



## ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

УДК 528.77:629.785

А.В. Прокудин

### МОНИТОРИНГ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЛАНДШАФТНЫХ МЕТОДОВ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ

*Рассмотрены основные принципы и особенности тематического дешифрирования ландшафтов при космическом мониторинге землепользования.*

**Ключевые слова:** землепользование, космический мониторинг, ландшафт, дешифрирование, космические снимки.

A.V. Prokudin

### THE LAND USE MONITORING ON THE BASIS OF THE LANDSCAPE METHODS OF THE SPACE VIDEO INFORMATION DEIPHERING

*The basic principles and peculiarities of the landscape thematic deciphering in the land use space monitoring are considered.*

**Key words:** land use, space monitoring, landscape, deciphering, space pictures.

**Введение.** Актуальность широкого использования методов ландшафтного дешифрирования в космическом мониторинге землепользования обусловлена высоким уровнем развития тематического дешифрирования (топографического, геологического, геоморфологического, геоботанического, гидрологического, лесного, сельскохозяйственного и др.), которые основываются на углубленной (отраслевой) характеристике объектов, закономерностей их изображений и взаимосвязей при различных видах съемки.

**Цель исследования.** Рассмотреть и проанализировать основные принципы и особенности отраслевого дешифрирования ландшафтов при космическом мониторинге землепользования.

**Задачи исследования.** Теоретическое обоснование компонентной, пространственной и временной сущности структуры ландшафта, определяющей физиономичность видеоизображения, а также геоиндикационного подхода при ландшафтном дешифрировании в системе мониторинга землепользования и его экологического сопровождения.

**Результаты исследования.** Специфика и особенности ландшафтного дешифрирования при мониторинге землепользования следуют из определения понятия ландшафта: «Ландшафт географический (в широком смысле – синоним природного территориального комплекса любого ранга) – относительно однородный участок географической оболочки, отличающийся закономерным сочетанием ее компонентов (рельефа, климата, растительности и др.) и морфологических частей (фаций, урочищ, местностей), а также особенностями сочетаний и характером взаимосвязей с более низкими территориальными единицами. Структуру каждого географического ландшафта определяют процессы обмена веществом и энергией» [1].

Рассматривая ландшафты с точки зрения развития сельского хозяйства, установлено [2], что каждый из них представляет своеобразную целостность, которая определяется сочетанием региональных и локальных условий. К первым («фоновым») характеристикам ландшафта автор относит общие агроклиматические условия – тепло- и влагообеспеченность, а локальное разнообразие определяется морфологией ландшафта. Морфологические подразделения ландшафта представляют собой типы земель (естественных угодий), которые в совокупности образуют земельный фонд конкретного ландшафта.

Изучение типологии и закономерности повторяемости морфологических частей ландшафта и его компонентов позволяет установить наиболее надежные индикаторы: геологического строения, форм рельефа, поверхностных и подземных вод, микроклимата, почв и почвенных разностей, т.е. каждого из компонентов ландшафта. Это и является основой ландшафтного подхода к анализу и принятию решений по определению, дешифрированию и классификации объектов тематического дешифрирования.

Экологическое сопровождение космического мониторинга землепользования заключается в выявлении экологического режима природных комплексов, градации которых устанавливаются по ландшафтными индикаторам: 1 – рельефу (топозооиндикатору); 2 – четвертичным отложениям и подстилающим их коренным горным породам (литозооиндикатору); 3 – почвам (педозооиндикатору); 4 – растительности (фитозооиндикатору); 5 – следам деятельности человека и характеру землепользования (антропозооиндикатору); 6 – морфологической структуре природного территориального комплекса (морфозооиндикатору). Учитывая особенности материалов космической съемки, при дешифрировании космических снимков желательнее использовать дополнительные зооиндикаторы: 7 – распределения и динамики снежного покрова; 8 – распределения и динамики поверхностного увлажнения; 9 – распределения облачного покрова, его структуры и динамики; 10 – распределения температуры поверхности земли и вод, их термального режима; тектонических структур (терминология автора сохранена) [3].

Решение проблемы космического мониторинга землепользования и его экологического сопровождения связано с анализом следующих групп задач: виды современных космических методов исследования природных ресурсов; использование современных технологий получения, обработки, опознавания (индикации), дешифрирования (интерпретации) и классификации природных и искусственных ландшафтов, диагностики их состояния.

В структуре мероприятий по использованию земли и наук, изучающих закономерности этого процесса, решение этих групп задач актуально в системе мероприятий по улучшению использования земли в схемах и проектах землеустройства, сохранению и повышению продуктивности угодий, поддержанию экологического равновесия в ландшафтах [4].

