторение)	3,09	–	–	6,26	7,74
6 фон (повторение)	3,06	–	–	5,72	7,35

В блюдоподобном понижении наблюдалось всегда более низкое содержание углерода в слое (0–30 см). Также наблюдалась четкая разница между значениями показателей: $pH_{\text{сол}}$, $pH_{\text{вод}}$, количеством ионов Ca^{2+} образцов, отобранных на фоне и в понижении, что связано с промывкой карбонатов в понижении (табл. 1, 2), в остальных значениях существенная разница отсутствует.

Гранулометрический состав этих образцов существенно не отличался (табл. 3).

Таблица 2

Катионно-анионный состав почвенных образцов поля № 1

№ образца	HCO ₃ ⁻		Cl ⁻		SO ₄ ⁻²		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ⁺		K ⁺	
	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %
1 понижение	0,06	0,0037	0,05	0,002	0,12	0,006	0,12	0,002	0,06	0,001	0,03	0,001	0,02	0,0008
2 понижение (повторение)	0,06	0,0037	0,06	0,002	0,13	0,006	0,14	0,003	0,06	0,001	0,03	0,001	0,02	0,0008
3 понижение (повторение)	0,08	0,0049	0,06	0,002	0,11	0,005	0,13	0,003	0,07	0,001	0,03	0,001	0,02	0,0008
4 фон	0,20	0,012	0,07	0,002	0,06	0,003	0,18	0,004	0,10	0,001	0,03	0,001	0,02	0,0008
6 фон (повторение)	0,25	0,015	0,07	0,002	0,09	0,004	0,23	0,005	0,14	0,002	0,03	0,001	0,01	0,0004
6 фон (повторение)	0,14	0,009	0,07	0,002	0,14	0,007	0,16	0,003	0,12	0,001	0,05	0,001	0,02	0,0008

Таблица 3

Гранулометрический состав почвенных образцов поля № 1

№ образца	Содержание гранулометрических фракций, %						Сумма фракций < 0,01
	1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,001-0,005 мм	0,005-0,001 мм	< 0,001 мм	
1 понижение	4,42	7,88	39,65	10,92	16,02	21,11	48
2 понижение (повторение)	3,76	8,55	38,47	11,53	13,90	23,79	49
3 (фон)	4,16	6,55	42,84	7,93	16,02	22,50	47
4 (фон)	4,14	9,60	37,80	9,58	14,99	23,89	49

В образцах, отобранных в пределах почвенного контура (фон и в понижении) на территории поля № 2 (рис. 2), в результате химического анализа были получены данные по содержанию подвижных соединений фосфора и калия (по Чирикову), а также разных форм азота (табл. 4).

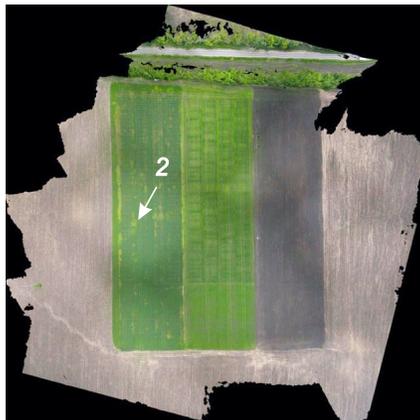


Рис. 2. Пример микропонижения на территории поля № 2

Таблица 4

Агрохимические показатели в грунтовых образцах поля № 2

№ образца	P ₂ O ₅ , мг/кг	P ₂ O ₅ градации	K ₂ O, мг/кг	K ₂ O градации	NO ₃ , мг/кг	NH ₄ , мг/кг	NH ₄ градации
1 понижение	83,30	Среднее	99,41	Повышенное	1,82	3,62	Низкое
2 понижение (повторение)	48,09	Низкое	90,37	Повышенное	1,95	5,39	Низкое
3 (понижение)	62,40	Среднее	63,26	Среднее	1,99	5,32	Низкое
4 (гребень)	46,66	Низкое	81,34	Повышенное	1,55	1,85	Низкое
5 (гребень)	68,13	Среднее	120,50	Высокое	0	2,61	Низкое

Анализ данных табл. 4 существенной разницы между значениями определяемых показателей в образцах отобранных на фоне и в понижении не выявил.

Это можно объяснить активным протеканием процессов денитрификации в условиях долгой весны, что подтверждалось определением азота методом листовой диагностики (уровень содержания хлорофилла (SPAD 502Plus)): в обоих случаях наблюдалось низкое содержание азота в листовых пластинах (35, 38 условных единиц). Возможно в течение нескольких лет при постоянном наблюдении установить зависимости по минеральному азоту (за счет зависимости между хлорофиллом и азотом в растениях).

