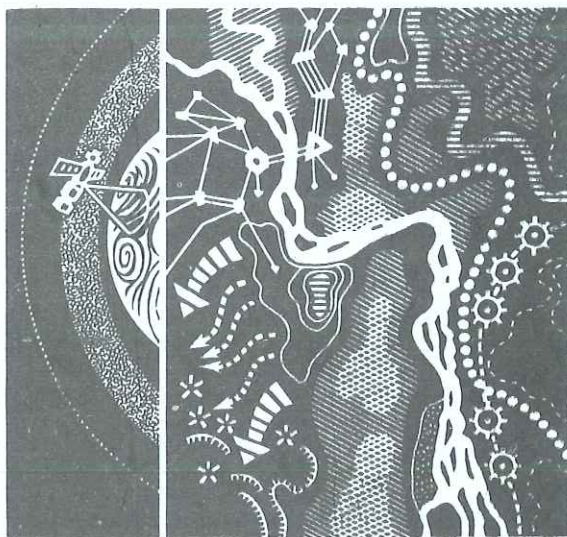


Е.А.Востокова В.А.Сущеня Л.А.Шевченко

Экологическое картографирование

на основе
космической
информации



X
EXCH
921428

Востокова Е. А., Сушня В. А., Шевченко Л. А. Экологическое картографирование на основе космической информации.— М.: Недра, 1988.— 223 с.: ил.— ISBN 5—247—00219—9

Рассмотрены основные проблемы и методы экологического картографирования с использованием космической информации, охарактеризовано значение экологических карт для рационального использования природных ресурсов и охраны природы. Раскрыты особенности использования материалов космических съемок и опыт создания различных видов экологических карт с учетом состояния природного потенциала и антропогенных изменений экологических условий предложена система экологического мониторинга на основе космической информации.

Для научных сотрудников и специалистов топографо-геодезического производства, занимающихся проблемами экологии.

Табл. 28, ил. 34, список лит.— 32 назв.

Рецензент проф., д-р техн. наук В. И. Аковецкий

SO AN SSSR AUG 21 1989

B 1902030000—191 17—88
043(01)—88

© Издательство «Недра», 1988

ISBN 5—247—00219—9.

Х
ЭМН
СОЛН

Проблемы экологического картографирования для обеспечения охраны природной среды, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов являются в настоящее время весьма актуальными для всего мира. В связи с нарастающими явлениями неразумной эксплуатации природных ресурсов, техногенной нарушенности и промышленным загрязнением природной среды все большее число отдельных исследователей и больших коллективов подключается к изучению и разработке проектов охраны природы. Работа проводится в различных направлениях: как по разработке мероприятий дифференцированно направленных на охрану отдельных компонентов природы, так и комплексных, предназначенных для охраны и рационального использования всех компонентов и элементов ландшафта в целом.

Все возрастающие масштабы взаимодействия природы и человека определяются различными уровнями и видами технологий воздействия на разнообразные условия природной среды и ее ответными реакциями. Возникают экологические проблемы, тесно взаимосвязанные между собой. Из них важнейшими можно назвать:

- 1) сверхинтенсивную эксплуатацию природных ресурсов, которая вскрыла ограниченность ресурсов биосферы, истощаемость минеральных ресурсов;
- 2) использование временно выгодных, но несовершенных технологий добычи и переработки природных ресурсов, вызывающих нарушения и загрязнения природной среды технологическими отходами и истощение природных ресурсов, возникновение новых или интенсификация слаборазвитых природных процессов;
- 3) воздействие техногенного загрязнения и нарушений природной среды на функционирование ландшафтов и на условия жизни и деятельности людей.

Проведение в жизнь намеченных мероприятий по сохранности сельскохозяйственных угодий, совершенствованию системы земледелия, рекультивации и мелиорации земель, комплексному освоению месторождений полезных ископаемых, сохранению чистоты атмосферы и гидросферы и других требует всестороннего учета природных факторов, оценки условий их взаимовлияния и взаимодействия, что, по существу, означает формирование общей программы экологического хозяйствования, развития экологической техники и методов создания новой природной среды.

Особо остро стоит вопрос о стратегии борьбы с загрязнением и антропогенной деградацией экосистем, т. е. опустыниванием окружающей среды, об оптимальных возможностях использования возобновляемых и невозобновляемых ресурсов биосферы. Все это предопределяет важность объективной информации об эко-

гическом состоянии геосистем и ее оценки. Анализ происходящих изменений состояния окружающей среды составляет один из основных разделов экологического контроля или глобального мониторинга. Важной частью комплексной программы рационального природопользования является разработка экологического или географического прогноза возможного развития геосистем различных уровней, от локальных до глобальных, при той или иной степени характера антропогенного воздействия. Для такого экологического прогноза необходимы точные сведения об исходных природных условиях изучаемой территории с оценкой их современного состояния, данные о величине и направлении антропогенного воздействия на окружающую среду в настоящем и планируемом будущем, тенденции естественной динамики геосистем. Для удовлетворения всех этих требований наиболее информативным методом является построение картографических моделей территории, т. е. создание серий специальных тематических карт.

Картографическое обеспечение экологических проблем, экологическое картографирование в широком смысле слова направлено на решение комплексных народнохозяйственных задач. Экологическое картографирование, как эффективный метод изучения и анализа современного состояния природной среды для ее рационального использования и планирования мероприятий по охране и воспроизводству возобновляемых природных ресурсов, должно прежде всего преследовать следующие цели:

создание банка экологических данных, содержащего наиболее полные сведения о природных условиях;

анализ состояния среды в результате антропогенного воздействия;

оценку и прогнозирование состояния каждого компонента среды в связи с существующим и потенциально возможным антропогенным воздействием.

