

УДК 631.43:535.6:631.618 (477.63)

Е. В. Андрусевич

**ЦВЕТОВЫЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ЛИТОГЕННЫХ ПОЧВ НА КРАСНО-
БУРЫХ ГЛИНАХ УЧАСТКА РЕКУЛЬТИВАЦИИ НИКОПОЛЬСКОГО
МАРГАНЦЕВО-РУДНОГО БАСЕЙНА***Днепропетровский государственный аграрный университет*

Изучены цветовые свойства дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах участка рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна. Дана количественная характеристика интенсивности цветовых каналов в градиенте влажности на разной глубине почвенных слоев. Установлена статистически достоверная зависимость интенсивности цветовых каналов от влажности. Данные по интенсивности красного канала являются наиболее информативным для определения влажности дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах. По изменению интенсивности цветовых каналов в почвенном профиле выделены участки с относительно однородной окраской, которые маркируют генетические горизонты профиля дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах. При помощи 3-D диаграммы проследили динамику процессов почвообразования в дерново-литогенных почвах на красно-бурых глинах.

Ключевые слова: интенсивность цветовых каналов, дерново-литогенные почвы, рекультивация.

Є. В Андрусевич

**КОЛІРНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕРНОВО-ЛІТОГЕННИХ ҐРУНТІВ
НА ЧЕРВОНО-БУРИХ ГЛИНАХ ДІЛЯНКИ
РЕКУЛЬТИВАЦІЇ НІКОПОЛЬСЬКОГО МАРГАНЦЕВОРУДНОГО БАСЕЙНУ***Дніпропетровський національний аграрний університет*

Досліджені кольорові властивості дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах ділянки рекультивції Никопольського марганцеворудного басейну. Дана кількісна характеристика інтенсивності кольорових каналів у градієнті вологості на різній глибині ґрунтових шарів. Встановлена статистично достовірна залежність інтенсивності кольорових каналів від вологості. Дані по інтенсивності червоного каналу є найінформативнішими для визначення вологості дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах. За зміною інтенсивності кольорових каналів у ґрунтовому профілі виокремлено ділянки з відносно однорідним забарвленням, які маркують генетичні горизонти профілю дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах. За допомогою 3-D діаграми простежили динаміку ґрунтоутворних процесів у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах.

Ключові слова: інтенсивність кольорових каналів, дерново-літогенні ґрунти, рекультивация.



Ye.V. Andrushevich

THE COLOR PROPERTIES OF THE SOD-LITHOGENIC SOIL
ON THE RED-BROWN CLAYS OF THE RECLUTVATON
SITE AT THE NICOPOL MANGANESE ORE BASIN

Dniepropetrovsk State Agrarian University

The color properties of the sod-lithogenic soil on the red-brown clays of the recultivation site at the Nicopol manganese ore basin have been studied. The quantitative characterization of color channels intensity in the humidity gradient at the different depths of the soil layers has been done. The statistic significant dependence of the color channels intensity from the humidity has been revealed. The data on the intensity of the red channel have been found to be more informative for assessment of the soil moisture on the sod-lithogenic soil on the red-brown clays. Relatively homogeneous sites have been selected according the changes of the color channels intensity in the soil profile which mark genetic soil horizons of the sod-lithogenic soil on the red-brown clays. The dynamic of the soil formation processes of the sod-lithogenic soil on the red-brown clays has been traced with the help of the 3-D diagram.

Key words: intensity of the color channels, sol-lithogenic soil, recultivation.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных признаков, который используется для классификации и диагностики почв, является цвет почвенного профиля («Почвы...», 1979; Розанов, 1983; Назаренко и др., 2004). Цвет – это интегральное отражение химического состава почвы и процессов, которые в ней происходят (Розанов, 1983; Костенко, 2008). Посредством окраски можем характеризовать почвенный профиль в целом и отдельно каждый из его горизонтов. Окраска – это первый морфологический принцип, по которому выделяют генетические горизонты в профиле. Окраска почв частично наследуется от окраски почвообразующей породы (Розанов, 1983).

