

GREEN STEAM IN THE STEPPE OF THE UKRAINE

N.A. Tzandur, V.V. Druziak, S.I. Burykina

Summary

Use of green steams (with crops winter vetch), provides for rotation of a crop rotation increase in the maintenance of a humus at 0,13% in comparison with black steam without manure and decrease in industrial expenses for 106 \$/hectares, fuel – on 103,3 kg, labour – 7,7 people / hour, and level of profitability of manufacture of grain increases almost in 1,9 times.

Поступила 20 мая 2011 г.

УДК 528.77:521.311.21

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ ПОЧВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОДНО-ЭРОЗИОННЫМ ПРОЦЕССАМ

Е.Н. Горбачёва

Космоаэрогеология, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное и экологически-безопасное использование почвенных ресурсов на территориях, подверженных водной эрозии почвы, нуждается в получении оперативной информации о состоянии почвенного покрова с оценкой степени его деградации. Традиционные методы исследования территорий, подверженных эрозионным процессам, основанные на данных полевых и лабораторных исследований, являются трудоемкими и недостаточно оперативными. Источником оперативных и достоверных данных о состоянии почвенного покрова являются аэрофотоснимки и космическая информация высокого разрешения, получаемая с искусственных спутников Земли, таких как Ikonos, QuickBird, ALOS и др. В настоящее время применение дистанционных методов для изучения динамики почвенного покрова приобретает все большую актуальность в связи с постоянным увеличением интенсивности сельскохозяйственного производства и антропогенных трансформаций природных экосистем.

Водная эрозия почвы является негативным процессом, вызывающим деградацию, разрушение и уничтожение плодородного слоя почвы и наносящим ущерб земельным ресурсам, окружающей среде и сельскому хозяйству.

Имеющиеся литературные данные и результаты наших исследований свидетельствуют о возможности выявления по мультиспектральным космическим снимкам участков почвенного покрова, подверженных водно-эрозионным процессам.

Физической основой формирования изображения эродированных почв на космических снимках является их спектральная отражательная способность. Количественные измерения цвета почвы позволяют получать принципиально новую характеристику почвы и с ее помощью установить ряд показателей и свойств почвы. Спектр отражения света почвенной поверхностью – сложная функция, зависящая от многих факторов. К ним относится химический, гранулометрический

и минералогический состав, содержание и расположение красящих компонентов в почвенной массе, влажность и структурные особенности почвы.

Цель данного исследования заключается в разработке метода автоматизированного дешифрирования эродированных участков почвенного покрова по космическим снимкам высокого разрешения на основании анализа спектральных характеристик почв различной степени деградации, а также изучение влияния различных их свойств на спектральную отражательную способность.

В исследованиях принимали участие: УП «Космоаэрогеология», Институт почвоведения и агрохимии, Географический факультет (БГУ), НИИ прикладных физических проблем им. Севченко (БГУ).

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве непосредственного объекта исследований были выбраны дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на легких лессовидных суглинках. Исследования проводились на ключевом участке «Щемыслица». Почвенный покров ключевого участка представлен дерново-подзолистыми почвами, развивающимися на легких лессовидных суглинках различной степени деградации. Для исследования использовался мультиспектральный космический снимок QuickBird, дешифрирование которого позволило составить почвенно-эрозионную карту ключевого участка.

В пределах данного ключевого участка в процессе полевого эталонирования с учетом результатов визуального дешифрирования было выбрано 9 точек, расположенных в различных характерных участках геоморфологического профиля и характеризующихся различной степенью деградации почвенного покрова. Степень деградации почвенного покрова в каждой точке подтверждалась изучением морфологического строения прикопок, заложенных в данных точках (рис. 1). В выбранных точках проводился отбор почвенных образцов из пахотного горизонта почвы.

Влажность отобранных почвенных образцов определялась термостатно-весовым методом, содержание гумуса (по Тюрину) и гранулометрический состав почв (методом пипетки по Качинскому).