Одним из важных аспектов картографического обеспечения экологических проблем, или экологического картографирования, является необходимость получения исходной информации в кратчайшие сроки и при максимально объективном отражении действительности. Выполнению этих требований отвечает аэро- и космическая информация, которая в настоящее время находит все более широкое применение в тематическом картографировании.

Работа является результатом обработки многолетних исследований авторов, выполненных в различных регионах Советского Союза.

Авторы выражают искреннюю благодарность А. Г. Бабаеву, С. В. Викторову, Ю. Г. Кельнеру, Н. Т. Нечаевой, Н. Г. Харину и коллективу сотрудников ландшафтной лаборатории Госцентра «Природа» за помощь при разработке методики создания экологических карт на основе космической информации.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

§ 1. Современные экологические проблемы и дистанционные методы их изучения

Влияние современной хозяйственной деятельности людей на природную среду велико и разнообразно, причем сейчас трудно найти участки, в той или иной степени не подвергнувшиеся антропогенным воздействиям. Влияние человека на природу выражается как в физическом нарушении отдельных компонентов ландшафта или ландшафта в целом, так и в загрязнении природной среды вредными или ядовитыми веществами, приводящими не только к нарушению экологического равновесия, но и к гибели всего живого. Кроме того, большое значение имеет развитие естественных экзогенных процессов, таких как оползни, засоление, стимулированных одно- или долговременным антропогенным воздействием на природную среду и резко изменяющих экологические условия. Все эти явления приводят к нарушению или даже разрушению естественных и межландшафтных взаимосвязей между компонентами ландшафта или их морфологическими частями, вызывают опустынивание территории. Под опустыниванием здесь понимается такое изменение природной среды, которое обуславливает значительное упрощение структуры ландшафта, уменьшение продуктивности ценозов (с точки зрения использования полезной биомассы в народном хозяйстве).

К таким неблагоприятным последствиям приводят техногенная нарушенность рельефа, условий водообеспеченности, почвенно-растительного покрова, вызванных проведением геологопоисковых работ, гидротехническим строительством, прокладкой различных трубопроводов и других линейных сооружений, различными формами воздействия техники на природную среду, нарушениями агротехники при эксплуатации естественных ресурсов и пр. Например, к нарушению растительного покрова пастбищ пустынь приводит перегрузка, часто связанная с нехваткой водопунктов, что обуславливает необходимость базирования на одном пункте большого количества поголовья скота и хозяйственного использования деревьев и кустарников, которое может привести к полному уничтожению растительности у колодцев радиусом в несколько километров, и другие виды биогенной деградации. Значительные изменения природной обстановки вызывают нарушения агротехники при земледельческом использовании территории, особенно при нерациональном поливе при орошаемом земледелии, что может повлечь за собой изменение почти всего комплекса природных ком-

понентов. В еще большей степени негативное воздействие на природно-территориальные комплексы оказывает горнодобывающая промышленность: нарушаются часто все природные компоненты среды — растительность, почвы, грунтовые воды, рельеф — и даже естественная стратификация отложений, так как при разработке месторождений полезных ископаемых породы, залегающие на значительной глубине, оказываются вынесенными на поверхность. Такие нарушения производят не только открытые горные разработки, но и шахтные выработки, которые способствуют формированию антропогенного рельефа благодаря многочисленным терриконам, а также часто стимулируют развитие или увеличивают интенсивность экзогенных процессов — просадок, карста и т. п.

Дополнительно следует упомянуть нарушенность природной среды, обусловленную формами и урвнем жизни населения (города, сельские населенные пункты, рекреационное использование территории и т. п.).

Этим вопросам в настоящее время уделяется очень большое внимание, и в связи с глобальным развитием этих процессов важной стороной деятельности людей становится разработка мероприятий для защиты и рационального использования природных ресурсов Земли. В настоящее время можно говорить о том, что проблема охраны природы вышла далеко за рамки охраны только биосферы — животного и растительного мира. Под охраной природы и под борьбой с опустыниванием следует понимать большой комплекс мероприятий, направленных на рациональное использование природных ресурсов, создание улучшенных биоценозов (с точки зрения их хозяйственного эффекта), защиту природной среды от загрязнения и нерациональной эксплуатации. Эти проблемы охраны природы, защиты природной среды от загрязнения и нарушения стали не только государственными, но и международными. Так, многими странами, в первую очередь Советским Союзом, приняты международные соглашения по защите атмосферы и воды от загрязнения, законы об охране природы, рекультивации нарушенных промышленностью территорий и т. д.

Ускоренными темпами развивается такое направление, как рекультивация техногенно нарушенных ландшафтов, большое внимание уделяется защите природной среды от загрязнения промышленными и бытовыми отходами, рассматривается вопрос о создании специальной системы наблюдения и контроля за состоянием географической среды и эффективностью природоохранительных мероприятий — так называемый «глобальный мониторинг»*.

Важность экологических проблем охраны природы и рационального использования природных ресурсов требует серьезного изучения результатов антропогенного воздействия, степени развития, направленности процессов опустынивания и распределения их

по площади, т. е. территориального охвата. Другими словами, прежде чем осуществлять или даже планировать те или иные мероприятия по охране природной среды и рациональному использованию естественных ресурсов, необходимо знать виды, размеры и характер происшедших изменений экологических условий и их распространение. Эти материалы могут быть получены только при проведении комплексного изучения и картографирования современного состояния природной среды на основе ландшафтных наблюдений, так как конкретные меры по оптимизации экологических условий, меры по созданию культурных ландшафтов или рекультивации нарушенных участков, как справедливо указывает А. Г. Исаченко, могут быть осуществлены лишь на основе знаний о внутри- и межландшафтных взаимосвязях [15].

