

А. Р. Понтус, вед. науч. сотрудник НИ РУП «Космоаэрогеология»;
М. А. Ильючик нач. отдела РУП «Белгослес»; А. А. Пушкин, ассистент;
В. Р. Понтус, науч. сотрудник НИ РУП «Космоаэрогеология»

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ТЕМАТИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ РАЗНОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

In article considered main principles and methodology of development the experimental automated technology of thematic decoding occurring at different times of space images of especially protected natural territories of republic by the example of National park «Narochansky».

Работы по разработке экспериментальной автоматизированной технологии дешифрирования разновременных аэрокосмических снимков высокого разрешения с целью оценки состояния и динамики природных экосистем особо охраняемых природных территорий (ООПТ) выполняются на примере Национального парка «Нарочанский» в рамках создания Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли. Конечная цель этих работ – разработка природоохранных мероприятий по оптимизации природной среды и повышению рекреационного потенциала природных экосистем Национального парка.

Технологическая схема автоматизированного дешифрирования разновременных аэрокосмических снимков включает в себя несколько этапов.

На начальном этапе проводится геометрическая и при необходимости радиометрическая коррекция исходных снимков с использованием ПО ScanEx Image Processor. Далее составляется набор эталонов (обучающих выборок) и формируются предварительные варианты тематических карт.

Следующий этап – полевое эталонирование результатов предварительного дешифрирования, которое выполняется с целью составления окончательного варианта тематического классификатора с определением зональных и синтезированных изображений-эталонов с площадными измерениями и визуальной оценкой состояния основных типов земельных угодий (пашен, сенокосов, антропогенных комплексов), выборочными лесотаксационными работами на лесных угодьях (определение средних высот, диаметров и запасов, описание подроста и состояния напочвенного покрова), определением характера (естественное или искусственное) участков возобновления леса, а также выделением дорог, рек, озер, болот.

На заключительном этапе выполняется автоматизированная классификация изображений с заданным числом классифицируемых (дешифрируемых) классов с использо-

ванием специализированного программного обеспечения.

Технологическая схема автоматизированного дешифрирования разновременных аэрокосмических снимков приведена на рисунке.

В работе было использовано несколько методов автоматизированной классификации изображений с обучением (контролируемая классификация) и без обучения (неконтролируемая) с использованием пакета Erdas Imagline 8.7 и ENVI 4.0. Автоматизированная классификация с обучением использовалась для оценки динамики трансформации земельных угодий дешифрируемых классов земельных угодий как по разновременным аэрофотоснимкам, так и по космическим снимкам с высокой степенью достоверности (не ниже 95%), что предопределило объединение некоторых классов в один сводный, надежно дешифрируемый и по космоснимкам, и по аэрофотоснимкам.

Как было отмечено выше, объектами изучения динамики трансформаций земельных угодий были такие классы земельных угодий, вероятность правильного (достоверного) дешифрирования которых на увеличенных фрагментах космических изображений и разновременных аэрофотоснимках масштаба 1 : 25 000 не ниже 0,95. Необходимо отметить и то обстоятельство, что дешифрировались и более детальные разности земельных угодий (например, варианты пашни с посевами различных сельскохозяйственных культур, лесные насаждения с различным породным составом, открытые, заросшие кустарником и древесной растительностью болота и т. д.). Но они распознавались с вероятностью 0,90 и ниже (особенно на увеличенных фрагментах космических изображений), что достаточно лишь для их тематического детального картографирования.

Используя аэрофотоснимки одного срока съемки, подбирались и дешифрировались (классифицировались) снимки следующего срока съемки по единой легенде-классификатору.