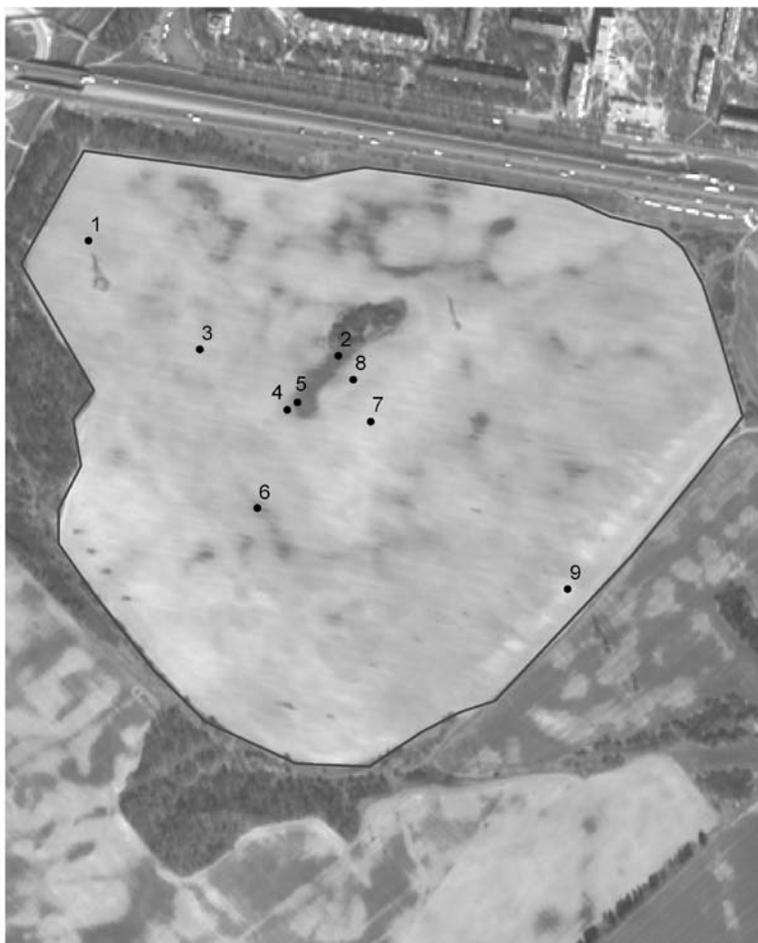
В камеральных условиях проводилось спектрометрирование образцов почв при полевой влажности и воздушно-сухих почвенных образцов для видимой и инфракрасной области спектра при угле измерения 30° .

Для установления характерных особенностей хода спектральных кривых образцов различных степеней деградации использовался тангенс угла наклона спектральных кривых в наиболее информативных участках спектра.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ спектральной отражательной способности пахотного горизонта почв различных степеней деградации производился в видимой области спектра (400-750 нм).

Спектрофотограммы исследованных образцов поверхностного горизонта дерново-подзолистых почв различных степеней деградации представляют собой пологие кривые, монотонно поднимающиеся к красной области спектра (рис. 2). Данная закономерность отмечается как для спектральных кривых воздушно-сухих почв, так и для почв, находящихся во влажном состоянии (при полевой влажности).



Условные обозначения

□ граница ключевого участка «Щемыслица»

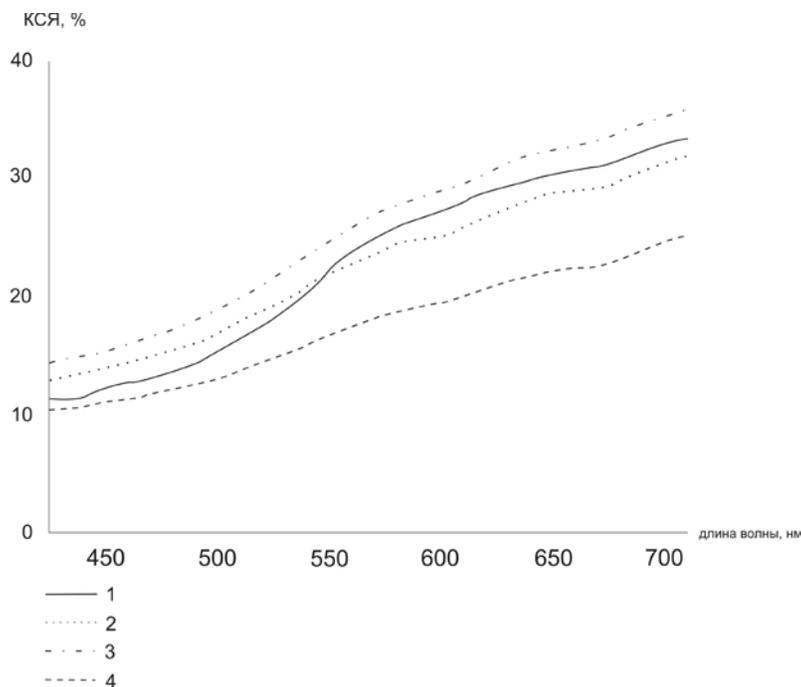
• точка отбора почвенного образца

Рис. 1. Фрагмент изображения космического снимка QuickBird (дата съемки 22.04.2009 г., синтез каналов 3-2-1) на территорию ключевого участка «Щемыслица»