Действительно, изменение даже одного из компонентов ландшафта непременно приводит к изменению других и, следовательно, всего ландшафта в целом. Наименее устойчивы к антропогенному воздействию животный мир (т. е. совокупность животных на определенной территории) и растительный покров. Изменение спонтанного растительного покрова приводит к иному ходу почвообразовательного процесса и далее — к изменению водного и воздушного режима почв, гидрогеологических условий (в частности, инфильтрации атмосферных осадков, часто к увеличению поверхностного стока и т. д.).

М. П. Петров [25] очень наглядно показал цепочку взаимосвязей изменения растительности песчаных пустынь с другими экологическими условиями. Нарушение растительного покрова песчаных пустынь с наибольшей очевидностью отражает такие ландшафтные взаимосвязи. Повреждение, например, целостности рангового покрова (песчаной осоки — *Carex physodes*) влечет за собой образование дефляционной котловины в одном месте и барханных песков в другом, т. е. приводит к изменению не только почвенных условий (аэрации, фильтрационных особенностей и т. д.), но и рельефа, а, следовательно, и гидрогеологических условий, т. е. почти всего комплекса экологических условий. Аналогичные примеры могут быть приведены также и по другим территориям (уничтожение растительности на склонах очень быстро вызывает интенсивные процессы, как линейной, так и плоскостной эрозии; оживление процессов эрозии и суффозии отмечается в результате шахтных выработок и техногенного разрушения растительного покрова). Такие примеры можно было бы приводить неограниченно, так как они изобилуют в природе и широко отражены в литературе.

Еще более выразительные цепочки последовательных, иногда катастрофически быстрых, изменений взаимосвязанных компонентов ландшафтов наблюдаются при нарушении двух или нескольких компонентов. Так, например, искусственное изменение водного режима территории — сооружение водохранилищ, каналов и т. п. — обязательно обуславливает изменение почвенно-растительного покрова, рельефа и связанных с этим элементов ландшафта. Глубо-

* Космический мониторинг биосферы. Под ред. Ю. А. Израэля, В. В. Бугровского и Ю. В. Новикова. Л., Гидрометеониздат, 1985.

кие перестройки, вызванные такими изменениями, представляют собой объект изучения многих исследователей.

Если изменение одного-двух биогенных компонентов ландшафта (почвенно-растительного покрова или животного мира) обычно приводит к нарушению внутриландшафтных взаимосвязей, но часто в той или иной степени обратимо, то изменение литогенной основы ландшафта, коренное изменение водного режима и рельефа территории видоизменяют также и межландшафтные взаимосвязи и практически необратимо, так как приводит к формированию совершенно иных экологических условий и ландшафтной структуры в целом.

Эти различия необходимо учитывать при выработке практических мер по ликвидации неблагоприятных последствий хозяйственной деятельности людей.

Не продолжая далее рассмотрение аналогичных примеров, можно отметить лишь то общее, что характерно для современного состояния природной среды. Во-первых, антропогенное воздействие на природную среду приводит к более интенсивному перераспределению вещества и энергии, чем это происходит при естественных сукцессиях ландшафтов (за исключением, конечно, эндогенных, катастрофических явлений и процессов). Во-вторых, любое антропогенное вмешательство в природную среду приводит к тем или иным сдвигам во всей структуре ландшафта, в его внутри- и межландшафтных (или по А. Г. Исаченко — вертикальных и горизонтальных) взаимосвязях. В-третьих, по направленности таких воздействий с антропоцентрических позиций выделяются целенаправленные и случайные. Первые должны приводить к образованию «культурных ландшафтов»*, вторые — к нарушенным ландшафтам и к опустыниванию всей территории. При этом случайные нарушения могут быть следствием эксплуатации тех или иных природных ресурсов, либо побочным результатом целенаправленных изменений природной среды при создании «культурных ландшафтов»* на соседствующих участках, наконец, опустынивание может быть результатом функционирования биологической или техногенно-биологической систем, созданных человеком (например, отвалы, свалки мусора, скопление биогенных отходов у животноводческих ферм и т. д.).

Эти особенности современного состояния и развития экологических условий природной среды, которые отмечаются многими исследователями, бесспорно свидетельствуют также и о том, что для дальнейшего развития природы и общества, для научно обоснованного использования природных ресурсов и охраны географической среды необходим комплексный, ландшафтный системный подход.

Экологические проблемы имеют и другой, пространственный аспект, так как при изучении и планировании мероприятий по охране и рациональному использованию природной среды необхо-

димы представления о территориальном охвате того или иного региона различными экзогенными и антропогенными процессами и явлениями.

Наибольшее практическое значение для территориальной характеристики экологических условий может иметь ее картографическое отражение, т. е. создание специальных экологических карт [8, 15, 16, 18, 28, 29].

Картографирование экологических условий, выявление и оценка нарушенных территорий дают возможность получить наглядные высокоинформативные документы, отражающие современное состояние природно-территориальных комплексов или тех или иных их компонентов и их динамики, позволяющие наиболее объективно планировать и контролировать природоохранные мероприятия. Такие специально составленные карты являются необходимым картографическим обеспечением экологических проблем, имеющих целью охрану и рациональное использование природных ресурсов в масштабах не только страны, но и мира в целом. Анализ литературных и картографических источников показал, что картам охраны природы уделяется довольно много внимания, однако, до сих пор еще нет полностью разработанной и общепринятой методики их составления.

Для картографического отражения современного состояния природной среды, охвативших ее процессов опустынивания, их динамики и развития необходимы скоростные методы фиксации и картографического отражения наблюдаемых явлений и процессов. Такими методами являются аэрофотосъемка и съемка из космоса.