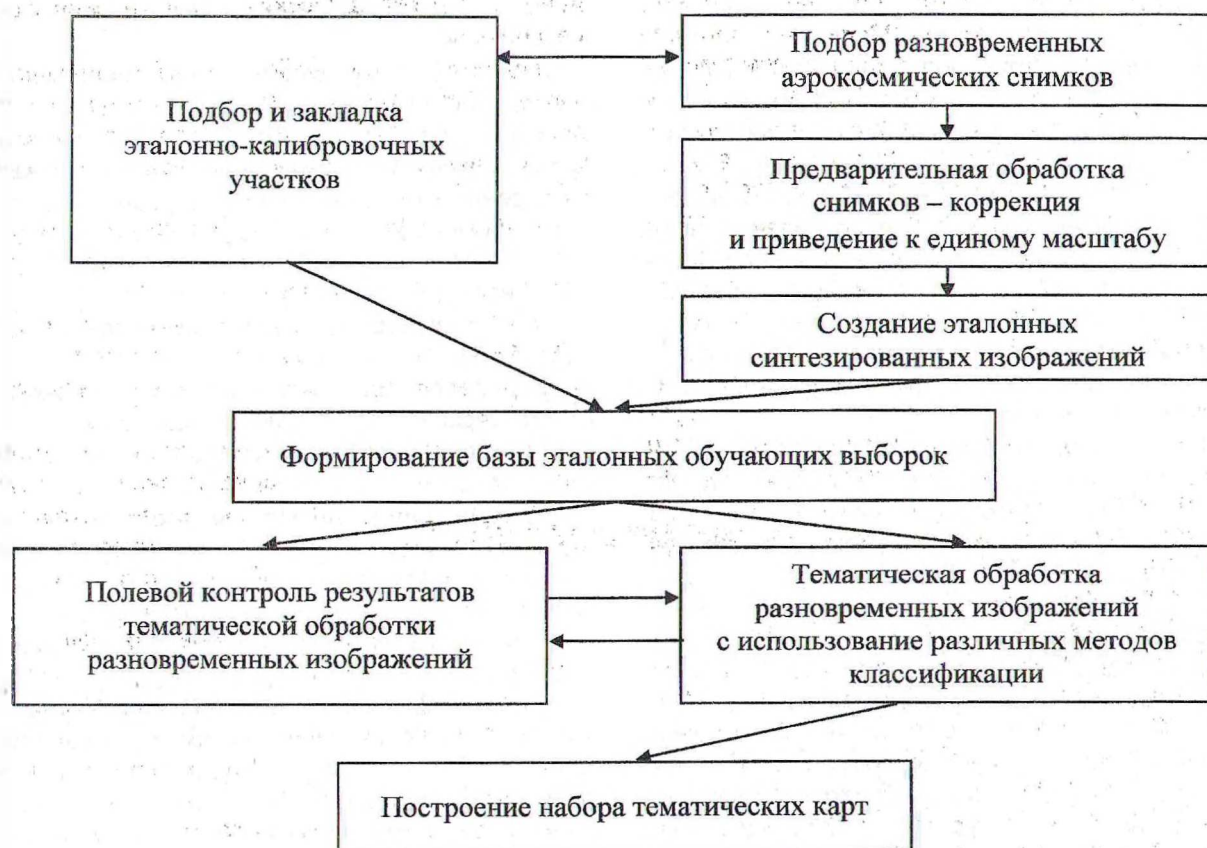


Рисунок. Технологическая схема автоматизированного дешифрирования разновременных аэрокосмических снимков для изучения динамики трансформаций природных экосистем особо охраняемых природных территорий

Для изучения динамики трансформации земельных угодий территории Национального парка были подобраны и проанализированы материалы разновременной аэрофото-съемки, выполненной в 1951, 1976, 1989 гг. и космической съемки 2001 г. (снимок TERRA (ASTER)). Все указанные снимки были трансформированы в один масштаб и отдешифрированы (классифицированы) по единой легенде. На основе пространственных матриц частот переходов классифицируемых видов земельных угодий на каждый период съемки формировалась прогнозная матрица состояния земельных угодий на следующий период путем умножения предыдущего вектора (V_{51} , V_{76} , V_{89} , V_{01}) состояний на процент изменений каждого классифицируемого вида земельных угодий за предыдущий период. Таким образом получали прогнозный вектор состояния ($V_{76\text{прогн}}$, $V_{89\text{прогн}}$, $V_{01\text{прогн}}$) и сравнивали его с фактическим ($V_{76\text{факт}}$, $V_{89\text{факт}}$, $V_{01\text{факт}}$), полученным по материалам дешифрирования снимков на соответствующий период. Анализ показал высокую сходимость результатов, полученных по материалам фактического дешифрирования снимков и прогнозных значений.

