

УДК 631.816

ПОНЯТИЕ О ПОЧВЕННОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЭРО И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

*А. Д. Бабаева, С. Я. Адыгозелова, С. Р. Мехтиева,
А. И. Азимова, А. В. Маммедова*

Институт аграрных проблем, Азербайджанская Республика, г. Гянджа, пр. Гейдара Алиева, 419, baugun@mail.ru

Аннотация

Составление почвенных карт с помощью аэросъемки и космических съемок имеет особое значение при изучении больших территорий, в том числе при изучении изменений окружающей среды, при почвенных исследованиях. Таким образом, полученные пространственные данные являются одним из лучших способов получения точной информации о земном покрове.

Ключевые слова: почва, сельскохозяйственное назначение, аэрофотосъемки, проект землеустройства, карта.

THE CONCEPT OF SOIL MAPPING USING AERIAL AND SPACE IMAGES

A. D. Babaeva, S. Y. Adygozelova, C. P. Mehtieva, A. I. Azimov, A. B. Mammedova

Abstract

Compiling soil maps using aerial and space photography is of particular importance when studying large areas, including when studying environmental changes and soil research. Thus, the resulting spatial data is one of the best ways to obtain accurate information about land cover.

Keywords: soils, agricultural purposes, aerial photography, land management project, map.

Введение. В зависимости от цели почвенное дешифрирование можно разделить на два основных направления:

почвенно-картографическое, заключающееся в определении по снимкам или с их помощью типов почв и границ их простираения в целях составления специальных карт;

почвенно-исследовательское, суть которого в изучении происходящих в почвенном покрове динамических процессов.

Почвенные карты, в зависимости от масштаба, делят на детальные (1:5000 и крупнее), крупномасштабные (1:10 000-1:25 000), среднемасштабные (1:50 000-1:200 000) и мелкомасштабные (1:500 000 и мельче).

В землеустроительной практике используются в основном крупномасштаб-

ные почвенные карты. С их помощью определяют возможные для конкретных условий севообороты, обеспечивается почвенная однородность проектируемых полей и др. Для организации территорий в районах интенсивного земледелия – рисосеяния, виноградарства, хлопководства, выращивания чая, цитрусовых и других ценных культур, а также проектирования противозерозионных мероприятий, оросительных и осушительных сетей – выполняют детальное почвенное картографирование.

Детальные и крупномасштабные почвенные карты используются в земельном кадастре, в частности, при бонитировке почв и экономической оценке земель.

Среднемасштабное почвенное картографирование выполняется в целях агропочвенного районирования, определения специализации хозяйств, сравнительной оценки качества почв в хозяйствах в целях ведения различных земельно-учетных работ и др.

Мелкомасштабные почвенные карты областей, краев, республик служат для решения стратегических сельскохозяйственных задач, например, для определения специализации регионов.

Динамические процессы, происходящие в почвах, изучаются путем анализа материалов периодических съемок, если анализируются сравнительно медленно развивающиеся процессы (эрозия и засоление почв, заболачивание, наступление песков и т. п.), или путем анализа материалов оперативных съемок, если анализируются результаты случайных или быстро протекающих процессов (смыв почвы при наводнении, созревание почвы для посева, изменение ее влажности и температуры и т. п.) [1, 2].

Зависимость коэффициента интегральной яркости почв от содержания гумуса и окислов железа до 5 % линейная, далее – параболическая. Наибольшая чувствительность яркости почв к содержанию гумуса наблюдается в красной зоне спектра.

Значительное изменение яркости почв обуславливается их влажностью. Полное представление о распределении влаги в почве дает совместный анализ изображений в видимой области и ближней инфракрасной зоне спектра.

Яркость почв существенно зависит от макроструктуры поверхности. С укрупнением комьев увеличивается суммарная площадь затемненных участков поверхности, увеличивается отражение, создаются структурные пространства, способствующие многократному отражению лучистой энергии и ее поглощению.

