

6. Маршинин А.В. Специфика ландшафтно-экологической структуры инсулярных геосистем нефтегазодобывающих регионов. Эколого-географические проблемы природопользования нефтегазовых регионов: Теория, методы, практика. Доклады III Межд. науч.-практич. конф. Нижневартовск: Нижневартовский госуниверситет, 2006. С. 198-201.

7. Marshinin, A.V. Landscape-ecological structure and spatial organization of insular geosystems of Western Siberia // Landscape Analysis for Sustainable Development. Theory and Applications of Landscape Science in Russia. Moscow: Alex Publisher, 2007. P. 114-120.

8. Мильков Ф.Н. Ландшафтная география и вопросы практики. М.: Мысль, 1966. 256 с.

9. Мильков Ф.Н. Ландшафтная сфера Земли. М.: Мысль, 1970. 207 с.

10. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.

*Иван Владимирович ХОЛОДИЛОВ —
ст. преподаватель кафедры картографии и ГИС
Тюменского государственного университета,
ведущий инженер отдела экологических исследований
научно-производственного центра «СибГео»
Holodilov@land.ru*

УДК 911:528.9

КОМПЛЕКСНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭТАЛОННЫХ ЗОНАЛЬНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

THE COMPLEX MAPPING OF REFERENCE ZONAL STRUCTURES ON THE BASIS OF THE REMOTE SOUNDING DATA ANALYSIS

АННОТАЦИЯ. Основное внимание автора уделено решению вопросов, позволяющих избегать механистического огрубления информации на основе учета факторов, определяющих структурную организованность изображений на материалах дистанционного зондирования.

SUMMARY. The article focuses on the solution to the problem, concerned with the mechanical distortion of data interpretation. The ways of solving this problem were defined on the basis factors, which determine structural organization of remote sounding materials.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Данные дистанционного зондирования, тематическое дешифрирование, природный комплекс.

KEY WORDS. Remote sounding data, thematic interpretation, natural complexes.

Интенсивное хозяйственное освоение природных ресурсов, выход в новые районы нефте- и газодобычи на территории Западной Сибири порождает множество региональных проблем в сфере охраны окружающей среды и природопользования. Для решения существующих экологических проблем и предотвращения негативного воздействия в результате хозяйственного освоения новых территорий требуется проведение масштабных исследований природной среды. Однако из-за большой площади региона, низкой обеспеченности тематическими картографическими материалами решение экологических проблем возможно только при широком привлечении данных дистанционного зондирования (ДДЗ) земной поверхности [1].

Использование средств дистанционного зондирования позволяет получать актуальную, полную и достоверную информацию о состоянии природной среды и о хозяйственной деятельности на самой удаленной территории, а также однородную

и сравнимую по качеству информацию единовременно для обширных территорий, что практически недостижимо при любых наземных обследованиях. Важным свойством информации, получаемой с космических снимков, является ее независимость от любых попыток сокрытия сведений или ограничения доступа к ним.

За последние годы накоплен большой объем данных дистанционного зондирования различного разрешения и спектрального диапазона, разработаны методические подходы к их анализу, расширился спектр программных продуктов, обеспечивающих выполнение основных операций над изображениями. Поэтому важно оптимизировать процесс извлечения информации, содержащейся в аэрокосмоизображении. Это позволит выбрать методические подходы к обработке снимков, обеспечивающих корректное решение поставленной комплексной задачи, и обеспечит необходимую экономию времени и ресурсов.

Наиболее полно потенциал ДДЗ можно использовать при проведении инженерно-экологических изысканий и комплексной фоновой экологической оценки. В этих работах аэрокосмические материалы выступают как объективный и актуальный источник информации о природных особенностях территории. Они являются сплошным информационным модулем для специалистов различного профиля.

Одной из главных задач при комплексных экологических исследованиях сложных природных систем является создание опорной ландшафтно-информационной системы в виде ландшафтно-экологической карты. Ядром ландшафтной карты являются природно-территориальные комплексы, рассматриваемые одновременно как особый продукт развития природы, многовекового взаимодействия ее компонентов; как комплекс ресурсов (территориальных, инженерно-геологических и пр.); как среда размещения технических, селитебных, аграрных и иных объектов; как место накопления негативных последствий хозяйственной деятельности [2].