Не наблюдалось также существенной разницы значений pH водного (во всех случаях было на уровне от 4,67 до 5,99). В отличие от значений pH солевого, для которых наблюдалась четкая разница между определением в микропонижении (4,67–4,80) и фоном (5,69–6,26), что косвенно отразилось в накоплении ионов кальция (соответственно 20,09 и 31,6). Такое содержание кальция является следствием глеевых процессов, при которых могут создаваться различные соединения

(например, железа), что является одним из признаков снижения поглощенного Ca^{2+} .

Анализ гранулометрического состава образцов поля № 2 не выявил существенной разницы между контуром и фоном.

Для исследования содержания микроэлементов в 2015 году на территории хозяйства «Граковское» был заложен опыт, над которым в последующие годы проводились туры аэрофотосъемки, но в результате не получено существенной разницы значений содержания микроэлементов в образцах. Таким образом, зависимость между содержанием микроэлементов в почве и их визуальной индикации на аэрофотоснимках на территории исследования не установлена.

Минимальные колебания микрорельефа (50–60 см) приводят к отставанию в развитии растений в микропонижениях и склонах. Микрорельеф (за годы съемок: 2012–2017 гг.) является постоянным, неизменным на поле и идентифицируется сельскохозяйственными культурами и полевой растительностью (сорняками).

В течение периода наблюдения было установлено, что в период засушливого года или летом особенно четко прослеживается микрорельеф как под растительностью, так и без нее.

Для проверки гипотезы о связи микрорельефа с почвенными показателями также проводилась съемка на территории Снегиревского района Николаевской области (юг Украины), н.п. Баратовка (рис. 3).



Рис. 3. Площадка исследования в с. Баратовка

По результатам съемки было отобрано два образца (табл. 5–7). Оба образца хлоридно-гидрокарбонатно кальциево-натриевые. Почва второго образца имеет более высокую щелочность ($\text{pH}_{\text{сол}}$ 6,88). Также во втором образце в 2,5 раза больше, чем в первом, содержание ионов натрия, что свидетельствует о слабой степени солонцеватости. Содержание углерода органического вещества в микропонижениях отличается от фона на 1–1,2 %.

Таблица 5

Агрохимические показатели почвенных образцов в н.п. Баратовка

№ образца	C, %	$\text{pH}_{\text{вод}}$	$\text{pH}_{\text{сол}}$
1	1,56	7,03	5,62
2	1,59	7,81	6,88

Таблица 6

Гранулометрический состав

№ образца	Содержание гранулометрических фракций, %					Содержание физической глины
	1–0,25 мм	0,25–0,05 мм	0,05–0,01 мм	0,001–0,005 мм	0,005–0,001 мм	
1	1,39	12,50	34,51	6,54	11,12	51,6
2	1,57	11,65	35,48	8,60	8,14	51,3

Таблица 7

Катионно-анионный состав почвенного образца

№ образца	HCO ₃ ⁻		Cl ⁻		SO ₄ ⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ⁺		K ⁺	
	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %	Количество эквивалентов, ммоль/100 г	Массовая часть, %
1	0,45	0,027	0,13	0,005	0,08	0,004	0,21	0,004	0,04	0,0005	0,39	0,009	0,02	0,0016
2	0,88	0,054	0,33	0,011	0,24	0,011	0,32	0,006	0,05	0,001	0,92	0,021	0,16	0,006

Таким образом, в южных степных районах подтверждается только связь микрорельефа со значением $pH_{\text{сол}}$.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что в оптическом диапазоне в результате анализа модели JPEG наиболее подвержено дешифровке содержание углерода органического вещества, который четко идентифицируется по микрорельефам (западинам). Средний класс диагностики – $pH_{\text{вод}}$, $pH_{\text{сол}}$. Низший класс – ионы Ca^{2+} . В этом случае картосхема агрохимических показателей будет выглядеть следующим образом (рис. 4).



Рис. 4. Картосхема, на основе аэрофотосъемки (над чертой – содержание углерода органического вещества, %; под чертой – $pH_{\text{вод}}$. Замкнутые круги – микропонижения, установленные по результатам оперативной аэрофотосъемки)

Такого рода оперативные картосхемы целесообразно использовать как промежуточный этап для практических работ, таких как опрыскивание СВР, внесение удобрений и т.д.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что некоторые агрохимические показатели на черноземе типичном в зависимости от микрорельефа могут анализироваться сразу с аэрофотоснимков по измененному цвету растительности (либо отсутствию ее) в микропонижениях при условии более светлого фона микропонижения по отношению к остальному фону почвы в районе исследования.