Анализ графиков, полученных при полевом и лабораторном спектрометрировании позволил отметить, что для гумусовых горизонтов почв различной степени деградации (слабо-, средне- и сильноэродированных) можно выделить участок спектра 480-640 нм, в пределах которого различия спектрофотометрических характеристик почвенных образцов наиболее существенны. Содержание гумуса, оксидов железа и глинистых минералов в верхнем пахотном горизонте эродированных почв определяет характерный подъем спектральной кривой в области длин волн 480-640 нм, обусловленный повышенным содержанием в пахотном горизонте эродированных почв материала иллювиального горизонта, обогащенного оксидами железа [1]. Увеличение спектральной яркости в области спектра

480-640 мкм можно охарактеризовать количественно с использованием тангенса угла наклона спектральных кривых в указанном диапазоне спектра.

Тангенс угла наклона спектральных кривых эродированных почв в области 500-600 нм значительно больше, чем в синей и красной областях спектра. У неэродированных почв данной закономерности не отмечается (табл. 1). Таким образом, тангенс угла наклона ($tg\alpha$) спектральной кривой в области 500-600 нм может служить хорошим диагностическим признаком степени эродированности почв [2]. Чем сильнее степень эродированности почвы, тем больше значения тангенса угла наклона спектральной кривой в области длин волн 500-600 нм.



1 – сильноэродированной почвы, 2 – слабоэродированной почвы;
 3 – среднеэродированной почвы; 4 – неэродированной почвы ЭКУ «Щемьслица»
 (по данным лабораторного спектромерирования)

Рис. 2. Коэффициенты спектральной яркости (КСЯ) воздушно-сухих почвенных образцов пахотного горизонта

Таблица 1

Спектрофотометрические характеристики образцов пахотного горизонта дерново-подзолистой почвы различной степени деградации (в воздушно-сухом состоянии)

| Почвы | Гумус, % | Значения $tg\alpha$ в областях спектра | | |
|---------------------|----------|----------------------------------------|------------|------------|
| | | 400-500 нм | 500-600 нм | 600-700 нм |
| Нэродированные | 2,47 | 0,0144 | 0,0436 | 0,0356 |
| Слабоэродированные | 1,41 | 0,0409 | 0,0941 | 0,0635 |
| Среднеэродированные | 1,20 | 0,0397 | 0,1151 | 0,0664 |
| Сильноэродированные | 0,98 | 0,0414 | 0,1440 | 0,0572 |

Важно отметить, что для влажных почвенных образцов отмечаются более низкая отражательная способность (как альbedo, так и КСЯ) по всей видимой области спектра в сравнении с воздушно-сухими образцами, распределение же энергии отраженного излучения по спектру при этом практически не меняются (рис. 3, 4, 5). Аналогичная закономерность установлена и другими авторами [3].

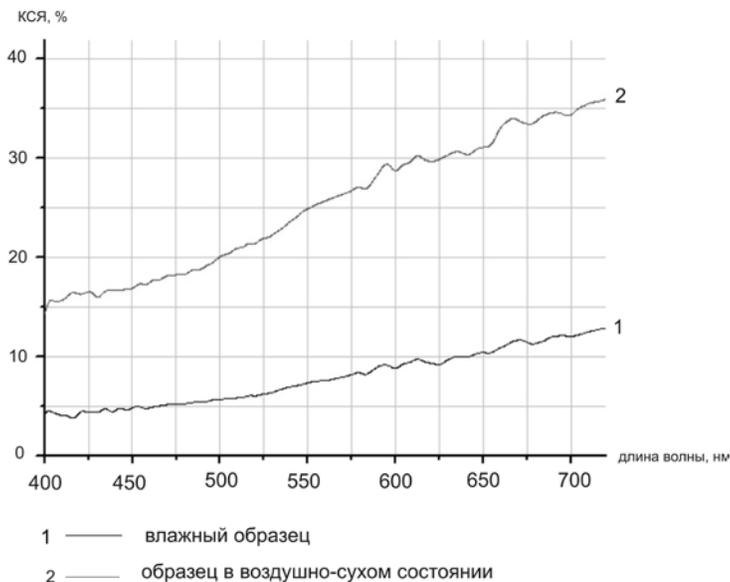


Рис. 3. Коэффициенты спектральной яркости пахотного горизонта слабэродированных почв, во влажном и воздушно-сухом состоянии