Окраска почвы определяется цветом и концентрацией веществ, которые входят в ее состав, а также физическим состоянием почвы. Окраска сильно меняется в зависимости от степени влажности (Щеглов, Соляник, 2010). Пробы с различными уровнями влажности различаются по степени отражения, так как вода усиливает поглощение света во всем диапазоне длин волн, что приводит к снижению отражения света. Влияние оказывают также величины частиц, складывающих почву: с уменьшением размера частиц, поверхность становится более гладкой, что увеличивает уровень отражения, но спектральный состав отраженных лучей от измельчения практически не зависит (Караванова, 2003).

Наиболее полно, объективно и количественно характеризуют цветовые характеристики почв их спектры отражения (Орлов, 1997). Количественная характеристика цвета почвы может быть представлена на основе

международной системы измерения цвета, в которой цветность определяется долями условных цветов (синего, зеленого и красного) в изучаемой окраске (Орлов, 2005).

Визуальные определения цвета почв очень субъективны и условны, так как отсутствуют какие-либо критерии оценки (Караванова, 2003). Влажные почвы кажутся темнее, чем сухие; оттенки цветов зависят от высоты солнцестояния и расположенной рядом растительности (Орлов, 1997). Поэтому на протяжении истории почвоведения идет поиск объективных и надежных способов определения почвенной окраски (Розанов, 1983).

Дерново-литогенные почвы на красно-бурых глинах на участке рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна при закладке данного участка рекультивации были однородными и характеризовались изотропными свойствами по всему почвенному профилю. В период наблюдений исследования наблюдаем изменчивость свойств почв по профилю. Значительно меняются цветовые характеристики дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах по профилю, она отражает изменения внутренних свойств почвенного материала. На основе этих изменений можно выделить участки с относительно однородной окраской, которые могут маркировать генетические горизонты профиля данного технозема.

По Етеревской и другими (Єтеревська і др., 2008), дерново-литогенные почвы – это почвы, которые сформировались на литоземах, по мере развития их во времени под воздействием биологического фактора почвообразования во всех природно-климатических зонах, приобретая свои зональные качества.

Целью исследования является количественно оценить интенсивность цветовых каналов дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах в градиенте влажности на разной глубине почвенных слоев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы почвы отобраны в варианте красно-бурых глин на участке рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна, который заложен в 1969-1971 г.г. Пробы отобраны по почвенным слоям каждые 10 см. В целом отобрано и обработано 100 проб. Образцы высушивались до воздушно-сухого состояния, перетирались и просеивались через сито с диаметром отверстий 1 мм (Булигін і др., 2005). В лабораторных условиях задавались уровни влажности путем добавления в образцы дистиллированной воды – 4, 8, 14, 16, 22, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 и 70 %.

Образцы фотографировали с помощью цифровой фотокамеры, значения интенсивность цветовых каналов получали при обработке снимков в программе ImageJ в 3-х кратной повторности. Как контроль использовали лист бумаги белого цвета. Съемку исследуемого образца и контроля проводили в пределах одного кадра (Костенко, 2009).



На основе полученных данных о интенсивности цветовых каналов рассчитаны индексы, полученные из изображений в RGB формате: В – интенсивность синего канала, G – интенсивность зеленого канала, R – интенсивность красного канала, I (R+G+B) – общая интенсивность цветовых каналов, GB – соотношение интенсивности зеленого к интенсивности синего канала (G/B), RB – соотношение интенсивности красного к интенсивности синего канала (R/B), GR – соотношение интенсивности зеленого к интенсивности красного канала (G/R), NDGRI – нормированная разность зелено-красного индекса (G–R/G+R), NDGBI – нормированная разность зелено-синего индекса (G–B/G+B), NDRBI – нормированная разность красно-синего индекса (R–B/R+B), X (R/R+G+B), Y (G/R+G+B), Z (B/R+G+B) – координатные трансформации цветности, H (G–B/1–3B) – оттеночная трансформация, S (I–3B/I) – трансформация насыщенности (Zakaluk, Ranjan, 2008).