Возможности использования аэроснимков для целей картографирования природных объектов известны давно и поэтому здесь не рассматриваются. Но и возможности использования материалов космических фотосъемок для решения научных и хозяйственных задач рассматриваются в мировой литературе уже с 1965 г., по этим вопросам уже накоплен огромный материал, частично обобщенный в различных обзорах и монографиях. Поэтому кажется целесообразным остановиться только на аспектах использования космических снимков и материалов их первичной обработки для целей экологического картографирования.

Основные особенности космических фотоснимков (обзорность, единовременность отражения больших территорий, высокая разрешающая способность и др.) представляют наибольшие возможности для объективного и быстрого составления новых или обновления старых тематических карт природы, в том числе почвенных, геологических, геоморфологических, растительности; использования земель и других, отражающих экологические особенности территории.

В зарубежной литературе наиболее широко освещен вопрос применения мультиспектральных телевизионных и сканерных снимков, полученных с искусственных спутников, для отражения естественных природных ресурсов и хозяйственного использования зе-

* Целенаправленно измененные и улучшенные территории для жизни людей.

мель. Применение космической информации диктует новые подходы к содержанию и принципам построения легенд экологических карт. Так, например, особенность картографирования растительного покрова по космическим снимкам заключается в том, что растительные сообщества в результате интегрированного изображения объединяются в макрокомбинации по территориальной сопряженности [7]. Но при этом существуют и многочисленные преимущества, выражающиеся в возрастании тематической и контурной детальности картографирования растительности.

Весьма перспективным также является использование аэро- и космических фотоснимков при изучении нарушенности природных условий и загрязнения природой среды. Эти исследования проводятся как в Советском Союзе, так и за рубежом, особенно в связи с проблемой опустынивания аридных областей.

Непосредственно возможности использования космических фотоснимков для экологического картографирования рассмотрены в работах [7, 27]. Однако публикации, отражающие результаты использования космических снимков для создания экологических карт и для построения карт охраны природы, пока еще сравнительно мало.

В большинстве случаев вопросы экологического картографирования рассматриваются вне использования космической информации. Более широко за рубежом дистанционные методы экологического картографирования разрабатываются в Канаде [31, 32].

Наиболее полно поставленной задаче использования материалов космической съемки при изучении опустынивания и для построения специальных экологических карт для целей охраны и рационального использования природных ресурсов отвечают ландшафтно-индикационные исследования.

Ландшафтно-индикационные исследования основываются на тесных внутри- и межландшафтных взаимосвязях, позволяющих судить по более легконаблюдаемым (физиономичным, по С. В. Викторову) компонентам ландшафта о более труднонаблюдаемых (деципиентных, по С. В. Викторову). Причем, как правило, практическое применение получают искусственно абстрагированные связи между физиономичными компонентами — индикаторами и деципиентными — объектами индикации [6, 22].

Такой ландшафтно-индикационный подход позволяет широко использовать аэро- и космические снимки для изучения, констатации и картографирования современного состояния природной среды, а не только тех ее компонентов, которые находят непосредственное отражение на снимках в тоне (цвете) или рисунке фотоизображения. Собственно этот подход лежит в основе широко распространенного ландшафтного метода дешифрирования аэроснимков [22].

При изучении и картографировании экологических условий и природных процессов наибольшее значение имеют не те или иные отдельные индикаторы, а их закономерные сочетания и ряды в пространстве. Это позволяет изучать их динамику, в том числе и

развитие процессов, обусловленных антропогенным воздействием, т. е. вызванных хозяйственной деятельностью человека. Причем антропогенное воздействие может быть как одиночным, дающим только толчок, начальное ускорение, для дальнейшего развития процесса по его естественным законам, так и многократным или постоянно действующим фактором, постоянно усиливающим и направляющим естественный ход процесса.

Такое очень разнообразное воздействие на природную среду, вызывающее столь же разнообразную ее реакцию, требует от индикационных исследований большой гибкости в отборе и применении индикаторов. Но основными правилами ландшафтно-индикационных исследований можно считать использование в качестве индикатора более легконаблюдаемых на местности или на снимках, чем изучаемый объект индикации, компонентов ландшафта или их сочетаний, обязательный анализ не только внутри-, но и межландшафтных взаимосвязей, полный территориальный охват всего региона, с учетом конкретных региональных особенностей и характера антропогенного воздействия. Таким образом, при этом виде исследований неперенным условием является ландшафтно-географический анализ. Такие ландшафтно-индикационные исследования, проводимые с помощью аэро- и космических снимков, направлены для картографического отражения современного состояния и динамики природной среды, обеспечения проблемы ее охраны и рационального использования.

Для этих исследований основой являлась систематизация экологических условий причин опустынивания и разработка оценки антропогенного воздействия на природную среду. При этом были рассмотрены возможные антропогенные нарушения природно-территориальных комплексов при различном хозяйственном освоении и нарушения, обусловленные различными причинами. Так, выделяются:

1) естественные природно-территориальные комплексы (ПТК), не используемые в хозяйстве (например, естественные неудобья — солончаки, бэдленд), нарушение природной среды которых может быть вызвано только случайно и не может быть очень сильным;

2) ограниченно используемые ПТК, к которым могут быть отнесены различно охраняемые территории (заповедники, заказники и т. п.), где возможна лишь слабая или локально умеренная нарушенность природных компонентов;

3) экстенсивно используемые территории (к которым могут быть отнесены большинство пустынь и тундр с отгонно-пастбищным типом хозяйства), в этом случае нарушения природной среды могут быть вызваны, во-первых, либо слишком высокой нагрузкой при эксплуатации естественных ресурсов (например, перевыпас), либо связаны непосредственно с характером используемых ресурсов (например, при добыче полезных ископаемых); во-вторых, могут быть побочными при том или ином освоении территории; хотя выраженность подобных нарушений может быть одинаковой, даль-



Рис. 1. Блок-схема изменения природной среды при образовании антропогенных ландшафтов

нейшие мероприятия по охране и рациональному использованию могут существенно различаться;

4) интенсивное использование предполагает формирование улучшенных и культурных ландшафтов, под которыми понимаются целенаправленно качественно преобразованные, измененные и улучшенные для жизни людей территории, нарушенность элементов природной среды в этом случае может рассматриваться лишь как проявление нерационального ведения хозяйства (например, вторичное засоление на орошаемых землях) или как побочное непредвиденное следствие тех или иных мероприятий (рис. 1).