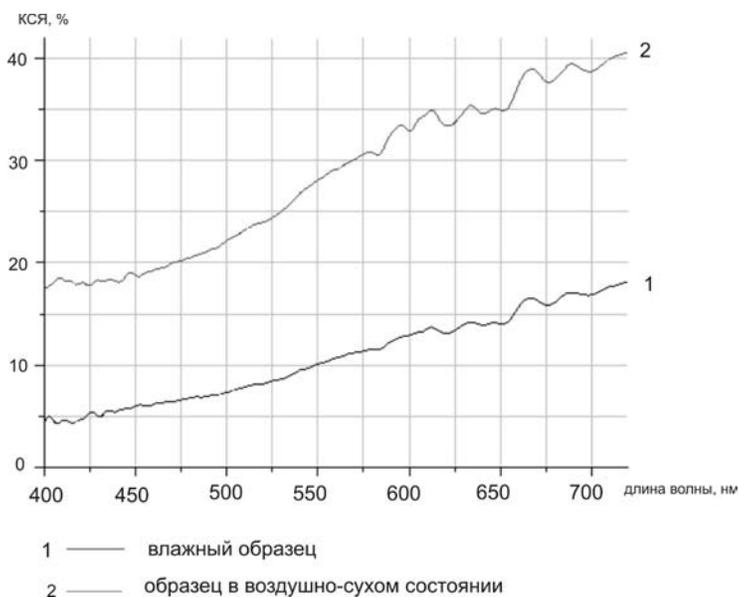


Рис. 4. Коэффициенты спектральной яркости пахотного горизонта среднеэродированных почв, во влажном и воздушно-сухом состоянии

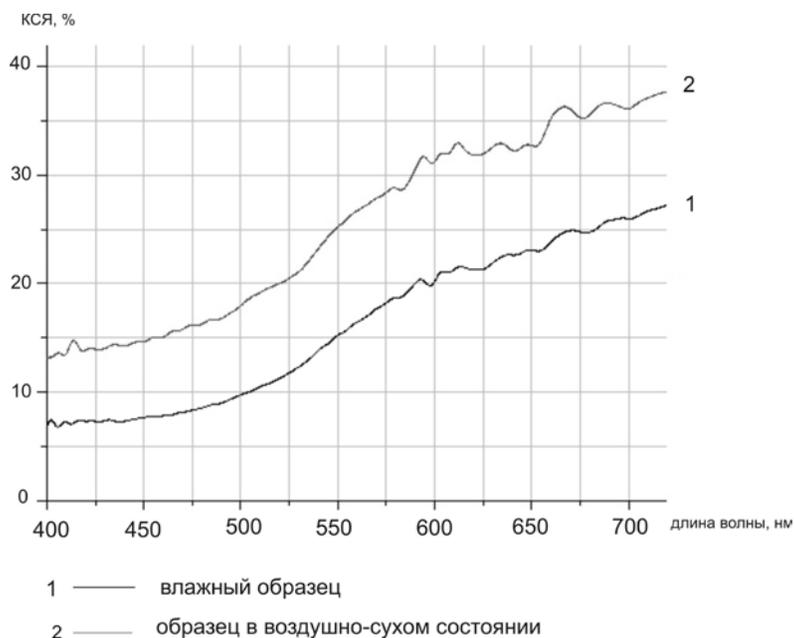


Рис. 5. Коэффициенты спектральной яркости пахотного горизонта сильноэродированных почв, во влажном и воздушно сухом состоянии

При этом анализ спектральных характеристик почвенных образцов гумусовых горизонтов почв различной степени эродированности, находящихся во влажном и воздушно-сухом состоянии показал, что у влажных и воздушно-сухих образцов почв одной степени деградации кривые коэффициентов спектральной яркости подобны.

