

В.И. Кравцова, Ю.Ф. Книжников

**КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ.
РАЗРАБОТКА АТЛАСА «КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ГЕОЭКОЛОГИИ»**

Предложен проект научно-методического атласа космических снимков «Космические методы геоэкологии».

В связи с экологизацией наук о Земле, с выходом вопросов экологии на первый план в хозяйственной государственной политике и межгосударственных отношениях ясна необходимость космического обеспечения экологических исследований, разработки методов дешифрирования космических снимков для экологического мониторинга и решения экологических задач.

Для отработки этих методов, обучения им специалистов в различных областях наук о Земле и руководителей хозяйств, для внедрения этих методов в практику экологических исследований и геоэкологической экспертизы необходимы научно-методические пособия. В качестве такого пособия предлагается составить атлас космических снимков «Космические методы геоэкологии». Такое предложение выдвинуто лабораторией аэрокосмических методов географического факультета МГУ – научным коллективом, хорошо известным по двум томам атласа по дешифрированию многозональных аэрокосмических снимков [1, 2], которые были подготовлены совместно с ИКИ АН СССР, в кооперации с рядом организаций в СССР и в международной кооперации по линии Совета «Интеркосмос». Атласы выпущены издательствами «Наука» и «Академи-Ферлаг» в Берлине на трех языках – русском, немецком и английском. Основная задача этих изданий состояла в разработке научно-методических основ использования впервые широко вошедшей в жизнь многозональной космической фотографической и сканерной информации при ее визуальной и автоматизированной обработке в целях исследования природных ресурсов, хозяйства и тематического картографирования. Проектируемый атлас, рассматриваемый как третий том в этой серии, отличается целевая направленность применения космической информации в решении экологических задач при использовании для этих целей разнообразных материалов и методов их обработки и дешифрирования. Атлас должен способствовать космическому информационному обеспечению общесоюзной программы «Охрана окружающей среды», включающей общеакадемическую программу биосферных и экологических исследований, а также международной геосферно-биосферной программы МГБП.

Основная задача проектируемого атласа – обобщить имеющийся скромный опыт и научно-методические достижения использования космической информации в геоэкологии на начало 1990-х годов, разработать методику дешифрирования снимков при геоэкологических исследованиях и их применения в экологическом картографировании, показать пути практического использования космических методов в геоэкологическом мониторинге и при решении экологических проблем.

Структурно атлас предполагается построить из 2-х частей – научно-методической и прикладной.

Научно-методическая часть должна содержать характеристику материалов космической съемки, применяемых в геоэкологических целях, методов дешифрирования космических снимков при геоэкологических исследованиях и экологического картографирования с использованием космической информации. Предполагается включение в 1-ю часть атласа нескольких разделов. Первый из них посвящен базовой основе – материалам космической

сьемки, рекомендуемым для геоэкологических исследований и самой космической геоэкологической системе, которая сейчас разрабатывается усилиями таких организаций, как НПО КП, ИКИ, РАН Минприроды России.

Второй, центральный и наибольший по объему раздел научно-методической части атласа предусматривает раскрытие возможностей использования космической информации для изучения и мониторинга антропогенного воздействия на природу, контроля за неблагоприятными последствиями такого воздействия. В этой части атласа в методических целях будут даны примеры отображения на космических снимках различных видов антропогенного воздействия на природу, его неблагоприятных последствий и возникающих при этом экологических проблем. Они должны относиться к различным природным зонам и разным типам хозяйственного использования территории. Особое внимание должно быть обращено на малостойчивые к воздействию природные комплексы.

Для тундровых районов предполагается показать техногенное влияние на почвенно-растительный покров в условиях вечной мерзлоты нефте- и газодобычи, прокладки нефтегазопроводов, нерационального транспортного использования территории при движении транспорта вне дорог, воздействие перевыпаса на состояние оленьих пастбищ. Для таежных районов может быть представлено влияние интенсивного лесохозяйственного использования территории на смену породного состава лесов, неизбежное без проведения должных мероприятий по лесовозобновлению; показаны возможности контроля за нарушением правил рубок, за обезлесиванием обширных территорий, за загрязнением рек при их использовании для молевого сплава древесины; проиллюстрированы последствия массовых вспышек вредителей и болезней леса, лесных пожаров, возможность контроля за лесовозобновлением па гарях и вырубках. Должны быть проанализированы последствия неправильной мелиорации характерных для лесной зоны болотных массивов, пересушивания территории болот и развития процессов перевевания торфа.