Микроструктура почв также влияет на их яркость. С уменьшением размера частиц яркость возрастает экспоненциально. Наиболее заметное увеличение яркости происходит при диаметре частиц меньше 0,4 мм.

Специфика почвенного дешифрирования обусловлена особенностями объекта изучения. На снимках, полученных в оптическом диапазоне спектра электромагнитных излучений, содержится информация только о верхнем горизонте генетического профиля. Задача осложняется тем, что поверхность почвенного покрова в большинстве случаев непосредственно не изображается на снимках.

Даже пахотные земли гумидной зоны, кроме чистых паров, большую часть съемочного периода бывают в той или иной степени закрыты растительностью. Поэтому преобладающим здесь будет косвенное дешифрирование. В аридной зоне на участках с изреженной или высохшей растительностью возможности использования прямых дешифровочных признаков расширяются.

Суждение о генетическом профиле почв в целом может быть составлено только косвенным путем с использованием заранее установленных признаков для конкретного района по результатам полевых исследований на типичных (ключевых) участках. Поэтому по аэро или космическим фотоснимкам непосредственно устанавливается принадлежность почв лишь к высшим таксономическим категориям классификации – к типу, иногда подтипу и в некоторых случаях к роду [3].

В связи со сложностью почвенного дешифрирования, обусловленной необходимостью одновременного анализа всей совокупности дешифровочных признаков и в первую очередь косвенных, преобладающим в настоящее время является визуальный метод дешифрирования.

Рассмотрим возможности изучения по аэрофотоснимкам элементов местности, являющихся индикаторами типов почв, а также роль прямых признаков при почвенном дешифрировании.

Рельеф является одним из важнейших почвообразующих факторов. Изменение крутизны ската и его экспозиции, понижения и возвышения на плоских участках и др. влечет за собой определенное изменение характеристик почв. Сведения о рельефе с не меньшей полнотой, чем при натурных обследованиях, могут быть получены по стереоскопической модели местности.

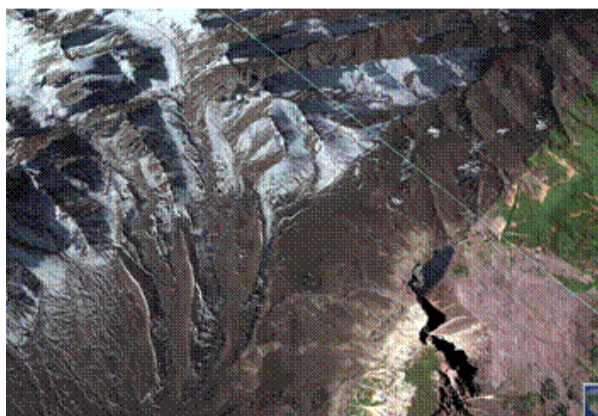


Рисунок 1 – Высокогорная часть хребтов Шахтаг и Мурвудаг

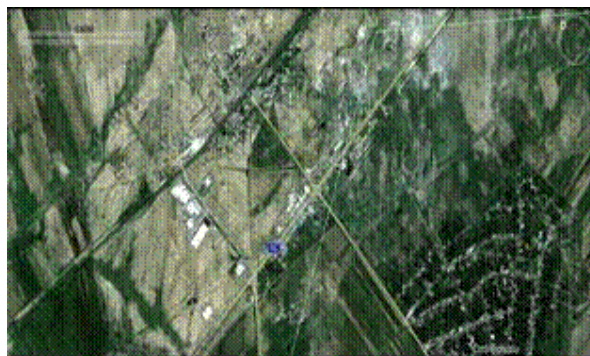


Рисунок 2 – Фото 9.10. –03.07.2009 Ортофотоснимок района исследований (Геранбойский район Горан, Джинли Борсунлу, территориальная однородность)

Возможность анализа закономерностей строения макрорельефа зависит от размера участка местности, доступного для одновременного обозрения, т. е. от формата и масштаба аэрофотоснимка. Если по отдельным аэрофотоснимкам не удастся проследить эти закономерности, результаты стереоскопических наблюдений переносят на фотосхемы или, что существенно удобнее, к изучению макрорельефа привлекают стереофотосхемы и стереоортофотопланы.