Особое место в таких исследованиях занимает анализ оптических свойств природных и искусственных ландшафтов, их изменение под влиянием природных и антропогенных факторов, обоснование наиболее информативных интервалов спектра для получения видеоинформации при решении конкретных групп задач: видовой состав, динамика роста, продуктивность биомассы, диагностика болезней растительности; основные типы почв; влияние химического и минерального состава, степени обработки почв, влажности, гумуса, засоленности и др.; определение запасов воды в различных объектах гидросферы, подземные воды; динамика гидрологических процессов и др.; экология ландшафта и аутоэкология.

Первостепенное значение при ландшафтном дешифрировании имеют комплексные признаки, которые используются для выявления морфологической структуры ландшафта. Первоначально термин «структура ландшафта» употреблялся для обозначения «пространственного строения», «морфологии ландшафта». По мере развития ландшафтоведения это понятие стало обозначать строение ландшафта, выражающееся в характере внутренних взаимосвязей между слагающими его компонентами, в пространственном расположении и обособлении мелких ландшафтных комплексов. Существенным дополнением к этому понятию стало введение в определение «структура ландшафта» представления о временных ее аспектах, где удачно сочетаются представления о компонентной, пространственной и временной сущности этого понятия.

Из этого следует, что в развитии каждого природно-территориального комплекса наблюдается определенная направленность и цикличность, в которой различаются изменения погодных условий, суточные циклы или ритмы, сезонные и многолетние циклы. Эти изменения необходимо учитывать как при съемке, так и при дешифрировании ландшафтов.

Погодные условия (долговременные осадки, осенние и весенние заморозки и др.) вносят существенные коррективы в нормальное для данного периода и ландшафта течение фенологических фаз развития растительности. Поэтому дешифровщик должен обладать определенным объемом знаний о сезонных явлениях природы, сроках их наступления и причинах, определяющих эти сроки.

Суточные изменения в облике ландшафта определяются двумя основными факторами: динамикой световых и термических условий. Смена световых условий проявляется в изменении прямого и рассеянного света, что находит непосредственное отображение на дешифровочных признаках (в первую очередь на контрастности, а при использовании ИК-диапазона – возможности самого изображения объекта или его параметров).

Годичные изменения ландшафта фенологи и ландшафтоведы анализируют с учетом разделения годичного цикла на сезоны, подсезоны, фазы, этапы и т.д.

Сезонные изменения связаны со сменой времен года и наиболее полно проявляются в растительности, которая в ряде случаев определяет физиономичность ландшафта. Для территории Сибири и Дальнего Востока эта проблема наиболее полно изложена в работе Н.Г. Харина [5], а в целом для территории страны в работе [6], которые посвящены сезонным и техническим условиям выполнения аэрофотосъемочных работ.

Многолетние изменения ландшафтов происходят при приобретении ландшафтом новых или утрате прежних свойств под влиянием внешних факторов или саморазвития. В работе [7] проанализирована пространственная и временная организация современных ландшафтов, распознаваемых на космических снимках. Основанием для классификации измененных ландшафтов служат: ориентированность воздействия (прямые и опосредованные изменения); глубина изменения (изменения в ходе функционирования, динамики и развития); обратимость изменений (обратимые и необратимые изменения); направленность изменений (прогрессивные и регрессивные изменения); степень соответствия поставленным целям (целенаправленные и побочные изменения); охват изменений (в целом ландшафта или отдельных его компонентов); источник изменений (спонтанные, связанные с эндогенными факторами, или внешние, обусловленные экзогенными факторами) [8].

Перспективы осуществления периодического и постоянного обзора и анализа состояния растительности на больших территориях были ясны уже при первых наблюдениях из космоса, так как позволили выявить глобальные закономерности хода фенологических изменений растительности в средних широтах. В весеннюю фенологическую фазу наблюдаются широтные перемещения «зеленой волны» с юга на север (начало вегетации растительности), а в осенний период наблюдается перемещение «коричневой волны» (созревание посевов и осенняя раскраска лиственных пород).

В период вегетации агрофитоценозов изменение спектральной яркости системы почва–растительность обусловлено регулярными (изменение величины растительной массы, геометрии растений, отражательных свойств элементов растений, структуры и влажности почвы) и эпизодическими (обработка и увлажнение почвы, дефолиация посева, появление цветов и т.д.) факторами. Оптические характеристики в период появления всходов – появления репродуктивных органов – изменяются незначительно. Заметные изменения оптических характеристик отмечены преимущественно у зерновых колосовых при переходе от фазы кущения к фазе выхода в трубку [9].