Из проведенных исследований можно сделать вывод о возможности диагностики степени эродированности дерново-подзолистых почв по интенсивности увеличения спектральной яркости пахотного горизонта в зеленой области спектра (500-600 нм).

Наблюдаемая закономерность позволяет использовать при дистанционном выявлении, оценке и создании картосхем эродированных почв мультиспектральных космических снимков, которые на основании преобразования исходных спектральных признаков используют два наиболее стабильных участка спектра оксидов железа. В красной области спектра (600-700 нм) содержащие Fe^{3+} минералы характеризуются устойчиво высоким коэффициентом отражения, в синей области спектра (380-500 нм) – устойчиво низким [1]. Индекс оксида железа (отношение интегральной спектральной яркости поверхностного горизонта почвы в красной области к интегральной спектральной яркости в синей области спектра) может служить количественной оценкой интенсивности увеличения спектральной яркости в зеленой области спектра (500-600 нм), характеризующей степень эродированности почв.

Применение данного спектрального преобразования, позволяет численно охарактеризовать интенсивность увеличения КСЯ почвы в области 500-600 нм, определив, таким образом, участки выхода на поверхность иллювиального гори-

зонта почв, обогащенного оксидами железа. Чем больше значение индекса оксида железа, тем более глубоко затронут процессами эрозии почвенный профиль.

Преобразование производится на основании формулы (1) путем вычисления отношения значений яркости каждого пикселя в спектральных диапазонах 400-500 нм и 600-700 нм (I_3/I_1) [4].

$$I_{Fe(x,y)} = \frac{I_{(x,y)}^{RED}}{I_{(x,y)}^{BLUE}} \quad (1)$$

где $I_{Fe(x,y)}$ – значение расчетного индекса оксида железа в пикселе (x, y) изображения; $I_{(x,y)}^{RED}$, – значения яркости пикселя (x, y) изображения в канале, охватывающем красную область спектра (в диапазоне 600-740 нм); $I_{(x,y)}^{BLUE}$ – значения яркости пикселя (x, y) изображения в канале, охватывающем синюю область спектра (в диапазоне 380-500 нм).

Расчет индекса оксида железа направлен на создание производного признака – характеристики спектрального контраста между зонами, отражающими форму кривых спектрального образца. Индекс достаточно инвариантен к условиям наблюдения по сравнению с абсолютными значениями спектральных яркостей и позволяет для оценки степени эродированности почв использовать некалиброванные значения яркости на исходном снимке. Отношение яркостей отдельных спектральных каналов является простым методом идентификации минералов, эффективно уменьшающим влияние факторов освещения, атмосферы. При этом в момент получения исходного мультиспектрального изображения почвы должны находиться в открытом состоянии, область исследований должна иметь низкие относительные содержания паров воды в атмосфере [5].

В зависимости от степени разрушения почвенного профиля, в соответствии со значением расчетного индекса оксида железа, полученного для каждого пикселя мультиспектрального космического снимка, почвы группируют в соответствии с таблицей 2. Пороговые значения расчетного индекса оксида железа установлены экспериментально, путем сравнения полученных пространственных данных и контрольных данных полевого картографирования.

Таблица 2

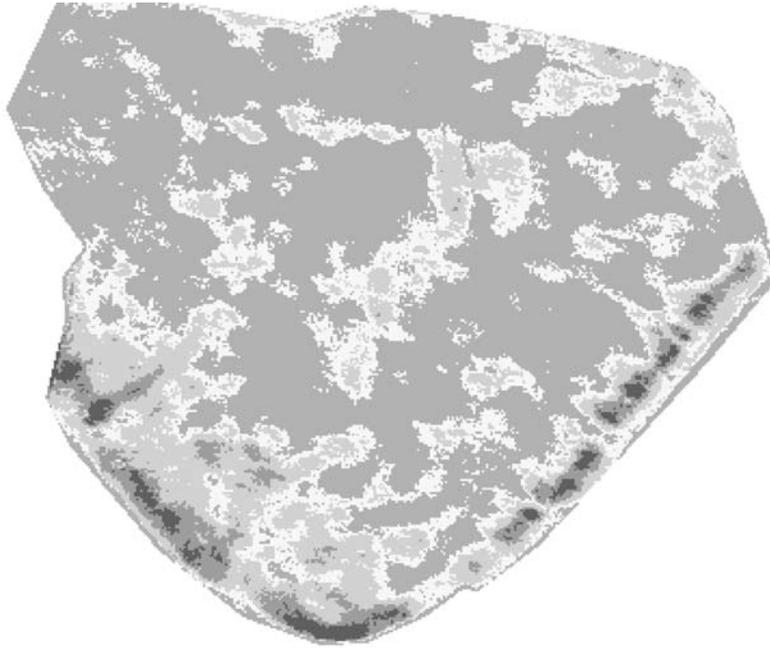
Зависимость степени эродированности почв от индекса оксида железа