Такая условная оценка степени изменения компонентов природной среды принята исходя из их нарушенности, начиная от наиболее раннего растительного покрова* до нарушения самой литогенной основы ландшафта. Следует заметить, что далеко не все теоретически мыслимые сочетания степени и выраженности нарушений имеют место в природе.

Это деление в общих чертах сходно с основными антропогенными категориями природных ландшафтов, которые выделяет А. В. Чигаркин (1974 г.) для пустынь Казахстана. Так, им выделяются ландшафты, близкие к естественным; слабо измененные (животный и растительный мир); сильно нарушенные (рельеф, почвы, растительность); нарушенные (почвенно-растительный покров); преобразованные (целенаправленно измененные в сторону улучшения), культурные (искусственно созданные).

* Животный мир в данной шкале не учитывается, так как непосредственно не отражается на аэро- и космических снимках.

Эти условные оценки дают некоторое представление о величине антропогенной измененности экологических условий в связи с характером освоения и использования земель, с одной стороны, и выраженностью в ландшафте тех или иных воздействий человека на его компоненты — с другой. Она послужила для дальнейшей систематизации видов антропогенного изменения экологических условий и опустынивания, которые могут быть изучены и отображены на картах с помощью ландшафтно-индикационного дешифрирования космической информации.

Непосредственно в тесной связи с анализом и оценкой факторов хозяйственного воздействия стоят задачи изучения обратной реакции природной среды на те или иные нарушения, «устойчивость» и «ранимость» тех или иных ландшафтов и отдельных компонентов их.

Заканчивая краткое рассмотрение экологической проблемы и возможностей использования дистанционных материалов для ее картографического обеспечения, необходимо отметить характерные современные тенденции в этой области:

1) комплексный подход ко всей проблеме экологии в целом (рассмотрение антропогенного воздействия на все компоненты ландшафта, ландшафтный подход к изучению возможных и существующих антропогенных изменений);

2) использование ландшафтных методов исследований (изучение и картографирование на ландшафтной основе);

3) необходимость создания серий экологических карт для обеспечения проблемы в целом;

4) целесообразность использования дистанционных материалов для составления карт природных условий, современного состояния и динамики природной среды.

§ 2. Экологические карты, их виды и классификация

К экологическим картам относятся карты, отражающие условия среды обитания и ее динамику, взаимоотношения биоценозов со средой, т. е. карты экологических факторов или их совокупностей, определяющие условия существования и развития организмов (вида, сообщества, определенной экосистемы или человека). К экологическим факторам относятся все элементы природной среды, определяющие условия существования организмов, в том числе и человека (табл. 1).

Совокупное действие этих факторов среды обуславливает размещение биоценозов в пределах тех или иных районов. Но не только среда оказывает свое влияние на организмы и их сообщества, но и они, в свою очередь, также влияют на среду, создавая свой микроклимат (влажность, интенсивность освещения, температуру), изменяя отдельные элементы или всю среду в целом, так как среда может стать не только качественно иной, но и более разнообразной. В последнее время в связи с интенсивным освоением природных ресурсов важную роль в изменении и формировании

Таблица 1

Классификация факторов среды (по А. Г. Воронову*)

| Факторы среды | | | | | | |
|---------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------------|-------------|
| Абиотические | | Биотические | | | Антропогенные | |
| Климатические | Эдафические | Орографические | Фитогенные | Зоогенные | Антропогенные | Техногенные |

* Воронов А. Г. Геоботаника. М., Высшая школа, 1963.

вании экологических условий играют антропогенные (в том числе техногенные) факторы.

Экологические карты в целом имеют большое практическое значение для познания комплекса природных условий с целью решения как научных задач, так и задач хозяйственного развития целых регионов, рационального использования их природных ресурсов, обеспечения мероприятий по их эксплуатации, оперативно-контролю и учету состояний окружающей среды.

Экологические карты различаются по содержанию, назначению, масштабу, территориальному охвату. По содержанию они делятся на карты:

А. Констатирующие:

статистики (инвентаризационные), констатирующие на данный момент времени природные условия, современное состояние среды и отдельные ее экологические характеристики;

динамики, отражающие изменения экологических условий за определенный промежуток времени.

Б. Прогнозные содержащие характеристику возможных ожидаемых изменений экологических условий.

Констатирующие экологические карты статических явлений должны давать полные сведения о физико-географических закономерностях, потенциальных природных возможностях территории, экологических факторах (элементах внешней среды), современном состоянии природной среды, определяющих условия обитания организмов, уровне антропогенного воздействия. Они могут быть оценочными, включающими качественные или количественные экологические показатели. Констатирующие экологические карты статистики являются важнейшим первоисточником сведений обо всех элементах и компонентах природной среды и их сочетаниях. Они предназначены как для последующего изучения динамики природной среды, так и для построения экологического прогноза, разработки природоохранных мероприятий, оценки природных условий осваиваемых территорий.

Экологические карты динамики отражают основные направления и тенденции изменения и развития природной среды за определенный прошедший промежуток времени при сложившемся

уровне воздействия как природных, так и антропогенных факторов, к ним относятся также карты экзогенных процессов. Такие карты предназначены для оценки происшедших изменений экологических условий, установления тенденций их динамики.

