

РЕЦЕНЗИЯ

УДК 528.942

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ В АТЛАСЕ
„КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ГЕОЭКОЛОГИИ“

В. И. Кравцова

Московский государственный университет, географ. ф-т, 119899, Москва, Воробьевы горы, Россия

В выпущенном в 1998 г. географическим факультетом МГУ научно-методическом атласе „Космические методы геоэкологии“ освещен опыт применения космических снимков в геоэкологических исследованиях и для решения экологических проблем. Ряд разделов атласа связан с экологическими проблемами северных территорий. Арктические районы представлены в разделе о глобальных экологических проблемах — потепления климата, состояния озонового слоя, потерь биомассы живого вещества суши и океанов. На примере северных районов показано применение космических снимков для исследования загрязнения воздуха и вод. Специальный раздел атласа посвящен антропогенному воздействию на легко ранимую природу тундровой и лесотундровой зон, где по снимкам исследуется активизация неблагоприятных криогенных процессов по трассам трубопроводов. Особое внимание уделено преобразованию природной среды в северных районах нефтедобычи, угледобычи, золотодобычи, губительного воздействия дымовых выбросов предприятий цветной металлургии. Таким образом, возможности использования космических методов для контроля за состоянием природно-технических систем в условиях севера нашли в атласе всестороннюю характеристику.

Космические снимки, техногенное воздействие, северные экосистемы

ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE NORTHERN REGIONS
IN THE ATLAS „SPACE METHODS OF GEOECOLOGY“

V. I. Kravtsova

Moscow State University, Department of Geography, 119899, Moscow, Vorobjovy Gory, Russia

The ways of space images used in geoecological investigations and for ecological problems solution are shown in a new scientific-methodological atlas „Space Methods in Geoecology“, published by Department of Geography, MSU. Some parts of the atlas are connected with problems of Northern territories. Arctic regions are presented in the part of global ecological problems — global climate warming, ozon layer depletion, losing of the terrestrial and ocean biomass. Investigations of air pollution and water contamination are shown on examples of Northern regions. Antropogenic impact at nature of tundra and forest-tundra zones, activation of unfavorable cryogenic processes along pipes are shown in a special chapter. Special attention is payed to investigations of influence of mining and mineral processing in northern regions — oil and gas exploration, coal mining, gold mining, damage of nonferrous metal ore processing. Thus, wide possibilities of application of space methods to the control of natural-technical systems state under the conditions of the north have multiform characteristic in the atlas.

Space images, technogenic impact, northern ecosystems

Обострение экологических проблем на нашей планете, особенно сильно сказывающееся в северных районах с их легко ранимыми и трудно возобновимыми экосистемами, требует постоянного контроля за состоянием природной среды, для которого в наше время необходимо привлечение космических средств наблюдения. Возможности их использования в экологическом мониторинге широко раскрываются в новом научно-методическом атласе „Космические методы

геоэкологии“, который вышел в свет в 1998 г. Этот атлас подготовлен лабораторией аэрокосмических методов кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ как продолжение серии атласов по дешифрированию космических снимков, выпущенных в международной кооперации в предшествующие годы (1982, 1988). Новый атлас, посвященный использованию космических методов для решения экологических задач, показывает пути при-

менения космических снимков в геоэкологическом мониторинге и при решении экологических проблем — глобальных и региональных, относящихся в основном к России и сопредельным территориям. Поскольку большая часть территории России лежит в пределах зоны криолитогенеза и развития гляциальных явлений, значительная доля материалов атласа посвящена космическим методам исследования экологических проблем арктических территорий и мерзлотных районов.

Методы применения материалов дистанционной съемки в геоэкологии разрабатывались ранее в связи с использованием аэрофотоснимков [Протасьева, 1967; Мельников и др., 1974]. Появление материалов космической съемки открыло новые возможности исследования мерзлотных процессов, охарактеризованные в атласе по дешифрированию многозональных космических снимков (Розенбаум, Гаврилов, Пижанкова) [Дешифрирование..., 1982]. В новом, характеризуемом в настоящей статье атласе расширен спектр направлений применения космических снимков для исследования экологических проблем северных районов.

Атлас отражает взаимодействие космонавтики с экологическими исследованиями, он обобщает опыт и достижения в использовании космических методов в геоэкологии к середине 1990-х гг. В атласе кратко охарактеризованы возможности дистанционного зондирования в исследовании глобальных экологических проблем. Более детальная характеристика дается для России и сопредельных территорий, где освещены региональные экологические проблемы, связанные с колебаниями уровня моря, загрязнением воздуха и вод, антропогенным воздействием в различных природных условиях — в зонах тундр, лесов, степей, пустынь. Проблемы обезлесения, эрозии, опустынивания, техногенного воздействия в горнодобывающих и промышленных районах, проблемы, связанные с урбанизацией и управлением природными ресурсами, а также с природными катастрофами и охраной природы, рассматриваются на примерах Европейской России, Западной и Восточной Сибири и многих других районов. Хотя материалы атласа связаны в основном с Россией, разработанные методы могут быть успешно применены для решения аналогичных проблем в других странах.