Суждение о мезорельефе с достаточной полнотой может быть составлено по отдельным аэрофотоснимкам или парам аэрофотоснимков сравнительно крупного масштаба (1 : 10 000 – 1 : 30 000), но все же взаимосвязь элементов мезорельефа более полно прослеживается по стереофотосхемам или стереоортофотопланам. Элементы микрорельефа хорошо выявляются даже в случае, если их глубина (высота) находится за пределами порога стереоскопического восприятия, при этом используется тон фотоизображения. Изменение тона изображения неровных обнаженных участков обуславливается изменением спектральной отражательной способности почв в связи с неравномерным распределением влаги, вызывающей оглеение или осолодение почв в микропонижениях; обеднением почв на микроповышениях за счет выветривания, систематических срезов гумусового слоя при обработке земли и др. По тону фотоизображения элементы микрорельефа выделяются и на участках, покрытых естественной и культурной растительностью, так как она, как правило, чутко реагирует на изменение свойств почвы, ее плодородия и влажности [4, 5].

Растительность является также важным почвообразующим фактором. При почвенном дешифрировании растительность играет двойную роль. Она, закрывая земную поверхность, мешает непосредственному изучению почв по фотоизображению и одновременно способствует выполнению этого процесса, будучи тесно связанной с почвами и являясь их индикатором.

Наиболее легко и надежно дешифрируется древесная растительность.

Кустарниковая растительность по прямым признакам дешифрируется менее уверенно, чем древесная. Косвенное дешифрирование здесь становится преобладающим.

Из травянистой растительности только естественная обладает более или менее устойчивыми индикационными свойствами.

Открытые выходы почвообразующих пород на земную поверхность встречаются очень редко. Поэтому о геологическом строении исследуемой территории судят обычно по косвенным признакам и, главным образом, по рельефу. Стереоскопическое наблюдение аэроснимков при этом дает, как уже говорилось выше, неоспоримые преимущества перед непосредственным изучением рельефа в поле. При этом важно для установления генеральных закономерностей геологического строения обеспечить достаточную пространственную обзорность, т. е. правильно выбрать масштаб наблюдаемых материалов. Стереофотосхемы здесь очень удобны.

Гидрографическая сеть легко дешифрируется по прямым признакам, но иногда приходится привлекать и косвенные особенности топографического расположения элементов гидрографии, взаимосвязь с окружающими элементами ландшафта.

Результаты хозяйственной деятельности человека могут иметь вспомогательное значение при почвенном дешифрировании. Используется при этом приуроченность сельскохозяйственных угодий к определенным почвенным условиям, наличие оросительных и осушительных систем, противоэрозионных средств и др.

При дешифрировании непосредственно отобразившихся на аэрофотоснимках почв на участках, покрытых очень разреженной растительностью или совершенно обнаженных, представляется возможность использования, в дополнение к косвенным, прямых дешифровочных признаков: тона (цвета) и текстуры фотоизображения, размеров и формы почвенных контуров.

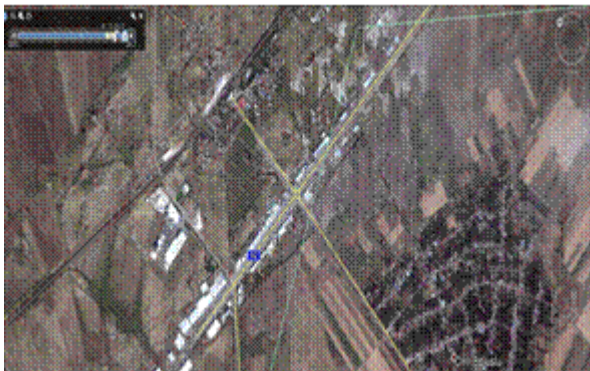


Рисунок 3 – Ортофотоснимок района исследований на 10.2022 г. (на примере территориальной единицы Горан, Джинли Борсунлу Геранбойского района)



Рисунок 4 – Изменение тона фотоизображения светофильтра

Как видно из снимков, масштабные изменения в земельном фонде произошли в сроки, указанные на ортофотоснимке Геранбойского района Горан и территориального объединения Джинли Борсунлу, выделенного в районе исследования.