Экологические прогнозные карты, построенные на основе сведений об основных направлениях и тенденциях развития природной среды, содержат данные о возможных ее изменениях на заранее заданный срок под влиянием существующих природных факторов, способствующих изменению структуры ландшафтов и характера функционирования среды, либо под влиянием осуществляемых и планируемых антропогенных воздействий. Такие карты предназначены для выбора экологически эффективных вариантов природоохранных мероприятий и методов рационального использования природных ресурсов, направленных на поддержание экологического равновесия природной среды, ее охрану от загрязнения и нежелательных необратимых изменений.

Оперативность и достоверность составления экологических карт может быть обеспечена применением современных объективных методов изучения и картографирования природной среды — на основе использования космических съемок, что предопределяет комплексный или системный подход в их создании и обеспечивает системное изучение природной среды.

Комплексный подход в создании экологических карт с использованием космической информации реализуется при составлении серий тематических взаимосвязанных карт, которые образуют систему сопряженных экологических (тематических) карт, в целом необходимых для обеспечения различных направлений народного хозяйства и предназначенных для использования хозяйственными органами для планирования и размещения хозяйственных объектов и рационального природопользования.

Наиболее целесообразно по космическим снимкам составлять серии экологических карт, отражающих различные стороны местобитаний животных и растительных организмов, а также среду обитания человека.

Экологические карты можно подразделить по содержанию на комплексные (или универсальные) и частные (или специальные, т. е. прикладные). Подобное деление на универсальные и специальные карты применяется и при других видах картографирования [11], что позволяет четко определить положение составляемой карты в общей классификационной схеме географических карт. Комплексные (универсальные) карты отражают общие закономерности распределения совокупности экологических условий, определяющих существование растений, животных, человека, т. е. они одновременно показывают различные стороны среды обитания. Частные (специальные) карты характеризуют отдельные факторы условий жизни организмов и антропогенное воздействие на них. Так, например, для характеристики экологических условий растительности могут быть составлены почвенная комплексная карта и частные карты, характеризующие отдельные почвенно-грунтовые

условия и водообеспеченность местообитания: такие, как засоление почв, степень увлаженности и др. Для характеристики экологических условий местообитания животных могут быть составлены комплексная геоботаническая карта и частные: луговых, степных растительных сообществ, типов леса (лесных биоценозов), растительности болот и заболоченных земель и т. п.

По тематической направленности экологические карты могут характеризовать условия природной среды в целом — карты ландшафтные; или отдельные компоненты среды — карты геоботанические, почвенные, геоморфологические, гидрогеологические. Классификация экологических карт по содержанию представлена в табл. 2. Комплексные (универсальные) карты составляются для всех регионов, независимо от специфики природных условий и антропогенного воздействия; частные или специальные карты являются часто региональными, отражающими экологическую специфику определенного региона.

Наиболее полно экологические условия отражает комплексная ландшафтная или ландшафтно-индикационная карта. Объектом изображения на них является весь комплекс компонентов природы, куда входят геолого-структурные условия, рельеф, поверхностные горные породы, поверхностные и подземные воды, климат на уровне земной поверхности, почвы, растительность. Формирование ландшафтов происходит в течение длительного времени при ведущей роли литогенного компонента. Поэтому ландшафт весьма устойчив и основные его свойства изменяются медленно и постепенно. Биогенные компоненты ландшафта развиваются и изменяются в тесной зависимости от изменений и развития главным образом литогенной основы, так как все компоненты ландшафта тесно связаны между собой и эволюционируют как части единой природной системы. Следовательно, ландшафтная карта может рассматриваться как комплексная карта экологического потенциала территории, назначение которой дать широкое представление о закономерностях природных условий. Объектами картографирования являются природно-территориальные комплексы (ПТК). На ней отображается размещение ранжированных единиц природно-территориальных комплексов и их пространственное соотношение. Экологические характеристики таких комплексов обычно помещаются в легенде карты. Таким образом, каждый выделенный контур одновременно характеризуется многими чертами: геологическим строением, климатом, гидрогеологическими и геоморфологическими условиями, почвенным и растительным покровом.

Ландшафтно-индикационные карты отличаются от ландшафтных тем, что на них наиболее полно показываются определенные, часто искусственно абстрагированные, ландшафтные взаимосвязи как между отдельными компонентами ландшафта, так и между соседними ландшафтами. Индикационные ландшафтные взаимосвязи в наиболее обозримой форме могут быть представлены в виде ландшафтно-индикационных таблиц, которые являются осно-

Таблица 2

Перечень основных экологических карт, составляемых с использованием аэро- и космической информации

| Универсальные (комплексные) | | | Частные (специальные) | | |
|---|---|---|--|---|---|
| констатирующие | | прогнозные | констатирующие | | прогнозные |
| статички | динамки | | статички | динамки | |
| Ландшафтные Ландшафтно-индикационные | Динамики ландшафтов Антропогенной перестройки ландшафтов Комплекса экзогенных процессов Миграционных потоков | Прогноз изменений ландшафтов Прогноз стихийных явлений | Степень устойчивости ландшафтов Отдельных структурных единиц ландшафта (песчаных массивов, солончаков, болот) | Динамики отдельных структурных элементов Динамики ландшафтов в результате изменения отдельных компонентов | Прогноз изменений отдельных структурных элементов ландшафта |
| Геоморфологические | Динамики рельефа Экзогенных рельефообразующих процессов Антропогенной перестройки рельефа | Прогноз изменений рельефа под воздействием экзогенных процессов | Форм рельефа Морфометрических показателей Современных геоморфологических процессов | Динамики форм рельефа Динамики морфометрических показателей Развитие эрозийных процессов Развитие дефляционных процессов | Прогноз развития эрозийных процессов Прогноз развития дефляционных процессов |
| Гидрогеологические | Динамики гидрогеологических условий | Прогноз изменений гидрогеологических условий | Глубины залегания и минерализации грунтовых вод Залегания верховодки | Динамики глубины залегания и минерализации грунтовых вод Динамики верховодки | Прогноз изменения глубины залегания и минерализации грунтовых вод Прогноз изменений верховодки |