Ряд разделов атласа связан с экологическими проблемами северных территорий. Арктические районы представлены в разделе о глобальных экологических проблемах — потепления климата, состояния озонового слоя, потерь биомассы живого вещества суши и океанов.

Разделы о загрязнении вод и воздуха также во многом построены на материалах из арктических районов.

Изучение загрязнения воздуха вокруг городов и промышленных центров по космическим снимкам охарактеризовано на примерах районов угледобычи в Воркутинском бассейне и золотодобычи в горах Северо-Востока. Загрязнение атмосферного воздуха далеко не всегда находит непосредственное отображение на космических снимках; однако на снимках, полученных в период снеготаяния, хорошо видны районы загрязненного снега вокруг промышленных центров. Для выявления возможности их использования в целях изучения загрязнений важно сопоставить изображение с результатами наземных наблюдений. Такие исследования проведены Государственным гидрологическим институтом Роскомгидромета. В атласе показаны на снимках с вертолета источники загрязнения в Воркутинском районе — дымовые шлейфы, инверсионные иглы, образующиеся при слабом ветре и устойчивой стратификации атмосферы; приведены наземные фотоснимки снежной толщи, сделанные в шурфах в районе Воркуты. Полевые исследования снежного покрова и наблюдения с вертолета, проводившиеся вдоль маршрута, пересекающего Воркутинский промышленный район с юга на север, использовались для определения ряда показателей — альbedo снежного покрова и степени покрытия территории снегом, модуля загрязненности, гранулометрического состава твердых отложений в пробах снега и значений pH талой воды. Эти показатели и их динамика сопоставляются с изображением района на космических снимках. Такое сопоставление снимков с результатами наземных наблюдений помогает ответить на вопросы, чему соответствуют границы ореолов загрязненного снега на снимках, под влиянием каких факторов они образуются, и каковы пространственно-временные закономерности формирования пятен загрязнения.

В атласе приведен ряд примеров отображения на зимних космических снимках загрязнения снега. Один из них относится к горам Северо-Востока в золотоносном районе в верховьях Колымы. Крупный ореол загрязнения вытянут по долине р. Эмтыгей от разрабатываемого здесь Аркагалинского угольного месторождения до ТЭЦ в пос. Мяунджа, снабжающей электроэнергией весь район. Другой большой ореол приурочен к городу Сусуман, где размещены энергоемкие производства горнодобывающей промышленности, и к близлежащим поселкам. Вытянутость его по долине р. Берелех связана с застаиванием воздуха при антициклональной погоде в течение долгой зимы.

Специальный раздел атласа посвящен антропогенному воздействию на природу тундровой и лесотундровой зон, где на примере района Надым показана активизация неблагоприятных криогенных процессов по трассам трубопроводов.

Для контраста в атласе приведено изображение двух участков сибирской тундры, находящихся в различных условиях — в первозданном нетронутым виде и в условиях сильного техногенного воздействия в связи с разработкой нефтегазовых месторождений. Первый снимок охватывает участок побережья Северного Ледовитого океана между морями Лаптевых и Восточно-Сибирским, который находится в пределах Яно-Индигорской низменности, далеко за полярным кругом, на широте 72°. Территория представляет собой равнину, сложенную высокольдистыми отложениями. В эпохи потеплений здесь широко были развиты процессы термокарста. Поэтому характерную черту ландшафта составляют термокарстовые котловины (аласы) с озерами, глубоко расчленяющие исходную равнину, сформировавшуюся в последний ледниковый период и в связи с этим насыщенную мощными подземными льдами. На снимке хорошо различаются овалы черные пятна глубоких озер с чистой водой, голубые мелководные озера, контуры бывших озер, заросших пушицей и осокой, озерные котловины с ныне спущенными озерами, которые создают сложный пятнистый рисунок изображения.

Второй участок охватывает район в северной части Западно-Сибирской низменности, в среднем течении р. Надым, впадающей в Обскую губу, с притоками Хейгияха, Левая и Правая Хетта. Расположенный немного южнее полярного круга, на широтах 67—68°, он включает как мохово-лишайниковые кустарниковые тундры и болота с обилием термокарстовых озер, так и лесотундровые и северотажные ландшафты с лиственничными и сосново-кедровыми лесами на надпойменных речных террасах и пологоволнистых равнинах. В этом районе Западной Сибири ведется разработка крупных газовых месторождений. На снимке видны поселки Старый и Новый Надым, идущие к ним железная и автомобильные дороги и множество инженерных сооружений, строительство которых вызвало нарушение ландшафтов: магистральный газопровод, компрессорная станция с сетью трубопроводов. Уничтожение вблизи поселков и компрессорной станции растительности, закрепляющей почвы, вызвало развитие овражной эрозии и образование развееваемых песков. Снятие растительного покрова вдоль коридоров магистральных газопроводов и перепланировка рельефа при укладке труб привели к развитию оврагов, заозеренности

и заболоченности территории, по-разному проявляющихся в разных ландшафтных условиях. На участках, сложенных песчаными грунтами, видна расширенная светлая полоса, где вдоль газопровода широко развиты эрозионные процессы, а на участках мерзлых торфяников, где развит термокарст, она сужается. Различия в характере нарушений, выявляемые по снимкам, позволяют оценить относительные затраты на природоохранные мероприятия, в том числе рекультивацию нарушенных земель.