2. Перечень показателей, которые могут быть идентифицированы: углерод органического вещества, $pH_{\text{сол}}$, $pH_{\text{вод}}$. Косвенно – Ca^{2+} . В микропониже-

ниях содержание углерода органического вещества всегда ниже фона, $pH_{\text{вод}}$, $pH_{\text{сол}}$, Ca^{2+} ниже фона на 1, 2 единицы.

3. Зависимостей по другим почвенным показателям в оптическом диапазоне с помощью фотоаппарата Pentax W60 установлено не было.

4. Установлено, что растительность в местах понижений / повышений всегда имеет другой цвет по сравнению с остальной частью поля, который очень четко идентифицируется на аэрофотоснимках и ортофотопланах на их основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Applications of georeferenced highresolution images obtained with unmanned aerial vehicles. Part I: Description of image acquisition and processing / R. Ballesteros [et al.] // Precision Agriculture. – 2014. – Vol. 15/6. – P. 579–592.

2. *Colomina, I.* Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review / I. Colomina, P. Molina // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2014. – № 92. – P. 79–97

3. Light Weight Rotatory-Wing UAV for large scale mapping applications / N. Darwin [et al.] // Asia Geospatial Forum. – Kuala Lumpur, Malaysia, 2013. – P. 24–26.

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

5. *Eisenbeiss, H.* UAV Photogrammetry : PhD Dissertation / H. Eisenbeiss; Institute of Geodesy and Photogrammetry – ETH. – Zurich, Switzerland, 2009. – 235 p.

6. *Everaerts, J.* The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVS) for remote sensing and mapping / J. Everaerts // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial G.S.Maddala Introduction to Econometrics. – Macmillan Publ. Co., 2008. – P. 1187–1192

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

8. *Jorge, C.* Desenvolvimento de um VANT totalmente configurado para aplicaxes em Agricultura de Preciso no Brasil / C. Jorge, Y. Inamasu, B. Carmo // Anais XV Simpysio Brasileiro. – 2011. – P. 399–406.

9. Low Power Greenhouse Gas Sensors for Unmanned Aerial Vehicles / A. Khan [et al.]. – 2012. – P. 1355–1368.

10. Multispectral Remote Sensing from Unmanned Aircraft: Image Processing Workflows and applications for Rangeland / A. Laliberte [et al.]. – 2011. – P. 2530–2551.

11. *Makridakis, S.* Forecasting: Methods and Applications / S. Makridakis, S.C. Wheelwrite, V.E. McGee. – N.Y., Wiley, 1983. – P. 158–159.

12. *Turner, D.* An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds / D. Turner, A. Lucieer, C. Watson // Remote Sensing. – 2012. – № 4 – P. 1392–1410.

DETERMINATION AGROCHEMICAL SOIL INDICATORS BASED ON UAV AEROPHOTO

M.A. Solokha

Summary

The article shows the results of the work to determine the dependencies of the microrelief on test objects (fields) and agrochemical soil indices. The questions of the methodical character of shooting from a drone, the definition of a list of agrochemical indicators, the search for dependencies between them, and the results of the chemical analysis of soil samples, selected from micro-depressions on the field and background, are considered. As a result of the carried out work, it is established that in the optical range, the sensor from an UAV can indirectly establish the following parameters: carbon of organic matter, pH of salt, pH of water, Ca²⁺.

Поступила 27.04.18

УДК 631.434.1

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ЛАБИЛЬНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В СТРУКТУРНЫХ АГРЕГАТАХ ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А.И. Фатеев, В.В. Рябченко

*ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского»,
г. Харьков, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Структура почвы является одним из главных факторов ее плодородия: в ней создаются оптимальные условия водного, воздушного и теплового режимов, которые обуславливают оптимальную микробиологическую деятельность, а также достаточное содержание и доступность питательных веществ.

В литературных источниках по изучению структуры почвы недостаточно освещен вопрос содержания микроэлементов в структурных фракциях при различных видах использования. В.В. Медведев [10] установил, что в результате длительной распашки черноземов типичных значительно изменяется их структурный состав. Происходит снижение содержания агрономически ценных агрегатов (10–0,25 мм) в пахотных черноземах, а на целине увеличивается количество глыб (>10 мм). В.И. Филон [14] исследовал изменение структуры почвы на удобренном варианте при внесении различных форм минеральных удобрений и на контроле. В результате исследований он обнаружил, что при внесении диааммофоса в почве произошли существенные изменения в структурных фракциях размером >10 мм и <0,25 мм. Если на удобренных почвах содержание агрегатов >10 мм составило 15,7 %, то на удобренных – 19,8 %. Содержание агрегатов <0,25 мм на указанных вариантах составило соответственно 10,5 % и 11,2 %. О.С. Панасенко [12] установила, что