Для лесостепных и степных районов преимущественно сельскохозяйственного использования предполагается показать развитие эрозионных процессов, отображение на снимках интенсивности развития линейной эрозии, а также плоскостного смыва почв, их гумусности. Для этой зоны чрезвычайно важен контроль за загрязнением почв, а через них – продуктов питания в связи с неумеренным употреблением химических удобрений и пестицидов, однако космические исследования такого контроля пока не обеспечивают. Другая задача – контроль за наполнением и за качеством вод малых водохранилищ, прудов, водоемов, составляющих характерную черту ландшафта в условиях дефицита осадков в степной зоне. Что касается таких параметров, как мутность воды, наполнение водоемов, их эвтрофикация, то космические снимки могут быть использованы для контроля за ними, поэтому их отображение предусматривается в атласе.

В сухостепных и полупустынных районах должна быть охарактеризована возможность контроля за дефляцией почв, пылевыми бурями. Для районов пастбищного использования – полупустынных и пустынных пастбищ – предусматривается отображение постпастбищной дигрессии в результате перевыпаса, образования пятен приколодезного и полос вдоль скотопроегонного опустынивания, развития дефляции, а затем и образования эолового рельефа на участках уничтожения растительности и сбоя почв при перевыпасае, транспортном использовании территории, разработке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Для районов орошаемого земледелия пустынной зоны по снимкам намечается проанализировать процессы вторичного засоления почв в результате сброса поливных вод, процессы заболачивания и засоления при просачивании воды из оросительных каналов. Для этих районов характерно и другое последствие орошаемого земледелия, сказывающееся на прилегающих территориях – разбор на орошение водозапасае основных водных артерий, превращение рек в пересыхающие водотоки, полное или частичное лишение внутренних водоемов стока наполняющих их рек, и как следствие – усыхание этих водоемов, опустынивание территорий осохшего дна, превращение их в солончаковые пустыни, развитие дефляции и переноса солей и т.д. В горных районах снимки должны привлекаться для отображения стихийно-разрушительных процессов, как эндогенных (сейсмической активности, землетрясений, вулканизма), так и экзогенных, в первую очередь лавинно-селевой деятельности, оползней, камнепадов, обвалов и для выявления зависимости их активизации от антропогенного воздействия.

Кроме этого комплекса неблагоприятных процессов, обусловленных антропогенным воздействием в разных природных зонах при характерных именно для этих природных зон

типах хозяйствования, должно быть показано также отображение на космических снимках интенсивного антропогенного воздействия, главным образом, промышленного, являющегося как бы азональным, но по-разному проявляющегося в условиях различных природных зон. Часть из них связана с использованием самой территории как ресурса, что наиболее характерно для горнодобывающей промышленности. Это и вскрышные работы с образованием карьеров, терриконов, хвостохранилищ горнообогатительных предприятий, при полном уничтожении существовавших на их месте ландшафтов и необходимости рекультивации территории по мере или после отработки месторождений, заполнения хвостохранилищ и образования терриконов. Это и подземные выработки, интенсивное развитие которых вызывает проблемы просадок грунта, возникновения подземных потоков, загрязнения или изменения уровня грунтовых вод. Это и организация сети скважин и нефтепроводов-сборников, неминуемо влияющих на состояние почвенно-растительного покрова. Сюда же следует отнести проблемы, связанные с созданием водохранилищ в нуждах гидроэнергетики, – это проблема переработки их берегов, качества воды в них, образования особого микроклимата, влияния подъема уровня грунтовых вод на температурный режим рек, на растительность прилегающих территорий, на развитие образонных и эрозионных процессов.

Поскольку экологические проблемы стоят наиболее остро в больших промышленных городах, то предполагается показать проявление на космических снимках основных типов экологических ситуаций густонаселенных районов и городских агломераций – с одной стороны, и основных рекреационных зон и территорий – с другой.

Анализ экологических проблем разных природных зон и азональных ландшафтов и приведенные выше соображения обуславливают включение и характеризуемый раздел научно-методической части атласа около 40 экологически важных сюжетов, в рамках которых необходимо охарактеризовать отображение на космических снимках основных экологически опасных видов антропогенного воздействия на природу, сформулировать дешифровочные признаки этих видов воздействия, дать рекомендации по методике их визуального и автоматизированного дешифрирования.

Третий раздел научно-методической части атласа должен быть посвящен вопросам экологического картографирования по материалам космической съемки, различным типам экологических карт – от образцов обзорных мелкомасштабных карт кризисных экологических ситуаций и карт общей экологической обстановки, составляемых для территории всей страны, до средне- и крупномасштабных карт отдельных экологически опасных районов, дающих анализ ситуации и рекомендации по ее нормализации. Поскольку содержание таких карт для разных в природном и хозяйственном отношении районов будет различным, целесообразно дать примеры таких карт для разных типов территорий.