Статистические расчеты проведены с помощью программы Statistica 7.0. С помощью корреляционного анализа получены данные о изменчивости интенсивности цветовых каналов в градиенте влажности и глубины почвенного слоя. С помощью дисперсионного анализа получили достоверные значения зависимости интенсивности цветовых каналов от влажности и глубины почвенного слоя. Фазовый портрет изменчивости интенсивности цветовых каналов в градиентной динамике двух параметров (влажность и глубина почвенных слоев) с помощью контурной 3-D диаграммы (3-D contour plots). Для того чтобы провести многомерный факторный анализ цветовых характеристик дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах, все цветовые характеристики (полученные оцифровыванием фотографий и расчетом индексов) которые сильно скоррелированы между собой, можно представить в виде ортогональных факторов, которые не зависят друг от друга. На основе этих факторов можно представить расположение почвенных слоев в 3-D пространстве.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 показана зависимость интенсивности цветовых каналов R, G, B от влажности.

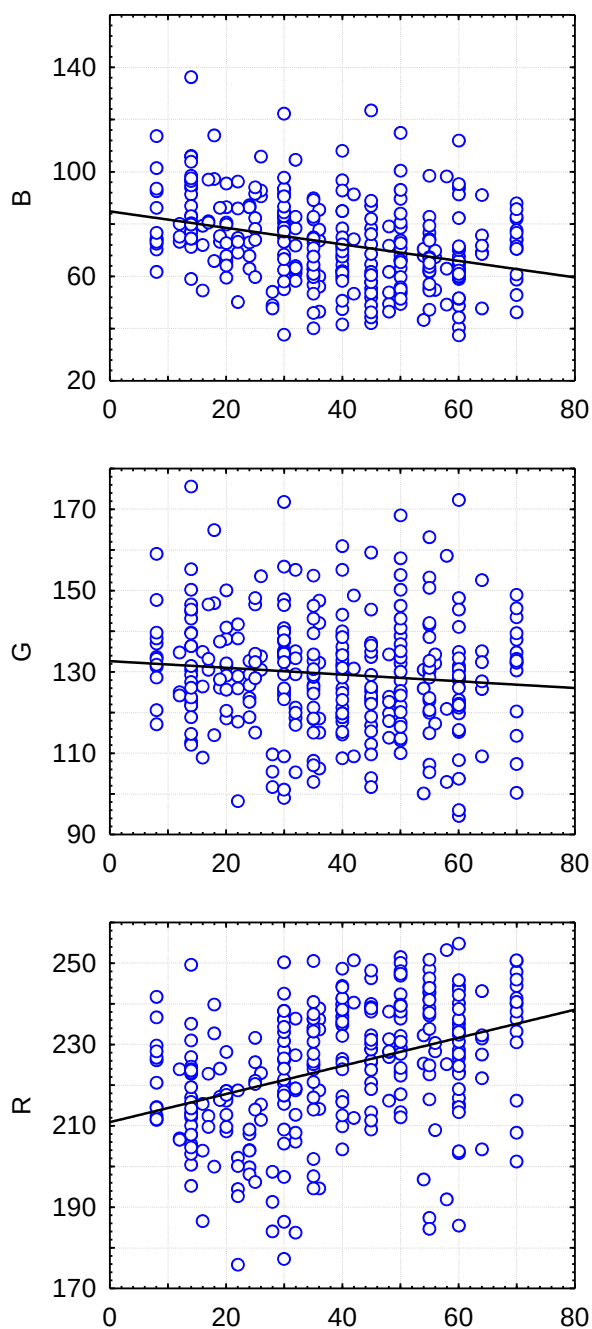


Рис. 1. Зависимость интенсивности цветочных каналов (RGB) от влажности.
Условные обозначения: по оси абсцисс – влажность почвы (%); по оси ординат – интенсивность цветочных каналов

Синий канал (B) и влажность характеризуются отрицательной корреляцией (коэффициент корреляции $r = -0,37$, $p < 0,05$, доля описываемой дисперсии $-r^2=14,29$ %). Корреляция интенсивности зеленого канала (G) и влажности выражена слабо и имеет отрицательный характер ($r = -0,15$, $p < 0,05$, доля описываемой дисперсии $r^2=2,35$ %). Интенсивность красного канала (R) положительно коррелирует с величиной влажности ($r = 0,45$, $p < 0,05$, доля