Учитывая, что на практике величина наземной биомассы пшеницы находится в пределах 5–10 т/га, нами произведен расчет нормализованного дифференциального вегетационного индекса для этих крайних величин (табл.). Исходные данные для расчетов взяты из банка спектральных коэффициентов яркости посевов сельскохозяйственных культур [9].

**Нормализованный дифференциальный вегетационный индекс (NDVI) пшеницы в фазе колошения при различной величине наземной биомассы**

Растение, почва	Характеристика состояния			
	Почва покрыта коркой, сухая		Почва покрыта коркой, увлажнение до 50 % НВ	
	Биомасса 5 т/га	Биомасса 10 т/га	Биомасса 5 т/га	Биомасса 10 т/га
Пшеница на обыкновенном черноземе	0,533	0,701	0,653	0,730
Пшеница на темно-каштановой почве	0,450	0,653	0,465	0,690
Пшеница на дерновоподзолистой почве	0,408	0,607	0,443	0,637
Пшеница на типичном сероземе	0,336	0,533	0,348	0,570

Анализ наиболее информативных интервалов спектра при создании (выборе) съемочных систем, индикации, интерпретации и классификации объектов довольно разнообразен и широко используется в теории дешифрирования аэрокосмических снимков.

Как видно из приведенной таблицы, спектральные коэффициенты яркости объекта в системе почва–растительность довольно стабильны в зависимости от влажности почвы и существенно отличаются в зависимости от типа почвы.

Наибольшие сезонные изменения внешнего облика ландшафта отмечены в красной и инфракрасной зонах спектра и вызваны изменением оптических характеристик растительности (в первую очередь природных ландшафтов), антропогенными факторами (уборка сельскохозяйственных культур), повреждениями, энтомовыми вредителями, инфекционными и неинфекционными болезнями. Как отмечает автор [10], в осеннюю фенологическую фазу при перемещении с севера на юг отмечается общая тенденция уменьшения поглощения хлорофилла (660–680 нм) в главной полосе и соответствующее увеличение поглощения в инфракрасной области спектра, связанное с пожелтением и высыханием растительности.

Установлено, что максимум вегетационной активности наблюдается около 58° широты. К северу активность вегетации снижается за счет понижения температуры, а к югу – за счет созревания культур и пожелтения лиственных лесов.

Изучение и классификация оптических характеристик ландшафта позволяют с помощью материалов многозональной съемки осуществлять мониторинг как за долговременными, так и быстропотекающими изменениями компонентов ландшафта. Например, по снимкам с природно-ресурсного спутника «Landsat» осуществляется контроль за продвижением на территории Североамериканского континента «зеленой волны» (весенней фенологической фазы развития растительности), следующей с юга на север за отступающей зимой.

Широкое применение ландшафтного метода в практике отраслевого дешифрирования аэрокосмических снимков вызвано тем, что ландшафты обладают большой устойчивостью, т.е. свойством сохранять свою структуру и характер функционирования, а значит, и закономерности фотоизображения в пределах географических зон.

Так как рисунок аэрокосмического изображения несет информацию не только об отдельных компонентах ландшафта (природные – горные породы, поверхностные и подземные воды, почвы, растительность и др.; антропогенные – объекты производственной и непроизводственной деятельности человека), но и о природных комплексах разного таксонометрического ранга (сочетание фаций, подурочищ, урочищ), то в ландшафтном дешифрировании применяются различные географические и картографические методы.

Комплексное географическое эталонирование используется при выявлении типа морфологической структуры ландшафта и свойственного ему рисунка аэрокосмического изображения. Ландшафтные аналогии как типы эталона дают представление о ландшафте как территориальной системе, в которой природные и антропогенно-техногенные элементы взаимосвязаны.

Индикационный метод находит широкое применение в анализе динамики природных процессов, выявлении морфологической структуры ландшафта, оценке почв, повреждений растений и т.д. С помощью этого метода устанавливаются характерные физиономические особенности как самого ландшафта, так и закономерности рисунка его аэрокосмического видеоизображения. На основе гидрологических и геоботанических индикаторов возможно выявление и классификация верховых, низинных и переходных типов болот, различного вида пустынь (даже отсутствие растительности может служить индикационным признаком) и др.

Использование материалов космической съемки как источников картирования зависит от задачи исследования, содержания этих материалов, назначения и разрешения на местности. Совмещение на одном снимке всех элементов ландшафта конкретного региона позволяет наиболее полно, разносторонне и с достаточной точностью отобразить на карте (серии карт) пространственное положение и взаимосвязи (по косвенным признакам) картографируемых объектов.

## Выводы

1. Несомненные преимущества космической видеоинформации в мониторинге землепользования по сравнению с традиционными методами заключаются в высокой оперативности ее получения на больших площадях, в наиболее информативных интервалах спектра для решения конкретных задач с минимальной стоимостью съемки единицы площади.