Вторая часть атласа – прикладная, связанная с решением конкретных экологических проблем – глобальных, региональных и локальных – должна содержать материалы анализа по снимкам экологической ситуации, ее картографирования и примеры использования космической информации не только для констатации состояния, но и для решения возникших проблем. Обращение к этим проблемам, отражающим разрушение природных систем на разных иерархических уровнях, требует использования снимков разного масштаба и разрешения.

Сегодня, когда внимание человечества серьезно обращено к нашему дому – Земле, особенно важно показать примеры и возможности использования космической информации для исследования глобальных экологических проблем.

Рассмотрение вопросов антропогенного воздействия на Землю как систему в целом приводит к выводу о необходимости помещения в атласе материалов по таким темам, как сокращение живого вещества Земли (в том числе по проблемам обезлесивания и опустынивания), контроль за уровнем и распределением живого вещества в океане, загрязнением вод и атмосферы, разрушением защитного озонового слоя, динамикой земельного фонда планеты.

Но если для глобальных проблем в атласе может быть поставлена лишь задача констатации их состояния на отдельных примерах, то в отношении региональных экологических проблем этого недостаточно. С помощью космических снимков и материалов их дешифрирования должна быть раскрыта специфика острых проблем, возникающих в отдельных регионах, и показаны возможные выходы из сложившейся ситуации, варианты решения проблем, составления прогноза для разных вариантов использования территории, примеры геоэкологической экспертизы отдельных проектов. Таким образом, в этом разделе должен быть

осуществлен не констатационный, а активный, конструктивный географический подход. В качестве примеров должны быть рассмотрены такие горячие точки страны, как Арал, Калмыкия, Байкал, район трассы БАМ, Западная Сибирь и северные районы нефтедобычи и промышленного строительства, Московская агломерация и т. п.

В качестве локальных могут быть представлены примеры проблем, возникающих в районах действия отдельных промышленных комплексов горнодобывающих предприятий, металлургических комбинатов, теплоэлектростанций и т.п. Для характеристики в атласе не следует стремиться охватить все экологически напряженные районы, достаточно рассмотреть несколько характерных примеров, но на них показать реальную пользу от применения космической информации для оценки состояния и разработки рекомендаций по улучшению экологической обстановки.

В завершение прикладной части атласа целесообразно дать примеры не только отрицательного воздействия человека на природу, но и положительные примеры жизни и хозяйствования в согласии с ней; истинно рационального природопользования, «экологизации» хозяйственной деятельности путем «вписывания» ее в ландшафт, создания оптимальных агроландшафтных систем. Здесь же уместно показать возможность использования снимков в деле охраны природы – для организации и контроля функционирования заповедников, национальных парков и других видов охраняемых территорий.

В настоящее время завершена работа по нескольким блокам листов атласа, относящимся главным образом ко второй, прикладной части.

Экологические проблемы, связанные с процессами опустынивания, рассмотрены на примерах Приаралья и Калмыкии.

Блок листов по Приаралью охватывает экологическую оценку состояния территории в обширной зоне влияния Арала. Для территории пустыни Кызылкум по космическим снимкам Е.В. Глушко составлена серия из 4 карт (масштаба 1:800000), включающая карты современных ландшафтов, процессов опустынивания (на которой характеризуются типы опустынивания и изменения рельефа, поверхностного стока, грунтовых вод, растительного покрова) и карта степени опустынивания с указанием рекомендуемых мероприятий по борьбе с ним. Серия завершается картой геоэкологической оценки состояния ландшафтов.

Далее аналогичные карты даются для окружающих Аральское море территорий в масштабе 1:250000, а для южного Приаралья с дельтой Амударьи составлена карта геоэкологической оценки изменения ландшафтов в масштабе 1:150000, характеризующая категории и степень изменений, их преобладающий тип и эволюционный ход. Для нижней части дельты Амударьи представлены серии разновременных фотоснимков со спутников серии «Космос» в масштабе 1:100000 для всей дельты и 1:200000 для отдельных ее участков, наглядно отражающих происходящие здесь изменения. На два срока – 1978 и 1988 гг. – П.Р. Реймовым составлены карты состояния гидрогенных экосистем, наиболее сильно реагирующих на изменение уровня моря и обводненности территории, и карта динамики гидрогенных экосистем за 10-летний период, представленная как 1:100000. Для одного из участков дельты – района оз. Дауткуль — выполнен детальный анализ изменений экосистем по снимкам 1:200000 с 2-летним интервалом (1982, 1984, 1986 гг.) и составлены соответствующие карты динамики экосистем, показывающие возможности регулярного мониторинга их состояния по материалам космической съемки.