Продолжение табл. 2

| Универсальные (комплексные) | | | Частные (специальные) | | |
|-----------------------------|--|---|--|--|---|
| констатирующие | | прогнозные | констатирующие | | прогнозные |
| статикки | динамики | | статикки | динамики | |
| Почвенные | Динамики почвенного покрова Антропогенной нарушенности почв Эрозии почв (линейного и плоскостного смыва) | Прогноз изменений почвенного покрова | Засоления почв Увлажнение почв Плодородия почв Состава поверхностных отложений Подстилающих пород Сельскохозяйственной пригодности почв Почвенно-мелиоративная Почвенно-эрозионная Почвенно-агрохимическая | Динамики засоления почв Динамики увлажнения почв Динамики плодородия почв Динамики почвенно-мелиоративных условий | Прогноз изменений засоления почв Прогноз изменений увлажнения почв Прогноз изменений плодородия почв Прогноз почвенно-мелиоративных условий Прогноз почвенно-агрохимических условий |
| Геоботанические | Динамики растительного покрова Антропогенной нарушенности растительности | Прогноз изменений растительного покрова | Лесов Луговой и болотной растительности Индикационные | Динамики лесных биоценозов Динамики пастбищ Динамики луговой и болотной растительности | Прогноз изменений лесных биоценозов Прогноз изменений пастбищной растительности Прогноз изменений болотной растительности |

вой для построения легенд ландшафтно-индикационных карт. В таких таблицах прослеживается взаимосвязь между отдельными компонентами ландшафта. Приводится описание индикаторов и объектов индикации. Пример ландшафтно-индикационной таблицы, отражающей ландшафтные взаимосвязи и экологические характеристики различных типов ландшафтов, составленной для западных районов Нечерноземной зоны, приводится в табл. 3. Подобные таблицы и построенные по ним легенды ландшафтных карт дают возможность четко проследить условия существования биоценозов, проследить взаимосвязи растительности со средой и выявить их изменения в связи с антропогенным вмешательством.

Таким образом, комплексные (универсальные) ландшафтные и ландшафтно-индикационные карты имеют особое значение в серии экологических карт, так как дают синтетическое наиболее полное изображение природных комплексов, интегрированно изображают факторы физико-географической среды. Они могут обеспечить хозяйственные и проектные организации важной информацией о природных условиях, необходимой для рационального использования растительных и животных ресурсов и дальнейшего развития сельского хозяйства.

Карты динамики ландшафтов могут отражать изменения комплекса экологических условий, происшедших за определенный промежуток времени как в результате природного развития территории, так и хозяйственной деятельности человека. Так как естественная эволюция ландшафтов происходит довольно медленно, то на картах обычно фиксируются изменения в структуре ландшафтов или отдельных его компонентов под воздействием антропогенных факторов. Для территорий, подверженных интенсивным хозяйственным преобразованиям, связанным с крупным промышленным строительством, повсеместной мелиорацией, интенсивным сельскохозяйственным производством, использованием какого-либо ресурса и т. п., составляются карты антропогенной перестройки ландшафтов, которые дают общую картину изменений природной среды главным образом под воздействием антропогенного фактора. На таких картах выделяются природно-территориальные комплексы, в различной степени измененные в результате: агрохозяйственного воздействия (агрландшафты, мелиоративные агроландшафты, агроселитебные комплексы и т. п.); инженерно-технологического воздействия (промышленные, градопромышленные комплексы и т. п.); технологического воздействия (антропогенные пустоши, индустриальные пустоши); косвенного, или побочного, воздействия в результате непредвиденных последствий хозяйственной деятельности человека. Здесь же могут быть показаны природно-территориальные комплексы, где только отдельные компоненты затронуты хозяйственной деятельностью человека, а изменения носят обратимый характер. Наиболее податливой в отношении хозяйственного воздействия является более подвижная и легко изменяемая биогенная группа компонентов ландшафта. Почвы подвергаются изменениям на значительных площадях, приобретая характер