Анализ трансформации земельных угодий по площадям за анализируемые периоды (на даты съемки) показал, что около 40% по площади трансформаций земельных угодий принадлежит к естественным (в большинстве случаев вторичным восстановительным – зарастание пашни, уменьшение площади сенокосов и пастбищ за счет их зарастания кустарником и лесом, возрастные смены молодняка на заболоченных территориях и суходолах средневозрастными и приспевающими насаждениями и т. д.), около 30% исследуемой территории – к принудительным (распашка кустарников и сенокосов, увеличение площади селитебного комплекса, устройство прудов и водохранилищ на месте заболоченных сенокосов и т. д.). На заключительном этапе исследований выполнялся экстраполяционный прогноз динамики трансформаций всех категорий земельных угодий.

Важнейшей информационной составляющей в данном случае являются ретроспективные аэрокосмические снимки, полученные за максимально возможный длительный период времени. Каждый снимок несет важную информацию о состоянии и динамике лесов особо

охраняемых территорий на дату съемки. В исследованиях использованы космические снимки, полученные с новейших космических систем: LANDSAT 7 ETM⁺, TERRA (ASTER) и МЕТЕОР-3М, а также разновременные аэрофотоснимки, используемые для проведения лесоустроительных работ. Для обоснованной оценки современного состояния особо охраняемых природных территорий и разработки прогноза их динамики с целью рационального использования и охраны такого рода информация является доминирующей.

Кроме того, при необходимости предусматривается использование разновременных крупномасштабных аэрофотоснимков, с помощью которых предоставляется возможность детально изучить состояние и динамику трансформаций природных экосистем особо охраняемых природных территорий.

Необходимо отметить и то обстоятельство, что разрабатываемая экспериментальная автоматизированная технология тематического дешифрирования разновременных космических снимков высокого разрешения особо охраняемых природных территорий требует обязательного наземного сопровождения исследований в форме полевого эталонирования (верификации) результатов тематического дешифрирования аэрокосмических снимков и должна проводиться в сопряженном синхронном режиме с материалами аэрокосмических съемок. Основная задача наземного уровня заключается в следующем:

- 1) проверка результатов предварительного дешифрирования и тематической компьютерной обработки аэрокосмоснимков;

- 2) наземное изучение состояния лесных экосистем, в том числе их выборочная эколого-функциональная диагностика, включая оценку степени дефолиации и дехромации;

- 3) определение лесотаксационных характеристик и экоценометрических параметров лесных экосистем с целью их идентификации на аэрокосмических снимках;

- 4) мониторинг динамики сложных лесных экосистем парка на основе анализа разнове-

менных картографических и аэрокосмических материалов.

По результатам работ для Национального парка «Нарочанский» можно сформулировать пять основных направлений разработки системы комплексного аэрокосмического мониторинга ООПТ:

- 1) идентификация пространственной структуры и тематическое картографирование природных экосистем парка;

- 2) определение различных фито- и экоценометрических характеристик экосистем;

- 3) мониторинг за сезонной ритмикой экосистем;

- 4) мониторинг долговременной динамики природных экосистем парка и экологический прогноз их динамики, включая регистрацию как сингенетических и экзогенетических восстановительных сукцессий, так и разрушительных смен;

- 5) идентификация геофизических эффектов антропогенных воздействий путем сравнения заповедных экосистем и модифицированных систем буферной зоны.

В заключение необходимо отметить, что аэрокосмические исследования особо охраняемых природных территорий должны носить системный стационарный многолетний и комплексный характер, проводиться по единой методике и программе непрерывно и в одни и те же сезоны. Для этого очень важно сохранить имеющиеся материалы аэрокосмических съемок, полученные за максимально возможный длительный период времени, так как содержащаяся в них информация очень значима. Важнейшее значение имеют работы научных подразделений парка, результаты которых обеспечивают обязательное разностороннее синхронное наземное сопровождение (эталонирование) материалов космических съемок, что дает достоверный и объективный материал для дешифрирования разновременных аэрокосмических снимков и построения различных тематических карт.