

ОЦЕНКА ЦВЕТА ПОЧВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРА GRETAG MACBETH EYE-ONE PHOTO

Р.Ф. БАЙБЕКОВ, д. с.-х. н.; В.И. САВИЧ, к. б. н.; Д.Н. ЕГОРОВ, асп.;
ХЕСАМ МОУСА, к. б. н.; КАБА РАМИ, асп.

(Кафедра почвоведения)

В работе предлагается использование для объективной оценки цвета почв в полевых условиях прибора Gretag Macbeth Eye-One Photo и программного обеспечения Eye-One Share 1.4 и Profile Maker 5.0. Прибор позволяет работать в полевых условиях с подключением через USB-кабель к ноутбуку. Использование в полевых условиях Laptop позволяет оценить изменение цветовой гаммы почв разной степени оглеения во времени.

Объективная оценка цвета почв имеет большое практическое значение. Для отдельных групп почв их цветовая гамма коррелирует с влажностью, содержанием гумуса, водорастворимых солей, железа, степенью окисленности, оглеения, оподзоливания, лессиважа, осолодения, развития дернового процесса почвообразования, развития водной и ветровой эрозии, уровнем выпаханности почв. При этом цветовая гамма почв коррелирует не только со свойствами почв, но также с протекающими в почве процессами и режимами, не только с химическими, но и с физическими свойствами почв, их водно-воздушным и тепловым режимом [2, 3, 5]. Однако оценка цвета почв в полевых условиях необъективна. Не решает эту проблему и использование цветовой шкалы Манселла.

Для получения объективной характеристики цвета почв определение цветовой гаммы почв, как правило, проводится на спектрофотометрах в стационарных условиях в сухих, растертых образцах в диапазоне видимой области спектра 380-750 нм. Однако при этом невозможно учитывать особенности цвета «живых» почв, разви-

тие процессов на гранях структурных отдельностей, в педах и кутанах. При высушивании и растирании почв их цвет существенно меняется, даже в свежих образцах в полевых условиях он меняется в зависимости от времени взаимодействия почвы с воздухом, температуры, влажности воздуха и от уровня освещенности.

В последние годы предложено определение цветовой гаммы почв с использованием фотоизображения почв или сканируемого отображения почв и программы Photoshop 7 [6, 7, 8, 9]. Имеются разработки методов измерения цвета почв в переменных шкалы Манселла с помощью видеокамеры. Цифровые фотокамеры позволяют непосредственно в поле осуществить несколько независимых воспроизведенных объектов [9], передать цветовую гамму почвенного разреза.

Применение цифровой камеры позволяет очень быстро, непосредственно в поле, используя компьютер и соответствующие программные средства, провести анализ изображения разреза, выделить его разномасштабные структурные части и на этой основе осуществить более глубокое ис-

следование [6]. Перспективно использование фотографического метода для определения объема и пористости агрегатов [1]. При этом цвет почв разлагается на составляющие и оценивается количественно в цветовых системах CIE-Lab, RGB, CMYK.

Объектом исследования выбраны различные типы почв резко отличающиеся по своей цветовой гамме, и окультуренные дерново-подзолистые почвы разной степени гидроморфности [4, 7].

Методика оценки состояла в определении цветовой гаммы почв с использованием прибора Gretag Mactheth Eye-One Photo в диапазоне 380-730 нм и программного обеспечения Eye-One Share и Profile Maker 5.0.

Прибор позволяет работать в полевых условиях с подключением через USB-кабель к Laptop'у. Комплект из прибора и портативного компьютера весит менее 3 кг (вес прибора — 185 г) и прост в использовании. Прибор имеет гарантированную высокую точность измерений: точность измерения коэффициентов отражения ± 10 нм в диапазоне 380-730 нм, точность измерения координат цветности в системе Lab $\pm 0,1$, минимальные условия воспроизводимости результатов X, Y $\pm 0,002$. При работе с компьютером в системе Windows (Windows 2000, XP) необходим процессор Pentium II, 266 Mhz и выше, 128 мВ оперативной памяти, 80 мВ памяти жесткого диска, экранное разрешение 1024x760 пикселей и выше.