Тон фотоизображения зависит от спектральной зоны, используемой для фотографирования, и от спектральной яркости почв. Последняя определяется многими факторами. Сложность, а иногда и невозможность определения доли участия этих факторов в формировании фотоизображения принижает значение тона как дешифровочного признака. Так, например, два участка пашни с одинаковыми почвами могут получиться существенно различными по тону на одних и тех же аэрофотоснимках, если влажность этих участков будет различной или различной будет их шероховатость (один участок боронован после вспашки, другой нет).

Кроме того, поверхность пашни или другого обнаженного участка не является ортотропной, что может привести к значительному изменению тона фотоизображения однородных участков при различном расположении их относительно центра проекции и солнца.

Однако относительное изменение свойств почв, их гумусированности, карбонатности и др. в пределах некоторой ограниченной площади при правильном выборе типа аэропленки могут хорошо отобразиться на черно-белых фотоизображениях (см. рис. 4). Несколько большей информативностью обладает цвет фотоизображения, особенно на снимках с условной цветопередачей. На таких снимках хорошо различаются участки с различной гумусированностью, карбонатностью [6].

Текстура фотоизображения обнаженных участков отражает:

- ✓ следы их обработки (вспашка, боронование и др.);
- ✓ различие свойств небольших по площади, более или менее однородных по форме, компонентов комплексных почв;
- ✓ результаты эрозионных процессов;
- ✓ выходы солей;
- ✓ результаты деятельности животных (сурков, кротов и др.).

Как видно из приведенного перечисления, текстура как признак самих почв помогает распознаванию их только в исключительных случаях. С помощью текстуры легко опознаются типы ландшафтов, по которым затем определяются сопутствующие им типы почв.

Размеры и форма почвенных контуров зависят в основном от рельефа картографируемой территории и не являются достаточно надежными признаками.

Особенность почвенного дешифрирования космических фотоснимков определяется их пониженным разрешением и значительным ухудшением условий стереоскопического наблюдения (отрицательные стороны), а также возможностью анализа распределения обобщенных яркостных характеристик элементов ландшафта на территории значительной протяженности в практически одинаковых условиях съемки (положительная сторона).

Снижение линейного разрешения исключает возможность использования важнейших признаков (формы, размера, текстуры) при распознавании одного из основных индикаторов почв – растительности. В формировании интегрального тона фотоизображения участвует много факторов. Выделить полезную для решения данной задачи часть энергетической информации при визуальном анализе однозональных фотоснимков практически невозможно.

Значительное увеличение порога стереоскопического восприятия за счет уменьшения отношения базиса к высоте фотографирования и снижения линейного разрешения космических изображений сокращают возможности использования индикационных свойств рельефа, особенно его микроформ.

Перечисленные потери в некоторой степени компенсируются на средне-масштабных и особенно крупномасштабных фотоснимках оптической генерализацией яркостного поля снимаемой территории. Вследствие этого могут выделяться ареалы почв с различной отражательной способностью в используемом при съемке спектральном интервале. К тому же маскирующий эффект растительности с увеличением высоты фотографирования, т. е. на космических фотоснимках, заметно снижается.

Визуализированные сканерные изображения характеризуются в настоящее время меньшим, в сравнении с фотографическим, линейным разрешением. Поэтому потери пространственной информации здесь еще больше. То же можно сказать и о телевизионных кадровых изображениях. Избирательная способность и точность энергетической информации, полученные с помощью фотометрических сканеров, несколько выше, чем на фотоснимках и тем более на телевизионных кадровых изображениях. За счет этого при правильном выборе для съемки спектральной зоны достоверность фотометрического дешифиро-

вания почв возрастает [7].