Возможности составления картографических документов методами дешифрирования ДДЗ оценены достаточно подробно. Тем временем, топографическое и объектное дешифрирование в большинстве случаев не предоставляет возможности полноценного описания, классификации, построения иерархической структуры объектов земной поверхности. Дешифрирование с позиций системного картографирования позволяет достичь более детализированных результатов анализа с учетом иерархической структуры и взаимосвязей компонентов природной среды. Система узко специализированных моделей позволяет вовлечь в обработку большой объем эмпирических априорных данных. Это отражается на универсальности методического обеспечения работ подобного типа.

Как показывает опыт, время от создания методики до ее реального применения на практике измеряется годами. Основными тормозящими факторами в этом случае являются индивидуальные особенности дешифровочных признаков для конкретного региона и съемки, с одной стороны, и узкая специализация интерпретаторов — с другой. В итоге при создании конкретной методики приходится проводить жесткий отбор признаков, из-за чего возникают сильно формализованные схемы дешифрирования, зачастую раскрывающие лишь часть свойств и особенностей строения тематических объектов.

Основное внимание автора уделено решению вопросов, позволяющих избегать механистического огрубления информации на основе учета факторов, определяющих структурную организованность изображений на дистанционных материалах. Сущность авторских предложений по объективизации данных дешифрирования ДДЗ заключается в содержании операций и процедур 4-х основных этапов исследований.

I этап. Формирование геоинформационного проекта. В процессе дешифрирования ДДЗ дополнительно привлекаются самые различные типы данных, организованные в виде баз данных ГИС, главным образом, различные тематические карты, характеризующие те или иные природные среды. Эти данные используются непосредственно в процессе дешифрирования ДДЗ или вовлекаются в совместную обработку с ними. Особенно важным является приведение всего имеющегося массива данных в единую систему координат и проекцию. В нашем опыте картографирования в качестве основы использовались топографические карты в географической координатной системе Пулково 1942 года.

II этап. Тематическое дешифрирование. Основным методическим принципом тематического дешифрирования является комплексный подход, выражающийся в совместном изучении структуры искомого объекта, отраженной в виде признаков дешифрирования и системы факторов, оказывающих влияние на его строение, эволюцию и функционирование.

Процедура дешифрирования делится на последовательные логические этапы, основными из которых являются распознавание и интерпретация. На этапе распознавания путем анализа объектно-ориентированных свойств материала дистанционного зондирования — признаков дешифрирования — решается задача установления изображенных предметов, явлений или их свойств. Этот наиболее легко формализуемый этап сейчас получил широкое распространение в программах обработки растровых изображений. Тематическая интерпретация проводится по окончании этапа распознавания путем построения большей частью умозрительной модели факторов, оказывающих влияние на состояние и классификационно-легендное положение объектов дешифрирования. Отнесение объекта к какой-либо классификационной группе происходит по набору не жестких правил, вытекающих из свойств и характеристик обрабатываемого дистанционного изображения. Интерпретация использует логические категории, основанные на коррелятивных связях между компонентами ландшафта.

Существующие технологические решения процедур тематического дешифрирования по-разному способны оперировать признаками дешифрирования. Эксперт, проводящий дешифрирование вручную, в равной степени использует все признаки. Различные автоматизированные технологии обработки изображения без предварительного экспертного обучения отдают предпочтение прямым признакам, используя остальные в меньшей степени. В варианте с предварительным обучением автоматизированные процедуры способны оперировать существенно большим набором косвенных и контекстуальных признаков, но в рамках достаточно жестких правил. Поэтому при изменении факторов окружающей среды, иногда даже очень незначительном, они могут привести к неправомерным результатам.

Типы структур ландшафтных объектов обладают фотоструктурным единством (ФСЕ) — постоянством изображения, передающим межкомпонентные вертикальные и межкомплексные горизонтальные связи. Это обстоятельство определяет необходимость использования ФСЕ в качестве сквозного объективного критерия выделения комплексов всех уровней, их иерархии и классификации при создании ландшафтно-информационной системы [2], [3].

III этап. Разработка таксономо-классификационной схемы и «наполнение» легенды. Для объективной оценки ландшафтов и ландшафтно-экологического потенциала территории требуется разработка таксономо-классификационной схемы ландшафтов. С классификационно-методической точки зрения наибольший интерес представляет тождественность структуры ландшафтов и структуры их изображения на материалах дистанционного зондирования.