Однако для правильного отображения цвета почвенного профиля на мониторе и на цветном изображении на фотобумаге условия освещенности должны быть для всех мониторов одинаковыми (быть близкими к дневной цветовой температуре, 5500-6500 К). При наличии электронно-лучевой трубки монитора (CRT) необходимо примерно с периодичностью в месяц отстраивать монитор заново, так как данные монитора имеют свойство «уходить» от первоначально отстроенных цветов.

Для более точной настройки монитора и более правильного отображения цветов на бумаге необходимо использование стандартной тестовой цветовой шкалы. При этом одна шкала должна быть в виде файла в компьютере, вторая — распечатанная на бумаге у исследователя. Для работы с цветом подходят программы Adobe Photoshop, ACD See, Coral Draw и другие.

В выбранной программе, в свойствах выставляется необходимый цветовой профиль. Цветовой профиль — это информация о цветовом охвате устройства вывода, например монитора, или ввода, например сканера. Цветовой профиль может нести информацию о цветовом охвате индивидуальной комбинации, например, «принтер + чернила + бумага». Выбор цветового профиля будет определяться индивидуальной настройкой монитора и устройством вывода, если планируется перенести изображение на бумагу. Для правильного отображения цветовой гаммы профиля почв на бумаге необходима не только стандартизация съемки с использованием внутреннего стандарта и освещения, но и настройка по цветовому профилю монитора и принтера в соответствии с используемой бумагой.

Цифровая цветопроба изготавливается с использованием профессионального струйного или сублимационного принтера и специального программного обеспечения (растрового процессора), например, Lomond Proof Master и современных широкоформатных плоттеров. Цветопробы имитируют европейский стандарт офсетной печати Uso-Coated. Растровый процессор Lomond Perfect Proof является самостоятельным программным продуктом и содержит ICC профили под цветоподобные бумаги Lomond и различные струйные печатные устройства.

Исследования проведены в три этапа. На первом этапе оценивали цветовую гамму почв Монголии в сухих ра-

стертых образцах; на втором этапе рассматривали перспективность оценки цветовой гаммы при сравнении сухих образцов почв и почв, компостированных в разное время в условиях избыточного увлажнения при развитии в них оглеения. Исследования проведены на серо-бурых почвах Ирана. На третьем этапе исследования рассматривали перспективность оценки измерения цвета почв в полевых условиях и изменения цветовой гаммы почв во времени.

Экспериментальная часть

В табл. 1 приведены данные о цветовой характеристике почв Монголии, полученные совместно с [4].

Как видно из представленных данных, использование предлагаемого метода объективно характеризует Цветовую гамму почв при незначительном коэффициенте варьирования показателей. Достаточно четко отличаются как почвы разных географических зон, так и верхние горизонты почв от нижних (Red — красный, Green — зеленый, Blue — голубой, Magenta — пурпурный, Yellow — желтый, Cyan — синий; K — черный). Дополнительную информацию о цветовой гамме почв дает и соотношение цветов [8]. Проведенные исследования показали, что характеристическим для почв является

и угол наклона графиков изменения отражательной способности почв в диапазоне 380-730 нм. По полученным нами данным, угол наклона отражательной способности почв (а~б)/380 составил для бурой пустынно-степной почвы 0,94; для темно-каштановой 0,57; для горно-таежной 0,51; для лугово-перегнойной 0,23 (а х 10³). При этом угол наклона отличается для диапазонов 380-450 (470) нм; 470-570 нм; 570-730 нм. Таким образом, для бурой пустынно-степной почвы была характерна несколько большая доля отражения в области больших длин волн (730 нм) по сравнению с отражением в области меньших длин волн (380 нм). Это соответствует меньшей энергетике бурой лесной почвы по сравнению с другими сравниваемыми почвами.

С нашей точки зрения, для более полной характеристики почв по их цветовой гамме необходимо ее измерение как в сухих образцах, так и во влажном состоянии, а также в образцах после активирования развития в них определенных почвообразовательных процессов. Ранее оценивали изменение цветовой гаммы почв Ирана до и после развития в них оглеения. Полученные данные приведены в табл. 2.

