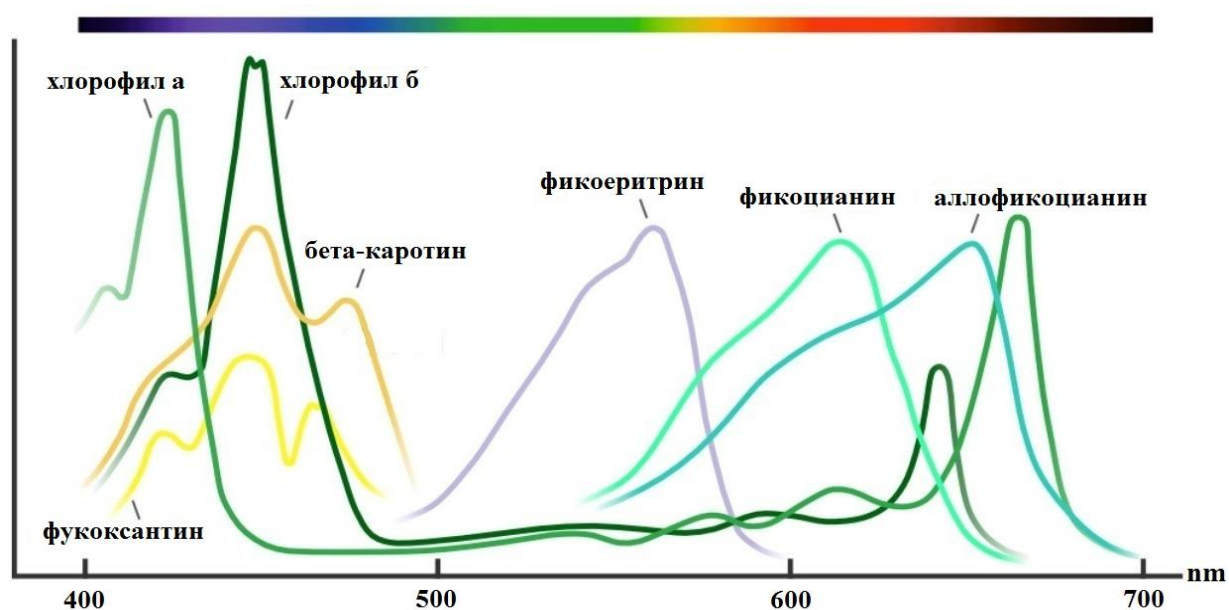


**Способы перевода земельных угодий на цифровую карту и  
повышения урожайности культур посредством дистанционных  
наблюдений**

**Авторы:** Худайназаров Сердар Аманязович, Атаджан Шамурадов,  
Гуванджов Сапаргелды

**ОУ:** Туркменский государственный университет  
имени Махтумкули

Для разработки цифровых карт посевных площадей в сельском хозяйстве, а также повышения урожайности возделываемых культур через обработку полученных с искусственного спутника Земли сведений необходим ряд средств. Для получения из сети Интернет необходимых для осуществления работы космических снимков, содержащих мультиспектральную и гиперспектральную информацию, доступную, в основном, в базе данных искусственного спутника «Landsat» и др., используются «USGS LandsatLook Viewer», «USGS Earthexplorer», «SAS.Planet», «Google Earth Engine» и т.п. программы. При дешифровании снимков, полученных в результате дистанционного зондирования земной поверхности, используются специальные программные обеспечения (ПО) ERDAS Imagine, ER Mapper, PCI (EASI/PACE), ENVI, Пакурс (Photomod), SmartTech (MET, HRPT), E-Systems (E-Star). Далее передача обработанных сведений на карту осуществляется с помощью ГИС, ArcGIS (ArcView, ArcScene, ArcGlobe, ArcCatalog), а также MapInfo, Panorama, QGIS и других ПО. Кроме вышеуказанных средств в проведении точных наблюдений за сельскохозяйственными угодьями и пастбищами велико значение возможностей ПО «ExactFarming» и беспилотников. В основном, при изучении, дешифровании и наблюдениях за растениями, используется NDVI (Normalized difference vegetation index, Нормализованный вегетационный индекс — это показатель здоровья растения, который вычисляется по тому, как растение отражает и поглощает разные световые волны). Он позволяет определить состояние роста растений на исследуемом поле, пожароопасные места, а также оценить урожайность земельных площадей и производительность пастбищ. Данный метод, в основном использует спектральные свойства лучей, падающих на растения (рис.1).



**Рис.1. Кривые свойств пигментов растений отражать и поглощать спектры**

Спектральная характеристика растений определяется способностью их листьев отражать, поглощать и пропускать энергию солнечных лучей

(радиацию). В листьях растений содержатся пигменты. Они отличаются по свойствам отражать и поглощать спектры, обеспечивают разность оттенков цветов листьев растений. Хлорофилл, в основном, поглощает синюю 400-500 нм и красную 600-700 нм области спектра солнечных лучей. А зеленые лучи отражает, поэтому листья многих здоровых растений зеленого цвета. Основной поток отражаемых от листа лучей приходится на ближние инфракрасные лучи, длина волн которых равна 700-1300 нм. Его величина составляет от 30 до 70 % от объема потока общей энергии, падающей в зависимости от вида растения. В области инфракрасного диапазона с длинными волнами кривая спектрального отражения здоровых листьев 1300-2500 нм вновь понижается. Когда растения богаты хлорофиллом, они обретают насыщенный зеленый цвет, что является показателем их здоровья. Спектры в таком случае отражаются и поглощаются ими так, как показано на рис. 1. При недостатке какого-либо фактора состав пигментов изменяется, в результате образуется другая спектральная кривая. При вычислении нормализованного вегетационного индекса растений применяется следующая формула:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где,

NIR - коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра;

RED - коэффициент отражения в красной области спектра.