Второй район, на примере которого характеризуется применение космической информации для исследования процессов опустынивания, – Калмыкия. В начале этого блока листов, составленного по материалам И.А. Трофимова, представлена карта использования земель Калмыкии (1:200000) и для каждого вида хозяйственной деятельности указаны связанные с ним процессы опустынивания. Серия фрагментов космических фотоснимков (1:200000) характеризует отображение на них основных факторов и типов опустынивания – хозяйственной деятельности как источника дефляции; пастбищной дигрессии; пылевых бурь при распашке песчаных массивов; перевевания песков и засыпания ими дорог и сооружений; опустынивания при нерациональной мелиорации; засоления пойменных лугов при гидротехническом строительстве.

Возможности использования разновременных снимков для мониторинга опустынивания показаны на примерах изучения по ним динамики развевания песков, в том числе с использованием автоматизированной обработки снимков, и динамики площадей приморских солончаков в связи с проводимой фитомелиорацией. На основе картографирования хозяйственного использования земель и современного состояния опустынивания (такие карты характеризуют степень, процессы, факторы опустынивания) оценивается его опасность, то есть дается про-

гноз опустынивания на 20–30 лет в 2-х вариантах – при существующем режиме использования территории и при рациональном использовании и улучшении земель. Такие серии оценочно-прогнозных карт составлены для участка Центрально-Черноземной равнины в масштабе 1:150000 и для всей Калмыкии 1:4000000. Особая серия листов посвящена оценке состояния и мониторингу динамики кормовых угодий, представляющих главную ценность для животноводства этой аридной территории.

Другая экологическая проблема, наряду с опустыниванием перерастающая в ранг глобальных экологических проблем, – обезлесивание. В этой связи в атлас включен блок листов, посвященных изучению динамики распространения лесов на основе сопоставления современных космических снимков со старыми картами. Для этой цели используются космические снимки, полученные в зимнее время, когда контуры лесов четко выделяются на фоне заснеженных безлесных пространств. Представлены материалы по ряду эталонных участков, расположенных на Европейской территории нашей страны.

В Костромской области исследованы изменения в распространении лесов за 40 лет (при сравнении космических снимков с обзорно-топографическими картами), а для Новгородского, Вологодского, Верхне-Камского, Московско-Окского, Брянского, Удмуртского, Чувашского, Мордовского участков такие исследования выполнены с использованием 10-верстной карты, составленной в прошлом веке Корпусом военных топографов; они охватили 100-летний временной интервал.

Для выполнения этих исследований разработана специальная методика сопоставления разновременных материалов с использованием средств автоматизации, представленная в атласе. Результаты исследований в виде серии карт динамики распространения лесов показывают сложную картину разнонаправленных изменений – наряду с существенным сведением лесов на значительных площадях для части районов характерно появление новых лесных площадей (правда, занятых обычно низкобонитетными вторичными лесами), особенно в связи с последствиями войны и забрасыванием сельскохозяйственных земель. На примере лесов Сибири, Красноярского края охарактеризована нарушенность лесов пожарами, рубками, энтомофагами, сельскохозяйственным производством и промышленностью.

Начата работа по блоку листов, связанных с техногенным воздействием на природу северных районов, которое характеризуется на примерах Кольского полуострова и Норильского района. Специальный блок листов посвящен загрязнению снежного покрова вокруг городов, методика изучения которого отработана В.Г. Прокачевой и другими на примере окрестностей Ленинграда и Воркуты. Анализ ореолов загрязнения выполнен для районов Промышленного центра, Урала и Кузбасса.

Работа над блоками листов атласа и их обсуждение на совещаниях по экологическому картографированию, прошедших в 1990–91 гг., вызывают неизменный интерес специалистов и, несомненно, будут способствовать дальнейшему использованию космических снимков при решении экологических задач. При этом конкретное содержание атласа, естественно, уточняется и несколько трансформируется по сравнению с задуманным в проекте.

Атлас должен послужить экологическому воспитанию кадров хозяйственных работников и более широко – населения страны, а для специалистов в области наук о Земле служить научно-методическим пособием по применению космической информации для экологического мониторинга и картографирования, оценки экологической ситуации, решения экологических проблем.

1. Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков. Методика и результаты. М.: Наука – Берлин: Академи-Ферлаг, 1982. 84 с.
2. Дешифрирование многозональных космических снимков. Сканирующая система «Фрагмент». Методика и результаты. М.: Наука – Берлин: Академи-Ферлаг, 1988. 124 с.

Московский государственный университет

Поступила в редакцию
20 октября 1992 г.

V. I. Kravtsova, Yu. F. Knizhnikov. Space Photographs in Ecological Monitoring. Design of Atlas «Space Techniques of Geocology».

Concepts of a scientifically systematized atlas of space photography «Space Techniques of Geocology» are proposed.