Как видно из представленных данных, для залитых водой почв характерно уменьшение отражения в пурпурной области (M), желтой области

Таблица 1

Цветовая характеристика почв Монголии

Почва	Горизонт	Цветовая система						
		C	M	Y	K	R	G	B
Горно-таежная*	Ai	55,2±0,3	65,7±0,2	81,2±0,3	69,0±0,3	56,0±1,3	39,5±0,9	21,5±0,5
	B	39,0±0,2	50,0±0,3	77,5±0,1	18,2±0,4	143,2±1,0	112,7±1,4	71,7±1,1
Темно-каштановая*	A	56,2±0,2	67,5±0,1	79,2±0,3	73,0±0,4	49,7±1,7	33,0±1,2	17,5±1,0
	B	33,5±0,6	44,0±0,0	72,0±0,4	8,8±0,0	166,5±1,7	133,5±0,6	88,2±0,6
Бурая пустынно-степная**	Ai	39,0±0,7	54,0±0,4	76,2±0,7	21,0±1,3	140,2±3,1	105,0±2,0	70,2±2,0
	B	42,2±0,7	51,0±0,6	72,2±0,9	20,2±0,8	134,2±2,1	108,2±1,5	76,7±1,9
Лугово-перегнойная**	Ai	70,2±0,2	65,0±0,1	70,2±0,5	83,0±0,9	20,2±1,6	19,0±2,0	13,7±1,6
	B	55,5±0,5	59,0±0,1	74,5±0,9	47,2±1,2	81,7±1,5	68,2±1,4	50,2±2,1

В методе внутренней стандартизации * (координаты RGB) — серая точка 143, 143, 143; черная точка 0, 0, 0; белая точка 255, 255, 255; ** соответственно 152, 152, 152; 3, 2, 3; 255, 255, 255.

**Изменение цветовой гаммы почв Ирана после компостирования их с водой
и при добавлении восстановителя (гидроксиламина)**
(усреднено по почвам и горизонтам, n = 20)

Условия увлажнения	Eh _{по хсэ} [*]	C	M	Y	K	L	a	b	a/b
Сухая почва		44,2± 0,4	45,2± 0,4	64,0± 0,6	14,4± 0,7	51,6± 0,5	3,3± 0,2	16,4± 0,4	0,20
Почва, компости- рованная в условиях избыточной влаж- ности 2 недели	267,5± 9,7	42,6± 0,4	45,0± 0,4	64,9± 0,4	13,5± 0,6	52,4± 0,5	4,2± 0,2	18,0± 0,3	0,23
Почва с добавлением восстановителя	-96,7± 1,7	34,9± 0,7	35,9± 0,5	55,2± 0,5	3,6± 0,4	63,0± 0,6	3,2± 0,2	18,2± 0,4	0,18

* По хлорсеребряному электроду.

(Y) и резкое уменьшение темноты (K). Также отмечается увеличение светлоты (L) и уменьшение величины (a) при добавлении гидроксиламина, т.е. увеличение холодного тона.

Однако полученные результаты свидетельствуют о том, что оценку степени анаэробнозиса почв можно проводить и в высушенных образцах. Судя по полученным данным, степень оглеения почв (Г) — есть функция отражения в диапазонах M, Y, K, L, a, a/b: $G = f(M)^{-1}(K)^{-1}(Y)^{-1}(a)^{-1}(a/b)^{-1}(L)$. При этом коэффициенты при показателях цветовой гаммы почв, характеризующих степень оглеения, будут для разных пород и типов почв свои.

В первом приближении можно принять, что связь цвета почв со степенью их оглеения выражается для конкретной почвы экспоненциальной зависимостью. Например, $K_x = K_r + A \times e^{-k}$, где K_x — интенсивность цвета исследуемой почвы, K_r — величина K для полностью оглеенной почвы, A — величина K для неоглеенной почвы, k — коэффициент, характеризующий зависимость K от степени оглеения.

Для полученных данных $13,5 = 3,6 + 14,4 e^{-k}$, где 13,5 — величина K для почвы, компостируемой в воде; 3,6 — для почвы с добавлением гидроксиламина; 14,4 — для сухой почвы. Аналогичные зависимости могут быть составлены и для других цветовых диапазо-

нов L, b, Y, M. Однако оглеение приводит к развитию процессов, неодинаково влияющих на цветовую гамму цветов. Это влияние зависит от степени открытости системы (удаляются продукты из сферы реакции или остаются там). Так, оглеение приводит к увеличению подвижности гумуса, но при длительном времени взаимодействия — к увеличению его фульватности, т.е. уменьшению величины K. При промывном типе водного режима гумус будет удалиться из профиля. Оглеение часто приводит к снятию пленок железа со структурных отделностей почв, т.е. к уменьшению красноты, желтизны. Однако увеличение при этом доли аморфного железа после высыхания почв может привести к его окислению и увеличению указанных величин.