описываемой дисперсии $r^2 = 20,89 \%$). Таким образом, наиболее информативным для определения влажности красно-бурых глин по интенсивности цветовых каналов является интенсивность красного канала. Полученные данные подтверждают данные И. В. Костенко (2009) про большую информационную значимость красного канала. Заметим, что по нашим данным на уровень влажности реагируют зеленый и синий каналы, но в меньшей степени. Так как, при изменении интенсивности одного цветового канала, меняются интенсивность других цветовых каналов. Корреляция интенсивности зеленого и синего цветовых каналов достоверна и положительна ($r = 0,75$, $p < 0,05$). Корреляция интенсивности красного и синего цветовых каналов менее выражена, но достоверна и положительна ($r = 0,16$, $p < 0,05$). Интенсивности красного и зеленого цветовых каналов положительно скоррелированы ($r = 0,42$, $p < 0,05$).

Дисперсионный анализ позволил установить статистически достоверную зависимость общей интенсивности цветовых каналов и цветовых каналов по отдельности в градиенте влажности (табл. 1).

Таблица 1. Дисперсионный анализ интенсивности цветовых каналов в градиенте влажности

Интенсивность канал ов	Сумма квадрат ов эффект ов (SS)	Степени свободы эффект ов (df)	Средний квадрат эффекта (MS)	Сумма квадрат ов ошибки (SS)	Степени свободы ошибки (df)	Средний квадрат ошибки (MS)	F-знач ен ия	p-ур ов ен ь
Синий (B)	28914,90	28	1032,67	64220,18	397	161,76	6,38	0,00
Зеленый (G)	8968,10	28	320,28	51987,52	397	130,95	2,44	0,00
Красный (R)	32919,51	28	1175,69	59509,62	397	149,89	7,84	0,00
Общая интенсивность	28914,90	28	1032,67	64220,18	397	161,76	6,38	0,00

Рисунок 2 демонстрирует зависимость изменчивости интенсивности в цветовых каналах от глубины почвенных слоев.

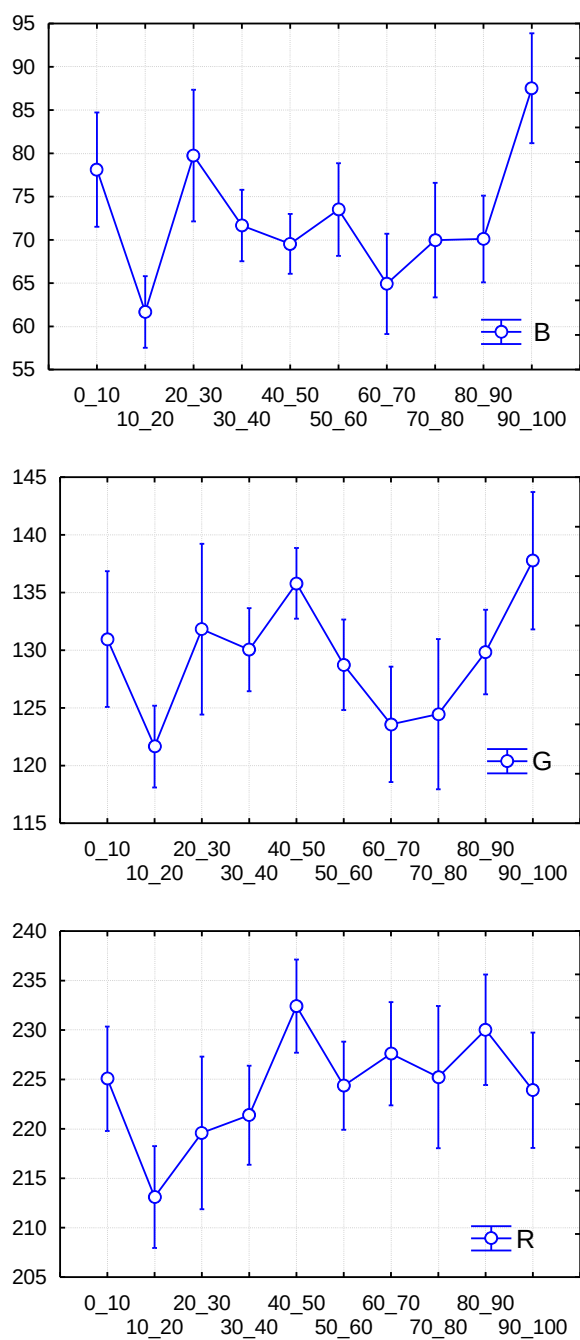


Рис. 2. Зависимость интенсивности в цветовых каналах (RGB) от глубины почвенных слоев.