| Степень эродированности | Значения расчетного индекса оксида железа |
|-------------------------|-------------------------------------------|
| Неэродированные | менее 1,300 |
| Слабая | 1,300-1,350 |
| Средняя | 1,350-1,430 |
| Сильная | 1,430-1,500 |
| Очень сильная | более 1,500 |

На основании предложенного способа с использованием программного обеспечения ENVI на эталонно-калибровочный участок «Щемыслица» была составлена в автоматизированном режиме почвенно-эрозионная карта (с оценкой степени деградации) (рис. 6).

Совместно с Институтом почвоведения и агрохимии была проведена верификация предложенного способа картографирования эродированных почв. Результаты верификации свидетельствуют о высокой детальности составленной с при-

менением данного способа почвенно-эрозионной карты, а также о ее достаточно высокой достоверности.



Условные обозначения:

Почвы

-  незеродированные
-  слабоэродированные
-  среднеэродированные
-  сильноэродированные
-  очень сильноэродированные

Рис. 6. Почвенно-эрозионная карта ключевого участка «Щемыслица» (полученная в результате автоматизированного дешифрирования мультиспектрального космического снимка QuickBird)

ВЫВОДЫ

Спектральная отражательная способность поверхностного горизонта пахотных почв является объективной характеристикой, позволяющей судить о степени их эрозионной деградации при дистанционном исследовании состояния почвенного покрова.

Анализ полученных при полевом и лабораторном спектрометрировании графиков показал, что для образцов верхнего горизонта почв различной степени

деградации (слабо-, средне- и сильноэродированных) можно выделить участок спектра 480-640 нм, в пределах которого различия спектрофотометрических характеристик почвенных образцов наиболее существенны.

Соотношение содержания гумуса, оксидов железа и глинистых минералов в верхнем пахотном горизонте эродированных почв определяет характерный подъем спектральной кривой в области длин волн 480-640 нм, обусловленный повышенным содержанием в пахотном горизонте эродированных почв материала иллювиального горизонта, обогащенного окислами железа.

Наблюдаемая зависимость позволяет использовать при дистанционном выявлении, оценке и картографировании эродированных почв мультиспектральные космические снимки высокого разрешения.

Индекс оксида железа (отношение интегральной спектральной яркости поверхностного горизонта почвы в красной области спектра к интегральной спектральной яркости в синей области спектра) может служить количественной оценкой интенсивности увеличения спектральной яркости в зеленой области спектра (500-600 нм) и характеризовать степень эродированности почвенного покрова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов, Д.С. Химия почв: учебник / Д.С. Орлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
2. Садовников, Ю.Н. Спектрофотометрический метод характеристики почв, почвенной окраски и количественные закономерности отражения света почвами / Ю.Н. Садовников, Д.С Орлов // Агрохимия. – 1978. – №4. – С.133-151.
3. Беляев, Б.И. Спектральные отражательные свойства почв: аналитический обзор / Б.И. Беляев, Т.М. Курикина., В.Д. Лисица. – Минск, 1991.
4. Жиленев, М.Ю. Обзор применения мультиспектральных данных ДЗ и их комбинаций при цифровой обработке / М.Ю. Жиленев // Геоматика. – 2009. – №3. – С.56-64.
5. Кравцов, С.Л. Обработка изображений дистанционного зондирования Земли: анализ методов / С.Л. Кравцов. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2008. – 256 с.

TECHNOLOGY OF AUTOMATED INTERPRETATION OF ERODED SOILS

E.N. Gorbachova

Summary

The article outlines the main research findings of the spectral reflectance of eroded sod-podzolic soil top-soil, which were conducted on the pilot site «Schemyslitsa». The effect of different soil properties on their spectral reflectance has been studied. The method for automated interpretation of sod-podzolic soil of different degrees of degradation using multispectral resolution satellite images has been proposed.

Поступила 25 марта 2011 г.