Каждая хромофорная группа, содержащаяся в почве, поглощает и отражает свет в разных длинах волн (более сильно в какой-то одной характеристической длине волны). При этом разные хромофорные группы поглощают и отражают свет в пределах одних диапазонов длин волн. В связи с этим, для расшифровки свойств почв по цвету предпочтительнее использование закономерностей отражательной способности почв в разных длинах волн. $Y = K + \lambda_0^2 + k_2 X_2 + k_3 X_3 + \dots$, где k — коэффициент пропорциональнос-

ти; X — отражение при определенной длине волны.

Поглощение света одной хромофорной группы при длине волны λ_1 зависит от наличия в почве других хромофорных групп Y_i ; Y_n , то $Y_j = K \pm \pm k_1 Y_1 \pm k_2 Y_2 \pm k_n Y_n \pm k_{n+1} Y_{n+1}$, где $\pm k_n, Y_n, Y_{n+1}$ — проявление эффектов синергизма и антагонизма при действии на поглощение света в области λ_1 хромофорной группой Y_j , при наличии хромофорных групп Y_j, Y_2 и т.д. Очевидно, что такая зависимость может быть не только линейная, но и степенная и других видов.

Как правило, уменьшение цветовой гаммы почв в зависимости от развития почвенных и почвообразовательных процессов, свойств почв накладывается на цвет почвообразующей породы. Это учитывается величиной K. Подобный подход существует при оценке свойств почв по инфракрасным спектрам.

Цветовая гамма почв изменяется при высушивании и растирании почв. Наибольший интерес представляет оценка цветовой гаммы почв в естественных условиях, так как развитие почвообразовательных процессов в первую очередь протекает на гранях структурных отдельностей и не идентифицируются при растирании образцов. При взаимодействии нижних горизонтов почв с воздухом (в т. ч. оглеенных горизонтов) происходит их окисление и цвет почв меняется. С нашей точки зрения, скорость данных

процессов и их интенсивность могут служить индикатором степени и характера оглеения. При этом протекает несколько разнонаправленных процессов. При окислении почв сизый цвет, обусловленный минералами закисных форм железа, ослабляется, а бурый и красный увеличиваются. В большей степени это проявляется для минеральных горизонтов и горизонтов в большей степени оглееных. В то же время при высушивании почв с уменьшением влажности интенсивность окраски уменьшается и в первую очередь черного цвета. При переходе Fe^{2+} в Fe^{3+} увеличивается вероятность комплексообразования, что приводит к ослаблению как сизого, так и бурого цветов. При проявлении в почвах сульфатредукции и образовании FeS черный цвет при окислении почв ослабевает в связи с переходом соединений в $FeSO_4$ и $Fe_2(SO_4)_3$. Таким образом, изменение сизого цвета оглеенных почв в естественном состоянии от времени их контакта с воздухом является характеристическим показателем не только степени оглеения, но и характера оглеения.

В проведенных нами исследованиях оценивалось изменение во времени цветовой гаммы оглеенных почв в полевых условиях для образцов Vg дерново-подзолистой хорошо окультуренной почвы и дерново-подзолистой почвы луга. Полученные нами данные приведены в табл. 3.

Для анализа взяты две оглеенные почвы: 1 — грунтово-глеевая хорошо

Т а б л и ц а 3

Изменение цветовой гаммы оглеенных горизонтов дерново-подзолистой почвы во времени

Образец	t, мин	max			L	a	b	max a / max b
		L	a	b				
1	60	3,1	-0,2; 0,2	0,3	34,5-37,6	0,8-1,2	7,1-7,4	0,16
2	8	4,1	0,1; -0,3	-0,7; 0,6	31,5-35,6	0,7-1,1	7,2-8,5	0,13
3	4	2,4	-0,1; 0,3	0,8	34,7-37,2	0,1-0,5	7,0-7,8	0,06
4	2	-1,3	-0,1; 0,1	-0,1; 0,1	32,6-33,3	0,4-0,6	6,7-6,9	0,09
5	1	2; -0,3	-0,3; 0,4	-0,3; 0,1	33,4-35,7	0,8-1,5	7,5-7,9	0,10
6	1	7,8	-1,7	-1,8	31,6-39,4	5,8-7,5	13,9-15,7	0,48
7	6	-0,3; 0,1	-0,6	-0,4; 0,2	48,3-48,7	5,4-6,0	18,3-19,1	0,31