Технология почвенного дешифрирования определяется сложностью картографируемой территории в почвенном отношении, степенью ее специальной изученности, информативностью конкретных материалов фотосъемки, масштабом картографирования и в известной мере опытностью исполнителей.

Рассмотрим основы наиболее распространенной в настоящее время технологии. Процесс дешифрирования можно разделить на следующие основные этапы:

- 1) подготовительный;
- 2) предварительного камерального дешифрирования;
- 3) полевого обследования;
- 4) камеральной обработки полевых материалов и окончательного камерального дешифрирования;
- 5) перенесение результатов дешифрирования на топографическую основу и оформление материалов.

Суть подготовительного этапа принципиально та же, что и при сельскохозяйственном дешифрировании. Изменяется только состав собираемых и анализируемых материалов.

Дешифрирование выполняется на контактных отпечатках или увеличенных изображениях. Последние используются при работе в условиях сложной мелкоконтурной почвенной ситуации, а также в случае необходимости повышения дешифрируемости индикаторов почв. Дешифрированию подвергаются четные или нечетные фотоснимки – дешифрирование через снимок. В некоторых случаях, когда появляется необходимость в более полном анализе природных закономерностей формирования почв на значительных по протяженности территориях или в установлении типа ландшафта с целью определения свойственных ему почв (ландшафтный подход к распознаванию почв), удобнее использовать для дешифрирования фотосхемы, изготовленные из контактных или увеличенных снимков. Если рельеф при таком анализе играет существенную роль, лучше перейти к дешифрированию стереофотосхем.

В результате изучения имеющихся почвенных карт, архивных дневников с описанием разрезов и результатов лабораторного анализа проб почв уточняется и приводится в соответствие с существующей классификацией и диагностикой почв их наименование. На основе сопоставления дешифрируемых фотоматериалов с картами устанавливаются закономерности во взаимосвязях и характеристиках почв с почвообразующими факторами, определяются прямые дешифровочные признаки почв, степень их надежности и возможности использования (в частности, пределы экстраполяции признаков). Аналогичная работа может быть выполнена путем анализа материалов законченного дешифрирования смежных, близких по природным условиям районов.

Камеральное дешифрирование начинается с деления изображения на однородные по тону (цвету) фотоизображения, его текстуре и сочетанию почвообразующих факторов участка. Эта процедура при анализе изображения районов со сложной структурой почв, а также при недостаточной опытности специ-

алиста может выполняться дифференцированно по каждому признаку и фактору. Результаты при этом последовательно фиксируются на двух–трех прозрачных основах различным цветом. Совместив основы, оконтуривают участки с различными комбинациями прямых и косвенных признаков. Процедура разделения изображения на участки, предположительно различающиеся по характеристикам почв, иногда называется контурным почвенным дешифрированием.

При хорошем знакомстве с почвами района и их пространственным размещением и особенно при наличии достаточно надежной информации о признаках почв сразу же в процессе разделения изображения на однородные участки или по завершении разделения выполняется предварительное определение типов почв. В противном случае распознавание почв – генетическое дешифрирование – переносится в полевые условия.

Почвенные контуры, не вызывающие сомнения, вычерчивают сплошными линиями, сомнительные – пунктирными. На основе результатов камерального дешифрирования проектируется примерная сеть маршрутов, намечаются ключевые участки и места заложения разрезов, полуям и прикопок. Маршруты должны проходить по всем сомнительным участкам, а также по участкам, почвы которых могли измениться по каким-либо причинам; разрезы должны быть заложены на каждом вновь выделенном (в сравнении с имеющейся почвенной картой) или иначе охарактеризованном участке. Кроме того, достоверность камеральной диагностики каждого типа почв должна быть проверена по крайней мере трехкратно.