Для решения вопросов природопользования особенно важны сведения о типологических ландшафтных комплексах топологической размерности. В нашем опыте ландшафтно-экологического картографирования основными операционными единицами выступают тип местности и вид урочища. Используемые в качестве основных единиц картографирования таксоны уровня типа местности и вида урочищ имеют устойчивые классификационно-диагностические признаки, обусловленные спецификой региона. Среди факторов естественной дифференциации типов местности ведущее значение имеют типы местоположений, генетическое и морфологическое сходство доминантных и характерных урочищ, тип сочетания литолого-фациального комплекса и степень дренированности. Определяющими свойствами в дифференциации видов урочищ являются растительность и микрорельеф. Ведущим факторальным признаком является структурно-динамическое единство подурочищ и фаций [4].

IV этап. Ландшафтно-интерпретационное картографирование.

Ландшафтно-типологическая основа открывает широкие возможности для проведения сопряженного геоэкологического картографирования. При сопряженном геоэкологическом картографировании используются фундаментальные свойства геосистем: предопределенная эволюцией взаимосвязанность компонентов (подсистем) и каскадный характер проявления обратных связей.

Для комплексного картографирования эталонных зональных структур были выбраны 3 ключевых участка. Главными критериями выбора являлись зональная репрезентативность и обеспеченность информационными материалами. Каждый ключевой участок был обеспечен данными дистанционного зондирования среднего и высокого разрешения. Материалы высокого разрешения представлены различными типами съемок. Кроме того, ДДЗ комплексовались с другими картографическими источниками, главным образом топографическими, лесоустроительными, геоморфологическими картами и обширным материалом, собранным в процессе полевых изысканий. Полевой материал представлял собой подробные ландшафтные описания точек, заложенные при натурном маршрутном обследовании, подкрепленные большим объемом фотоматериала, отснятого как с земной поверхности, так и с борта вертолета.

Ключевой участок № 1. Рассматриваемая территория расположена в тундровой природной зоне, подзоне северных (арктических) тундр в районе Южно-Тамбейского нефтегазоконденсатного месторождения. Комплексное ландшафтно-картографирование осуществлялось на основе панхроматической космической съемки Quick Bird с пространственным разрешением 0,6 м.

Ведущими факторами ландшафтной дифференциации выступают распространение и близость залегания многолетнемерзлых пород (ММП), степень проявления экзогенных процессов и рельеф как главный фактор перераспределения тепла и влаги.

Главной особенностью рассматриваемой территории является отсутствие древесного яруса и господство лишайников, мхов. При отсутствии маскирующего эффекта древесной растительности четко регистрируются формы мезо- и микрорельефа, представленные склоновыми поверхностями, овражно-балочной сетью, бугристыми, полигональными, пятнистыми тундрами. Характерными природными комплексами, получившими на данной территории широкое развитие, являются хасыреи и дефляционные обнажения (рис. 1).

Хасыреи представлены различными генерациями с характерным набором дешифровочных признаков. Общими дешифровочными признаками являются округлая форма, темный фототон. Ведущую роль для регистрации хасыреев раз-

личных генераций играют ландшафтно-индикационные признаки: мелкие остаточные озера по периферии, крупные озера в центральной части, характерная коленообразная форма реликтовой речной сети, ярко выраженная бровка котловины. Необходимо отметить, что дефляционные обнажения, оголенные аллювиальные пески, приморские песчаные пляжи, заснеженные лога имеют абсолютно одинаковый однородный белый фототон без видимой текстуры. Главными признаками, дифференцирующими указанные объекты в различные природные комплексы, являются форма объекта и положение в ландшафтной структуре.



Рис. 1. Характерные природные комплексы тундровой зоны (сверху — изображение на ДДЗ; снизу — с борта вертолета)

Ключевой участок № 2. Рассматриваемая территория расположена в таежной природной зоне, подзоне северной тайги в районе Хадыряхинского газоконденсатного месторождения.

Комплексное ландшафтное картографирование осуществлялось на основе цветной аэрофотографической съемки с пространственным разрешением 2,9 м.

Ведущими факторами ландшафтной дифференциации на рассматриваемом участке выступают степень дренированности территории, распространение многолетнемерзлых пород, рельеф и растительный покров. Климатические условия участка способствуют формированию северотаежных экосистем, которые представлены в основном редкостойными лесами.

При тематическом дешифрировании лесных экосистем в условиях северной тайги важную роль приобретают сомкнутость древесного яруса и видовой состав почвенного покрова, определяющие структуру и цветотон изображения. К примеру, на исследуемом участке отчетливо дешифрируются лиственничные лишайниковые редколесья и лиственнично-кедровые травяно-моховые леса.