окультуренная дерново-подзолистая с наибольшим содержанием гумуса (образцы 1—5); 2 — грунтово-глеевая дерново-подзолистая целинная (образцы 6, 7). В соответствии с теоретическими положениями в хорошо окультуренной и лучше гумусированной почве больше комплексных соединений железа, окисление которых затруднено.

Как видно из представленных в табл. 3 данных, достаточно четко выделяются две группы почв. Первая группа с высоким содержанием гумуса и малым изменением светлоты (L) во времени; вторая группа почв с небольшим содержанием гумуса и значительным изменением светлоты (L) во времени (за период 1 мин). В то же время в первой группе почв с течением времени отношение а/б во всех случаях увеличивалось, т. е. увеличивалось отношение красноты к желтизне (+а; +б). С течением времени (1—60 мин) в образцах изменение светлоты происходит в основном в сторону увеличения.

Выводы

1. Рекомендуется оценка цветовой гаммы почв в полевых условиях с использованием портативного прибора Gretag Macbeth Eye-One Photo, программного обеспечения Eye-One Share и переносного компьютера (ноутбука) с параметрами процессора не ниже Pentium II 266 Mhz, 128 мВ оперативной памяти, 80 мВ памяти жесткого диска, разрешение 760x1024 pix и выше.

2. Для цветовой гаммы почв является характеристическим не только отражательная способность в разных длинах волн видимой области спектра 380-730 нм, но и углы наклона отдельных отрезков изменения отражательной способности почв от длины волн.

3. Увеличение оглеения почв приводит в модельных опытах к увеличению свет-

лоты и к уменьшению отношения а/б в системе CIE-Lab.

4. Оценка цветовой гаммы оглеенных почв в полевых условиях показала ее изменение в течение 1—60 мин после изъятия образца из профиля почв. При этом в основном отмечалось увеличение светлоты L (в системе CIE-Lab), большее для менее гумусированных почв, и отношения а/б. На разных стадиях окисления почв на воздухе показатели L, а, b менялись.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березин П.Н., Смирнова И.В. Применение фотографического метода для определения пористости агрегатов // Почвоведение, 2006. № 5. С. 546-552. — 2. Водяницкий Ю.Н., Шишов Л.Л. Изучение некоторых процессов по цвету почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2004. — 3. Карманов И.И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств. М.: Колос, 1974. — 4. Норовсүрэн Ж. Почвенные актиномицеты редких родов в основных экосистемах Монголии. Автореф. канд. дисс. биол. наук. М.: МСХА, 2001. — 5. Орлов Д.-С., Суханова Н.И., Розанова М.С. Спектральная отражательная способность почв и их компонентов. М.: МГУ, 2001. — 6. Пузачемсо Ю.Г., Пузаченко М.Ю., Козлов Д.Н., Алещенко Г.М. Анализ строения почвенного профиля на основе цифровой фотографии // Почвоведение, 2004. № 2. С. 133-146. — 7. Савич В.И., Крутиянина В.С., Егоров Д.Н., Каманский А.Д. Использование компьютерной диагностики для объективной характеристики цвета почв // Изв. ТСХА, 2004. Вып. 4. С. 38-51. — 8. Савич В.И., Байбеков Р.Ф., Егоров Д.Н., Хесам Моуса, Сулейманов Р.Р. Агрономическая оценка отражательной способности системы почва - растение методом компьютерной диагностики. М.: МСХА — 9. Gutschik V. Should you use a digital camera in your research? // Bulletin of the ecological society of America. 2002. V. 83. № 3. P. 14-18.

SUMMARY

Use of both the device Gretag Macbeth Eye-One Photo and Eye-One Share 1.4 Profile Maker 5.0 software for objective evaluation of soil colour under field conditions has been offered in the article. The device allows to work in fields connected through USB-cabel to a laptop. The usage of a laptop under field conditions allows to evaluate changes in range of colours of soils belonging to various stages of gleization during certain period of time.