Индекс вычисления NDVI может меняться от (-1) до 1. Если показатель NDVI находится в пределах от (-1) до 0 он показывает неорганические элементы (снег, вода, почва, песок, камень, дороги и др.). Значение данного показателя для растений бывает от 0 до 1 (табл. 1).

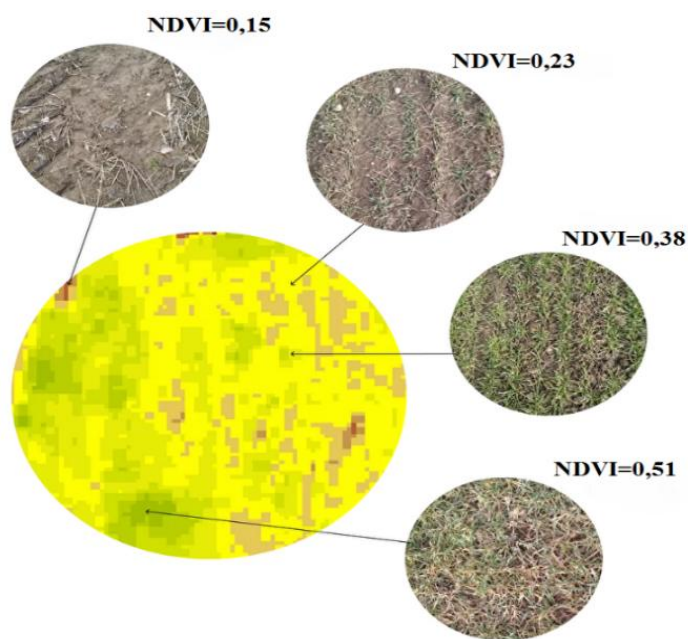
*Таблица 1.*

**Значение NDVI различных объектов земной поверхности**

Тип объекта	Коэффициент отражения в красной области спектра	Коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0,1	0,5	0,7
Разряженная растительность	0,1	0,3	0,5
Открытая почва	0,25	0,3	0,025
Облака	0,25	0,25	0
Снег и лед	0,375	0,35	-0,05
Вода	0,02	0,01	-0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	0,3	0,1	-0,5

При изучении вегетационного индекса растений по NDVI, в основном, регистрируется в 3 сезона – весенний период развития, середине лета и

середине осени (рис. 2). На рис. 2 показан обработанный космический снимок, полученный в середине осени. Площадь с растениями содержит разноцветные пиксели. В качественных снимках каждый пиксель может примерно отображать 10-30 метров земной поверхности. Значение NDVI в зеленых пикселях повторно обработанных космических снимков равно 0,5-0,6 в зависимости от насыщенности цвета, что говорит о здоровом растительном покрове. Если это значение равно 0,7, это показывает густую растительность, сады. В местах, где есть высохшие травы, значение NDVI равно 0,15, что говорит о наличии там органических отходов, в этом случае здесь показатель NDVI никогда не будет равен 0. На космических снимках, полученных в облачную погоду с искусственного спутника, это значение равно 0. Из-за ошибочных данных в этом случае выбираются космические снимки, сделанные в ясные безоблачные дни. Так как в нашей стране мало облачных дней, этот метод имеет большое значение. В водном покрове на земледельческих или пастбищных территориях значение индекса равно -0,25.



**Рис. 2. Данные NDVI земледельческих угодий осенью**

В настоящее время повышается значение использования дронов. По научным данным, в будущем уровень использования дронов достигнет 80%. На сегодняшний день эффективно работает новый дрон «P4 Multispektral», производимый частной китайской компанией «SZ DJI Technology» для сельского хозяйства. Разрешение данных, полученных устройством, очень высокое. Они отличаются точностью. Каждый пиксель способен отобразить примерно 3-4 см земной поверхности. Это позволяет в режиме реального времени с точностью посмотреть состояние роста растений на посевных площадях, чего и на каких участках не хватает.

Применение таких методов в управлении сельским хозяйством позволяет повысить контроль за ходом работ на земледельческих угодьях, состоянием роста растений, почвы, повысить урожайность, выполнить работы в короткое время, изучать биомассу пастбищ.

### **Литературы**

1. А.С. Черепанов, Е.Г. Дружинина. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы. Геоматика №3. 2009.
2. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984.
3. Martha R. Taylor, Jean L. Dickey, Kelly Hogan., Biology concepts and connections (Ninth edition). Boston: Pearson Education, 2017.
4. <https://exactfarming.com>
5. <https://blog.onesoil.ai/ru/what-is-ndvi>