Детальное изучение характера происходящих в тундровых ландшафтах изменений требует привлечения крупномасштабных аэрофотоснимков, анализ которых дается в атласе для тундровых и лесотундровых ландшафтов по трассе газопровода Ямбург—Ныда на Тазовском п-ове на севере Западной Сибири. Аэрофотоснимки иллюстрируют нарушения ландшафта через 8—10 лет после начала строительства, различные в разных природных подзонах и условиях рельефа.

Несколько блоков листов атласа посвящено использованию космических снимков для контроля воздействия на природу при добыче и переработке полезных ископаемых. Большое внимание уделено мониторингу преобразования природной среды в районах развития криогенных процессов при нефтедобыче в Западной Сибири, золотодобыче на Патомском и Алданском нагорьях, угледобыче в Нерюнгри.

Два блока листов атласа характеризуют возможности использования космических снимков для мониторинга и картографирования губительного воздействия на растительность выбросов серы и тяжелых металлов в районах медно-никелевых комбинатов в Мончегорске и Норильске. Для района Мончегорска приведены снимки со спутников „Ресурс-Ф“ и „Ландсат“, на которых выделяются (различаются) зоны с разной степенью воздействия на экосистемы, определены их дешифровочные признаки. В результате дешифрирования составлена схема повреждений растительности, степень которых определена в зависимости от доли погибших деревьев (%). Сравнение ее со схемой состояния насаждений, составленной по данным полевых лесотаксационных исследований, указывает на их хорошую корреляцию и достаточно высокую степень достоверности дешифрирования космических снимков, а сравнение материалов дешифрирования со схемами зон деградации природных экосистем, выявленных по данным ключевых ландшафтных наблюдений и картографирования по профилям, показывает, что снимки дают возможность значительно более детальной пространственной дифференциации этих зон. Дополнение ключевых полевых исследований материалами дешиф-

рирования космоснимков обеспечивает наибольшую эффективность мониторинга техногенной деградации растительности.

В результате дешифрирования снимков со спутника Ландсат при полевом и аэровизуальном контроле составлена карта промышленного воздействия на растительность в районе Мончегорска масштаба 1 : 200 000, которая показывает распространение двух видов техногенных пустошей в зоне промышленного воздействия (с полнотью и почти полностью уничтоженным растительным покровом) и разделяет лесную растительность по степени повреждения промышленными выбросами на 4 категории; для частично и слабо поврежденной растительности приводятся также породный состав лесов. Горнотундровая растительность разного типа разделяется по степени повреждения на две категории — поврежденную и неповрежденную промышленными выбросами. Составленная карта, фиксирующая состояние растительности на середину 1990-х г., используется как базовая для ретроспективного анализа изменений по материалам разновременных съемок и может служить основой для мониторинга изменений природной среды в будущем.

Оперативный мониторинг состояния экосистем требует компьютерных методов создания таких карт. В атласе представлены разработки компьютерной классификации состояния растительности на основе зональных отношений яркости и вегетационного индекса, учитывающей спектральные образы объектов съемки, а также классификации, основанной на синтезе главных компонент в сочетании с использованием вегетационного индекса и дающей наибольший эффект.

Аналогичная работа по выделению и картографированию зон с разной степенью воздействия на растительность выполнена и для района

Норильска, где в связи с редкостойностью при-тундровых лесов ранние стадии повреждения растительности менее четко отображаются на космических снимках и требуется привлечение материалов крупномасштабной спектральной аэрофотосъемки. Тем не менее оба примера свидетельствуют о целесообразности аэрокосмического мониторинга состояния экосистем в зонах промышленного воздействия и предлагают пути и методы работы с материалами аэрокосмических съемок.

Таким образом, атлас „Космические методы геоэкологии“ дает всестороннюю характеристику космических снимков и содержит богатые материалы по их применению для оценки состояния природно-техногенных систем северных районов. Специалисты-геоэкологи и работники управления хозяйством северных районов получают ценное научно-методическое пособие по применению космической информации в их деятельности.

Работа выполнена в рамках программы „Университеты России — фундаментальные исследования“ и программы поддержки ведущих научных школ, проект № 8.5130.

Литература

- Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков. Методика и результаты. М., Наука-Берлин, Академи-Ферлаг, 1982, 96 с.
 Мельников Е. С. и др. Ландшафтные индикаторы инженерно-геокриологических условий севера Западной Сибири и их дешифровочные признаки. М., 1974.
 Протасьева И. В. Аэрометоды в геокриологии. М., 1967. 196 с.

Поступила в редакцию
25 мая 1999 г.