Характерные природные комплексы рассматриваемой территории — крупно- и плоскобугристые мерзлые торфяники, которые являются реликтовыми образованиями. Основными критериями обособления природных комплексов бугристых торфяников, отражающимися в структуре и цветотоне, следует назвать

степень расчленения мочажинами, формы и размеры микрорельефа, заозеренность, состояние торфяной залежи, растительный покров.

Необходимо отметить еще один характерный элемент ландшафтной структуры северной тайги — заторфованные долинообразные понижения, которые формируются в древнеэрозионных врезках, реликтовых долинах или при заболачивании низин, когда величина стока недостаточна для образования русла. Достаточно четко эти элементы дешифрируются по вытянутой долинообразной форме, контрастному с дренированными территориями цветотону (преимущественно светлому) и однородной или упорядоченной структуре.

Ключевой участок № 3. Рассматриваемая территория расположена в таежной природной зоне, подзоне южной тайги в районе Тямкинского и Косухинского нефтяных месторождений.

Климатические условия южнотаежной подзоны благоприятствуют формированию сомкнутых лесов с развитым подлеском. В связи с этим даже на снимках высокого разрешения достаточно сложно выделить особенности рельефа территории и почвенный растительный покров. Для решения этих задач требуется активное применение методов ландшафтной индикации и привлечение дополнительных материалов, натурных наблюдений.

При дешифрировании лесных экосистем не представляет большой трудности выделить растительные формации темнохвойных и мелколиственных лесов. Они отчетливо дешифрируются даже на материалах среднего разрешения (Landsat 5). Для распознавания видового состава смешанных древостоев необходимо применение ДДЗ высокого разрешения в комплексе с материалами лесоустройства и натурными наблюдениями.