Условные обозначения: по оси абсцисс – глубина почвенных слоев (см), по оси ординат – интенсивность цветовых каналов



Установлено, что интенсивность синего канала (В) минимальна на глубине 10–20 см, а максимальная интенсивность наблюдается на глубине 90–100 см. Корреляция между интенсивностью синего канала и глубиной почвенного слоя положительна, но выражена слабо, коэффициент корреляции $r = 0,13$, $p < 0,05$, доля описываемой дисперсии $r^2 = 1,84\%$.

Минимальное и максимальное значения интенсивности зеленого канала аналогичны с этими же показателями интенсивности синего канала. Корреляция интенсивности зеленого канала и глубины почвенного слоя не наблюдается ($r = 0,08$, $p > 0,05$, доля описываемой дисперсии $r^2 = 0,75\%$). Минимальное значение интенсивности красного канала (R) характеризует почвенный слой глубиной 10–20 см, а максимальное – почвенный слой 40–50 см. Корреляция между интенсивностью красного канала и глубиной почвенного слоя незначительная – $r = 0,10$, $p < 0,05$, доля описываемой дисперсии $r^2 = 1,18\%$.

Дисперсионный анализ позволил установить статистически достоверную зависимость общей интенсивности цветовых каналов и цветовых каналов по отдельности от глубины почвенного слоя (табл. 2).

Таблица 2. Дисперсионный анализ зависимости цветовых каналов от глубины почвенного слоя

Интенсивность канал ов	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат эффекта (MS)	Сумма квадратов ошибки (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат ошибки (MS)	F-значения	p-уровень
Синий (В)	15216,71	9	1690,75	66420,50	290,00	229,04	7,38	0,00
Зеленый (G)	7162,02	9	795,78	53296,47	290,00	183,78	4,33	0,00
Красный (R)	8014,10	9	890,46	67735,49	290,00	233,57	3,81	0,00
Общая интенсивность	54182,19	9	6020,24	447623,41	290,00	1543,53	3,90	0,00

Мы предлагаем новый способ представления динамики цветовых характеристик по почвенному профилю в зависимости от влажности – это фазовый портрет изменения интенсивности цветовых каналов в градиентной динамике 2-х системных параметров. На рисунке 3 показана изменчивость интенсивности цветовых каналов в градиенте влажности и глубины почвенных слоев.

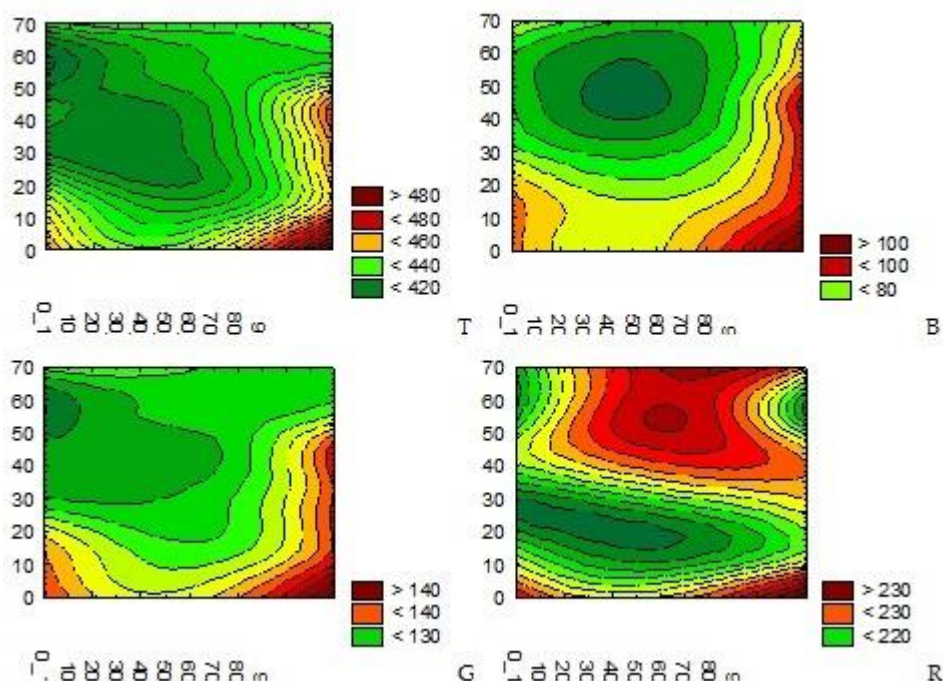


Рис. 3. Изменчивость интенсивности цветовых каналов в градиенте влажности и глубины почвенных слоев.