В качестве ключевых выбирают наиболее типичные для данного района участки. На них исследуют все варианты взаимосвязей почв с почвообразующими факторами, определяют прямые признаки и их надежность. Свойства всех типов почв изучаются на разрезах. Результаты работы на ключевых участках используются для диагностики почв, если она камерально не была выполнена или оказалась незавершенной на сложных участках, а также для контроля достоверности диагностики дешифрированных участков.

На этапе камеральной обработки полевых материалов выполняется анализ почвенных образцов, завершается и уточняется диагностика почв, уточняется положение контуров, оформляются образцы дешифрирования. Последние используются как эталоны при почвенном дешифрировании в районах с аналогичными природными условиями. К образцам дается пояснительная записка с кратким описанием природных условий района, его почвенного покрова, дешифровочных признаков почв; приводятся сведения о характеристике съемочной системы и условия съемки.

Топографической основой почвенной карты могут служить топографические или сельскохозяйственные карты. По необходимости масштаб последних приводится к нужному механическим, оптическим или иным путем. Результаты дешифрирования переносят на основу с использованием проекционных приборов.

Изложенная технология используется при крупномасштабном почвенном картографировании.

При составлении детальных почвенных карт использование аэрофотоснимков позволяет также улучшить их качество и снизить затраты труда, особенно в районах со сложным строением почвенного покрова. Возможность детального анализа рельефа местности по стереоскопической модели с привлечением для анализа элементов микрорельефа и тона фотоизображения существенно повышает точность почвенного оконтуривания. Диагностика почв при детальном картографировании выполняется, как правило, в поле.

Экономия времени при работе с аэрофотоснимками получается здесь не только за счет сокращения количества разрезов, но и за счет значительного упрощения их привязки. Преимущества исчезают для районов с несложной структурой почвенного покрова, когда одни почвы постепенно переходят в другие.

Средне- и мелкомасштабное картографирование выполняется с помощью аэро и космических фотоснимков. Масштаб последних может быть несколько крупнее или равен масштабу составляемой карты, а при высоком линейном разрешении даже мельче масштаба карты. Такие фотоснимки предоставляют возможность специалисту более полно выявлять и использовать взаимосвязи почвенных покровов с различными компонентами и комплексами компонентов природной среды, определять типы ландшафтов и с их помощью распознавать присущие им почвы, т. е. использовать ландшафтный подход к диагностике почв.

Заключение. Информация о дешифровочных признаках почв может быть получена в результате анализа дешифрируемых изображений с привлечением имеющихся кондиционных крупномасштабных почвенных карт, а при их отсутствии – с использованием материалов исследований на ключевых участках. Технология визуального камерального дешифрирования принципиально не отличается от изложенной выше технологии, используемой при крупномасштабном картографировании.

Список цитированных источников

1. Бабаева, А. Д. Гусейнов, А. И. Дистанционные аблюдения за состоянием сельскохозяйственных культур Бюллетень науки и практики // Bulletin of Science and Practice. – Нижне Вартовск. – 2019. – № 4. – С. 120-126.

2. Бабаева, А. Д. Гусейнов, А. И. Камеральное сельскохозяйственное дешифрирование аэроснимков // Бюллетень науки и практики www.bulletennauki.ru. 2023. –№ 7. – С.. 139–149.

3. Мамедов, Г. Ш. Использование геопространственных данных в различных областях // Почвоведение и агрохимия. – 2013, объем 21. – № 2. – С. 7–15.

4. Мамедов, Q. Ш, Годжаманов, М. X. Единая система координат как основа геодезического обеспечения // Почвоведение и агрохимия. – 2013, объем 21. – № 1. – С. 132–138.

5. Мехтиев, А. Ш. Локальные полигоны для регионального аэрокосмического мониторинга // Журнал физики. – Турция. – 20-объем. – 1996. – № 8.

6. Исмаилов, А. И. Информационная система азербайджанских земель. / А. И. Исмаилов. – Баку : «Elm», 2004 – 308 с.

7. Побединский, Г. Г., Еруков, С. В. Использование спутниковых приемников GPS wild-system 200 Верхневолжским АГП // Геодезия и картография. – 2004. – № 1. – 50 с.