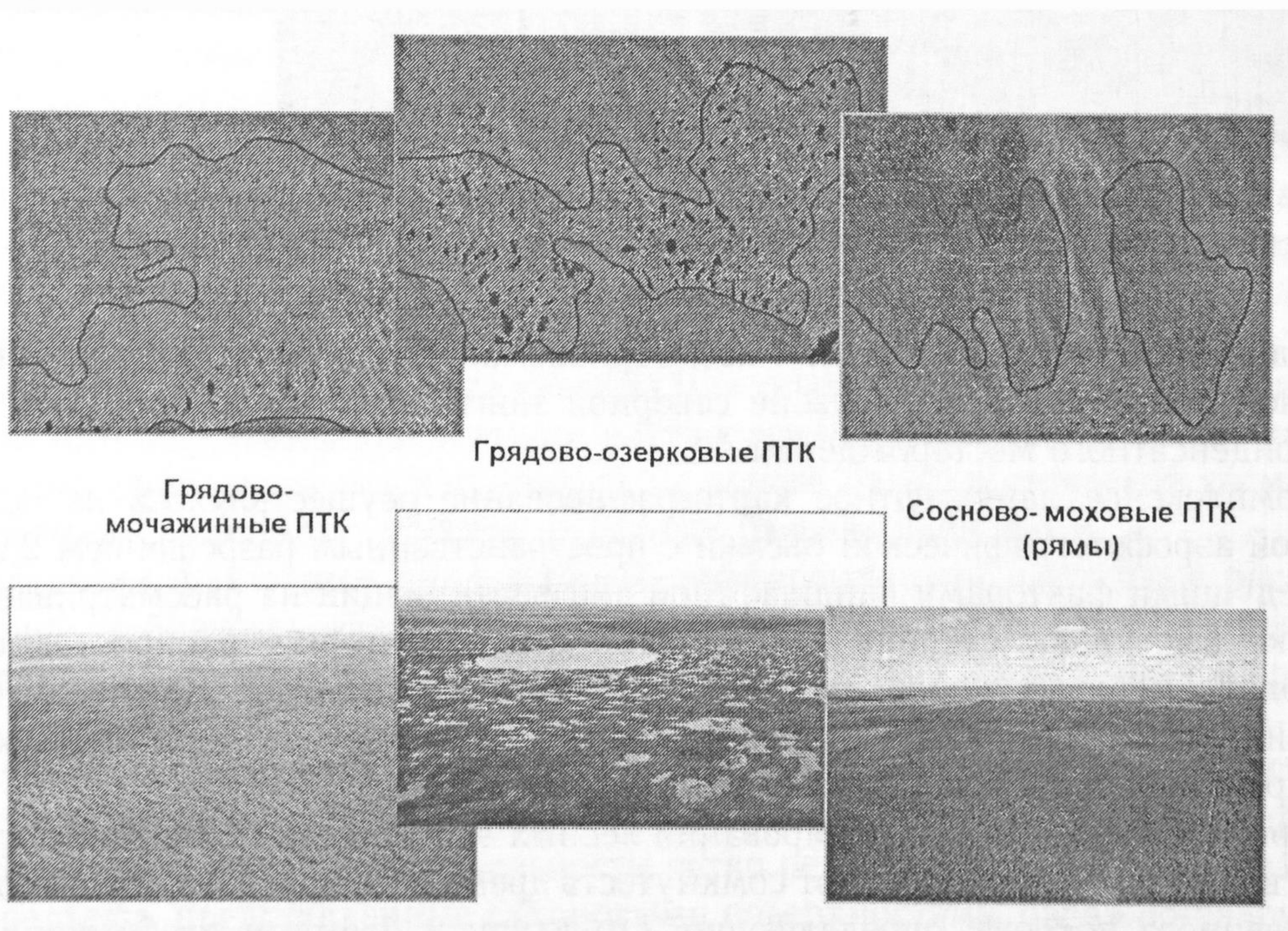


Рис. 2. Характерные природные комплексы южнотаежной подзоны (сверху — изображение на ДДЗ, снизу — с борта вертолета)

Одной из важнейших особенностей природной среды южной тайги Западной Сибири является повсеместное распространение процессов покровного заторфовывания. Болотные массивы занимают значительную площадь на водораз-

дельных пространствах. Зональным типом болотных массивов являются выпуклые олиготрофные (верховые) болота. По особенностям микроландшафта на обширных заболоченных водоразделах выделяются следующие группы болотных комплексов: слабонаклонные мохово-лесные (рямы), плоские кочковатые, грядово-мочажинные, грядово-озерковые (рис. 2). Указанные болотные комплексы имеют устойчивый набор дешифровочных признаков и легко распознаются на материалах космической съемки высокого разрешения.

В заключении хотелось отметить, что сочетание разнообразных природных условий и широкого спектра видов техногенного воздействия на окружающую среду породило формирование сложных природно-техногенных геосистем, весьма ограниченно исследованных к настоящему времени. Недоучет или откровенное игнорирование полиструктурности территории при хозяйственном освоении часто приводит к обострению существующей экологической ситуации и формированию очагов экологического бедствия. Использование ДДЗ земной поверхности, как в фундаментальных, так и прикладных экологических исследованиях, будет способствовать получению достоверной, комплексной, актуальной информации, что в значительной мере облегчит решение проблем природопользования.

Одним из ключевых моментов использования ДДЗ является тематическое дешифрирование. Основным методическим принципом тематического дешифрирования является комплексный подход, выражающийся в совместном изучении структуры искомого объекта, отраженной в виде признаков дешифрирования и системы факторов, оказывающих влияние на его строение, эволюцию и функционирование.

Существующие технологические решения процедур тематического дешифрирования по-разному способны оперировать признаками дешифрирования. Различные автоматизированные технологии работают в рамках достаточно жестких правил и отдают предпочтение прямым дешифровочным признакам, используя остальные в меньшей степени. Визуальное тематическое дешифрирование позволяет оперировать всеми дешифровочными признаками в равной степени и вовлекать в обработку большой объем эмпирических данных, что, учитывая большую зонально-провинциальную и типологическую полиструктурность Западной Сибири, является просто необходимым.

Применение аэрофото- и космосъемки (панхроматической, спектральной) с высоким пространственным разрешением в разных биоклиматических зонах Западной Сибири подтвердило мнение о недопущении применения формализованных, типовых подходов к процедуре тематического дешифрирования. В ходе исследования выявлены особенности картографирования в разных биоклиматических зонах, позволяющие устойчиво регистрировать характерные для той или иной природной зоны виды геосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика дешифрирования аэрофотоснимков в целях экологического мониторинга и аудита нефтегазовых месторождений. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 80 с.
2. Козин В.В. Ландшафтный анализ в решении проблем освоения нефтегазоносных регионов: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Иркутск, 1993. 44 с.
3. Козин В.В. Ландшафтно-экологический анализ как основа оценки воздействия на окружающую среду месторождения // Природопользование на северо-западе Сибири: опыт решения проблем. Тюмень: ТюмГУ, 1996. с. 15-28.
4. Козин В.В., Марьянских Д.М. Ландшафтно-экологическое обеспечение стабилизации экологической ситуации и устойчивого развития в Западно-Сибирском секторе Арктики // Природопользование в районах со сложной экологической ситуацией. Тюмень: ТюмГУ, 2003. с. 3-7.