Условные обозначения: по оси абсцисс – глубина почвенных слоев, по оси ординат – влажность почвы; Т – суммарная интенсивность цветовых каналов, В – интенсивность синего канала; G – интенсивность зеленого канала; R – интенсивность красного канала.

Для общей интенсивности и для интенсивности каждого канала в отдельности можно установить наличие зон с минимальной интенсивностью, которые постепенно переходят в зоны с максимальной интенсивностью.

Общая интенсивность цветовых каналов (I) в верхнем (0–10 см) горизонте максимальна при наименьшей влажности. С увеличением влажности интенсивность цветовых каналов постепенно уменьшается. В более глубоких горизонтах I постепенно уменьшается, в диапазоне 25–35 % влажности I минимальна, затем постепенно увеличивается. Наибольшей I характеризуется почвенный слой на глубине 90–100 см при минимальной влажности, наименьшей – почвенный слой 0–10 см при влажности 65–70 %. Максимальная интенсивность синего канала в градиенте влажности наблюдается при небольшом уровне влажности до 20 %, и на глубинах 0–10, 60–70, 70–80, 90–100 см, наблюдается тенденция уменьшения интенсивности синего канала при



увеличении влажности на всех глубинах почвенных слоев, кроме глубины 90-100 см. Изменчивость интенсивности зеленого канала похожа на изменчивость общей интенсивности цветowych каналов. Интенсивность красного канала в верхнем слое при минимальной влажности велика, затем постепенно убывает, в пределах 22–30 % влажности интенсивность канала R минимальна, и далее при увеличении влажности интенсивность R снова увеличивается. С глубиной интенсивность R убывает при уменьшении влажности.

Целью многомерного факторного анализа является отображение исходных показателей в пространстве ортогональных факторов. Многомерный факторный анализ проведен для характеристик интенсивности в различных каналах, которые представляют собой остатки регрессионной зависимости интенсивности от влажности почвы. Производные цветowe характеристики рассчитаны для нормированных в пределах 0–1 остатков интенсивностей цветowych каналов.

В результате многомерного факторного анализа установлено, что для описания изменчивости цветowych свойств почвенного профиля красно-бурых глин в градиенте влажности достаточно первых трех факторов, которые в сумме описывают 99 % дисперсии признакового пространства.

Фактор 1 описывает 62 % дисперсии. Он зависит от интенсивности синего и зеленого цветов, интенсивность красного канала не оказывает влияния на этот фактор. В наибольшей степени фактор 1 описывают такие показатели, как NDGBI, NDRBI, X, S, Z. Корреляция с глубиной почвенного слоя положительна и достоверна ($r = 0,15$, $p < 0,05$).

Фактор 2 описывает 19 % дисперсии. Фактор 2 зависит от интенсивности зеленого канала. В наибольшей степени фактор 2 описывают Y, H. Корреляция с глубиной почвенного слоя ($r=0,0160$, $p>0,05$) практически не наблюдается.

Фактор 3 описывает 18 % дисперсии. В наибольшей степени фактор 3 описывает красный канал. Фактор 3 отрицательно скоррелирован с глубиной почвенного слоя ($r=-0,1642$, $p<0,05$).

Таким образом, все многообразие характеристик цветowych свойств почвы сведено к трем главным показателям (факторам 1–3). Эти факторы, в отличие от исходных переменных, являются ортогональными, т.е. независимыми друг от друга. Поэтому описывают различные аспекты изменчивости цветowych свойств почвы. На рисунке 4 показано расположение почвенных слоев в 3-х мерном пространстве ортогональных факторов.