2. Решение проблемы космического мониторинга и его экологического сопровождения связано с анализом суточных, годовых и многолетних изменений облика ландшафта, использования различных методов тематического дешифрирования растительности, почв, объектов гидрологии и др.

3. Ландшафтный подход при тематическом дешифрировании позволяет с помощью космической видеоинформации осуществлять мониторинг землепользования и его экологическое сопровождение как за долговременными, так и быстропотекающими изменениями компонентов ландшафта.

## Литература

1. Естествознание: энцикл. слов. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 2002. – 543 с.
2. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. – М.: Высш. шк., 1991. – 366 с.
3. Киреев Д.М. Структура таежных ландшафтов и методы ее дистанционного изучения (на примере Западно-Сибирской лесоболотной равнины) // Исследование таежных ландшафтов дистанционными методами. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1979. – С. 11–44.

4. Чешев А.С., Вальков В.Ф. Основы землепользования и землеустройства: учеб. для вузов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Ростов н/Д: Изд. центр «МарТ», 2002. – 544 с.
5. Харин Н.Г. Сезонные и технические условия аэрофотосъемки лесов Сибири // Аэрофотосъемка и картографирование лесов Сибири. – М.: Наука, 1966. – С. 5–38.
6. Прокудин Ю.А., Харин Н.Г. Аэрометоды в лесном хозяйстве: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во СТИ, 1978. – 86 с.
7. Глушко Е.В. Опыт применения системного подхода к изучению современных ландшафтов по космическим снимкам // Исследование Земли из космоса. – 1990. – № 1. – С. 40–48.
8. Охрана ландшафтов: толковый словарь. – М.: Прогресс, 1982. – 272 с.
9. Рачулик В.И., Ситникова М.В. Отражательные свойства и состояние растительного покрова. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 287 с.
10. Котцов В.А. Наблюдение широтных изменений состояния растительного покрова из космоса // Исследование Земли из космоса. – 1984. – № 1. – С. 58–61.



УДК 502.56/568

*П.И. Крупкин, А.Б. Сердюков, В.П. Влиско*

### ПУТИ ТИПИЗАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО ОКРУГА

*В статье рассмотрены вопросы районирования Средней Сибири на примере Красноярского геоморфологического округа. Показана его актуальность как в свете глобальных проблем экологии, так и в решении задач типизации земель и разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия.*

**Ключевые слова:** *адаптивно-ландшафтное земледелие, типизация земель, геоморфологический округ, природное районирование.*

*P.I. Krupkin, A.B. Serdukov, V.P. Vlisko*

### THE LAND TYPIFICATION WAYS ON THE EXAMPLE OF THE KRASNOYARSK GEOMORPHOLOGICAL DISTRICT

*The issues of zoning of Middle Siberia on the example of the Krasnoyarsk geomorphological district are considered in the article. Its relevance both in terms of the global environmental problems and in the task solution of land typification and the development of agricultural adaptive and landscape systems is shown.*

**Key words:** *adaptive-landscape agriculture, land typification, geomorphological area, natural zoning.*

---

Итоги международных конференций по охране окружающей среды в Рио-де-Жанейро в 1992 г. и по устойчивому развитию в Йоханнесбурге в 2002 г. показали крайне кризисное состояние взаимоотношений между цивилизацией и природной средой. Сейчас в мире, как никогда, стоит вопрос собственно жизни людей на планете, для решения которого необходимы наиболее рациональные подходы к воздействию на природную среду, где основным инструментом в этом становится адаптивно-ландшафтное планирование. Повышение конкурентоспособности и устойчивости агропроизводства в условиях рыночной экономики непосредственно связано с формированием новой агротехнической политики, основанной на эколого-ландшафтной организации территории, специализации земель, адаптации культур и сортов к природным и антропогенным ресурсам. Именно агротехнологии как интегрированные системы возделывания сельскохозяйственных культур должны стать фундаментом адаптивно-ландшафтных систем земледелия применительно к различным агроэкологическим условиям.

Во второй половине XX века рост производства сельскохозяйственной продукции в России решался в основном за счет расширения площади пашни. При этом внедрение различных систем земледелия (зернопаровой, травопольной, пропашной, зональной, интенсивной) не всегда и не везде было обосновано результатами научных исследований, а часто проводилось административными мерами. Высокая консервативность существующих систем земледелия сопровождается высокой затратностью, деградацией почв и слабой устойчивостью земледелия. Однако ни одна из этих систем не решила в полной мере продовольственную проблему страны. Основной причиной такого положения, кроме администрирования, является слабый учет затрат и экологических условий территорий и прямоугольная нарезка полей независимо от характера рельефа [3, 5].