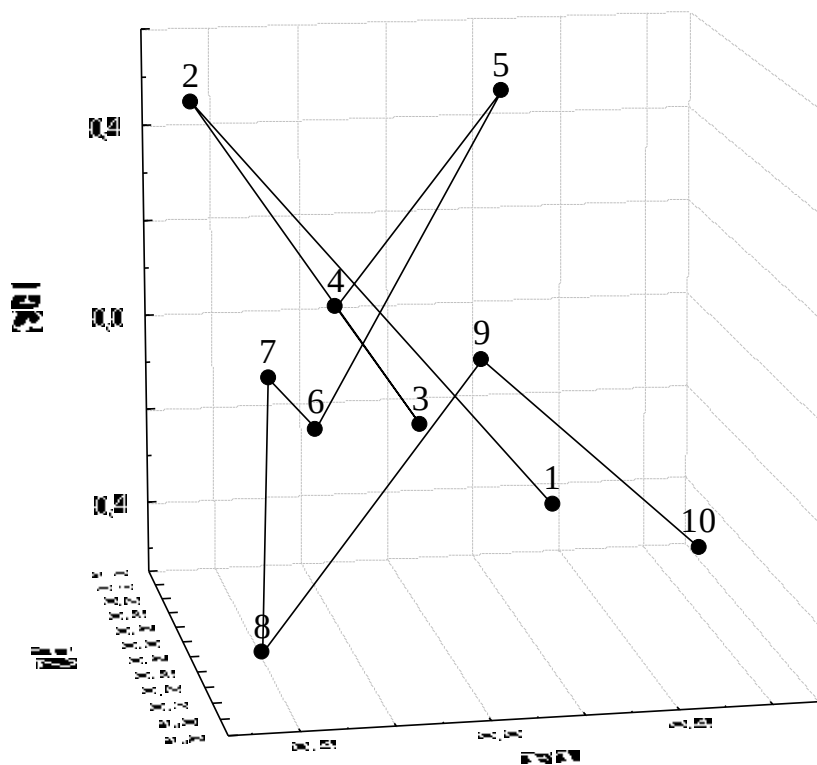


Рис. 4. Расположение почвенных слоев в 3-х мерном пространстве ортогональных факторов.

Условные обозначения: F_1 – фактор 1, F_2 – фактор 2, F_3 – фактор 3.

Горизонт глубиной 0-10 см (1) обособлен. Слои глубиной, 10–20 (2), 20–30 (3), 30–40 (4), 40–50 (5) см сгруппированы. Следующая группа состоит из слоев глубиной 50-60 (6), 60-70 (7), 70-80 (8) см. Особняком расположены горизонты глубиной 80-90 (9) 90-100 см (10). Можно предположить, что расположение почвенных слоев в 3-х мерном пространстве ортогональных факторов отражает процесс почвообразования в дерново-литогенных почвах на красно-бурых глинах, так как изначально почвенный профиль технозема закладывался как однородный слой почвообразующего материала. Со временем в процессе почвообразования свойства технозема изменились, что в частности отразилось в динамике интенсивности цветовых каналов по профилю. Предложенный способ отображения цветовых свойств технозема позволил установить, что верхний 10-ти сантиметровый слой претерпел наибольшие изменения по цветовым свойствам. Горизонт 10–40 см характеризуется однородностью цветовых свойств. Переходный слой от почвообразующей породы расположен



на глубине 40–80 см. На глубине 80–100 см находится почвообразующая порода, которая подверглась минимальному влиянию почвообразующих факторов, и характеризуется в 3-х мерном пространстве факторов обособленным положением.

Выводы

1. Установлена статистически достоверная зависимость интенсивности цветковых каналов от влажности. Наиболее информативным для определения влажности дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах является интенсивность красного канала.

2. По изменению интенсивности цветковых каналов в почвенном профиле выделены участки с относительно однородной окраской, которые маркируют генетические горизонты профиля дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах.

3. 3-D диаграмма дает возможность проследить динамику процессов почвообразования в дерново-литогенных почвах на красно-бурых глинах.

Список Использованной Литературы

Булигін С.Ю. Визначення умісту гумусу в ґрунті неконтактними методами / С. Ю. Булигін, О. О. Опришко, Н.А. Гайбура, Д.І. Бідолах // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 4. – С. 34-37.

Єстеревська Л. В. Рекультивовані ґрунти: підходи до класифікації і систематики / Л. В. Єстеревська, Г.Ф. Момот, Л.В. Лехцієр // Ґрунтознавство, 2008. – Т.9. – № 3-4. – С. 147–150.

Караванова Е.И. Оптические свойства почв и их природа / Е.И. Караванова / – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 151 с.

Костенко И.В. Изучение оптических свойств образцов дерново-степных песчаных почв юга Украины при помощи сканера / И.В.Костенко // Почвоведение. – 2009. – № 9, с. 1090-1098.

Костенко І. В. Діагностика типової приналежності ґрунтів за показниками оптичних властивостей / І. В.Костенко //Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний збірник. – Харків: ННЦ "ІА ім. О. Н. Соколовського", 2008. – Вип. 69. – С. 121 – 127.

Назаренко І.І. Ґрунтознавство / Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. – Чернівці: Книги - XXI, 2004. – 400 с.

Орлов Д.С. Химия почв / Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Суханова Н. И. – М.: Высш. шк., 2005. – 558 с.

Орлов Д.С. Цвет и диагностика почв / Д.С.Орлов // Соросовский образовательный журнал, 1997. – № 4. – С 45-51.

- Почвы СССР / [Афанасьева Т.В., Василенко В.И., Терешина Т.В., Шеремет Б.В.]. – М.: Мысль, 1979. – 382 с.
- Розанов Б.Г. Морфология почв / Б.Г. Розанов. М.: Изд-во Моск.ун-та. 1983. – 320 с.
- Щеглов С.Н. Науки о Земле: морфология почв / С.Н. Щеглов, Г.М. Соляник. 2-е изд. Краснодар: Кубанский гос. ун-т; Просвещение-Юг, 2010. – 122 с.
- Zakaluk R. Predicting the leaf water potential of potato plants using RGB reflectance/ R .Zakaluk, R.Sri. Ranjan // Canadian biosystems engineering, 2008. –V 50. –. 7.1 – 7.12.

REFERENCES

- Bulygin, S. Yu., Opryshko, O. O., Gaybura, N. A., & Bidolakh, D.I. (2005). Humus contamination estimation by noncontact methods. Bulletin of Agrarian Science. 4, 34-37.
- Yeterevska, L.V., Momot, G.F., & Lekhtzier, L.V. (2008). Reclamation soils: classification and systematic approaches. Soil Science. 9 (3-4), 147–150.
- Karavanova, Ye. I. (2003). The nature of soil optical features. Moscow: Moscow University Press.
- Kostenko, I.V. (2009). Scanner study of soddy-lythogenic soil optic features in the south of Ukraine. Soil Sciences. 9, 1090-1098.
- Kostenko, I.V. (2008). Optic features diagnostics of soil types. Agrochemistry and Soil Science. 69, 121–127.
- Nazarenko, I.I., Poilchina, S.M., Nikorych, V.A. (2004). Soil Science. Chernivtsi: Knigi- XXI.



Orlov, D.S., Sadovnikova, L.K., & Sukhanova, N.I. (2005). Soil Chemistry. Moscow:

Vyshaya Shkola.

Orlov, D.S. (1997). Color and diagnostics of the soils. Soros Educational Journal. 4, 45-51.

Soils of the USSR. (1979). (T. V. Afanasyeva, V.I. Vasilenko, T.V. Tereshina, B.V.

Sheremet (Eds.). Moscow: Mysl.

Rozanov, B.G. (1983). Soil Morphology. Moscow: Moscow University Press.

Shcheglov, S.N., Solianik, G. M. (2010). Earth Sciences: soil morphology. Krasnodar:

Kuban State University; Prosveshchenie-Yug.

Zakaluk, R., R. Sri. Ranjan. (2008). Predicting the leaf water potential of potato plants

using RGB reflectance. Canadian biosystems engineering. 50, 7.1 – 7.12.

Поступила в редакцию 12.03.2013

Как цитировать:

Андрусевич, Е.В., (2013). Цветовые свойства дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах участка рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна.

Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого, 1 (7), 9-22. **crossref**

[http://dx.doi.org/10.7905/bbmstu.v0i1\(7\).555](http://dx.doi.org/10.7905/bbmstu.v0i1(7).555)

© Андрусевич, 2013

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).