Таблица 3

Ландшафтно-индикационная таблица для изучения и картографирования земель

| Ландшафты | Физиономические компоненты ландшафта (индикаторы) | | Труднонаблюдаемые (объекты) | компоненты ландшафта (индикации) | | | Основные дешифровочные признаки индикаторов |
|---|---|--|---|---|---|------------------------------|--|
| | Рельеф | Растительность | Почвы | Литология поверхностных отложений | Гидрогеологические условия | Характер эрозивной опасности | |
| Холмистые моренные суглинистые равнины на палеозойском фундаменте (известняки, доломиты с прослоями глин, песков, песчаников и гипса) | Возвышенная холмистая равнина с глубоко врезанными долинами с озовыми грядами и камовыми холмами | Мелколиственные и елово-мелколиственные леса. Злаково-разнотравные луга чередуются с небольшими участками пашен | Дерново-слабо- и среднеподзолистые Дерново-подзолисто-глеевые и торфянисто-подзолисто-глеевые — в понижениях между холмами | Суглинки, супеси, опесчаненные суглинки | Грунтовые воды спорадического распространения. Глубина залегания 1—2,5; 3—5 м, местами более 5 м. Местами верховодка в прослоях и линзах песков и супесей среди валунных суглинков моренных отложений на глубине 0—0,5; 0,5—1,0 м | Эрозионно-опасные | Формирует фотозображение в виде пятен лесной растительности, чередующихся с беспорядочно расположенными пятнами сельскохозяйственных угодий, лугов, пойма в виде контрастных сочетаний примерно в равных пропорциях темно-серых и серых пятен неправильной формы с мелкозернистой структурой или бесструктурных и серых и светло-серых участков неправильной или прямоугольной формы различных размеров и темных полос вдоль рек |
| | Холмистая расчлененная равнина (мелко-, средне-, крупно-холмистая) с отдельными крупными грядами конечных морен | Пашни с остатками мелколиственных, мелколиственно-еловых, ольховых лесов и разнотравно-злаковых лугов | Дерново-средне- и сильноподзолистые, часто глееватые | Средние, легкие суглинки, супеси | | | Формируют фотозображение в виде контрастных рисунков прямоугольной и неправильной формы светлого тона с включением более темных по тону пятен неправильной формы, бесструктурных, иногда с неясномелкозернистой структурой |
| | Пологоволнистая слаборасчлененная равнина | Пашни с участками мелколиственных лесов, мелколиственно-еловых, ольховых, часто заболоченных и злаково-разнотравных лугов | Дерново-подзолисто-глееватые, дерново-подзолисто-глеевые | Средние и легкие суглинки | | Слабоэрозионноопасные | Формируют фотозображение в виде контрастного светлого рисунка из пятен различной формы и размеров (правильной и неправильной), чередующихся с небольшими темными пятнами неправильной формы и серыми полосами вдоль рек |
| Водно-ледниковые равнины на палеозойском фундаменте | Плоская слабоволнистая задровая равнина с моренными и камовыми холмами и озовыми грядами | Елово-мелколиственные, сосново-мелколиственные леса. Массивы верховых сфагновых и сфагновых с сосной болот. Небольшие участки разнотравно-злаковых лугов и пашен | Дерново-средне- и слабоподзолистые, часто глееватые и глеевые | Пески, супеси, торф | Грунтовые воды в песках с гравием и галькой, с прослоями супесей и глин флювиогляциальных отложений, залегающие на глубине от 0,5 до 5,0 м, изредка глубже 5,0 м | Неэрозионноопасные | Формирует фотозображение в виде крупных темно-серых и серых пятен неправильной формы с мелкозернистой структурой или бесструктурных с вкраплением вытянутых более светлых по тону прямоугольников (лесосеки) и различных по форме (овальных, вытянутых, округлых) и размерам светло-серых и белесых пятен, а также небольших участков светлых по тону правильной или неправильной формы, контрастирующих на общем фоне. Чередование и скопление пятен неравномерно |

ных ресурсов (на примере западных районов Нечерноземной зоны)

Продолжение табл. 3

| Ландшафты | Физиономические компоненты ландшафта (индикаторы) | | Труднонаблюдаемые (объекты) | компоненты ландшафта индикации | | | Основные дешифровочные признаки индикаторов |
|--|---|--|---|--|--|----------------------------|--|
| | Рельеф | Растительность | | Почвы | Литология поверхностных отложений | Гидрогеологические условия | |
| Водно-ледниковые равнины на палеозойском фундаменте | Пологоволнистая флювиогляциальная равнина | Почти полностью распавшаяся. Остатки мелколиственных лесов | Дерново-слабоподзолистые | Пески с гравием и галькой, легкие суглинки, супеси | Грунтовые воды в песках с гравием и галькой, с прослоями супесей и глин флювиогляциальных отложений, залегающие на глубине от 0,5 до 5,0 м, изредка глубже 5,0 м | Неэрозионноопасные | Формируют фотозображение в виде контрастного светлого рисунка из пятен различной формы и размеров (правильной и неправильной), который нарушается вкраплением более темных пятен и серыми полосами вдоль рек |
| Озерно-ледниковые песчаные и супесчаные равнины на палеозойском фундаменте | Плоская слабоволнистая песчаная равнина с неглубоким залеганием морены или ленточных глин | Сосново-елово-мелколиственные, мелколиственные леса. По песчаным террасам рек — сосновые леса. Низинные разнотравно-злаковые луга. Небольшие участки низинных болот. Местами пашни | Дерново-слабоподзолистые Дерново-подзолисто-глееватые и глеевые Торфянисто- и торфяно-подзолистые глеевые. В глубоких понижениях торфяные | Пески, супеси, торф | Грунтовые воды в песках, супесях, суглинках, подстилаемых глинами древнеозерных отложений, залегающие на глубине от 0 до 5,0 м | То же | Формируют фотозображение в виде структурных или бесструктурных серых, участками темносерых пятен беспорядочного чередования с вкраплением светлых мелких пятен, часто правильной формы |
| То же | Плоская равнина | Верховые болота | Торфяные | Торф | Грунтовые воды в торфах, залегающие на глубине 0—0,5 м. На осушенных участках более 3 м | | Формирует фотозображение в виде крупных светлых пятен различной формы (округлой, овальной, трапециевидной), часто слившихся вместе |
| Речные долины | Поймы, надпойменные террасы | Пойменные луга. Сосновые леса по надпойменным террасам | Пойменные аллювиальные | Современные и древнеаллювиальные отложения пески, супеси, суглинки | Грунтовые воды в суглинках, супесях и песках аллювиальных, аллювиально-озерных отложений, залегающие на глубине от 0 до 2,5 м, изредка до 3,0 м | Неэрозионноопасные | Формируют фотозображение в виде вытянутых серых или темносерых полос вдоль русел рек |

окультуренных, которые значительно отличаются по своим агрохимическим свойствам от их исходных генетических типов. Изменяется естественная растительность, часто сменяясь культурной (парками, садами, огородами, культурными пастбищами, пашнями), в связи с чем исчезают многие виды диких животных. Поэтому в первую очередь на картах антропогенной перестройки ландшафтов находят отображения изменения, касающиеся наиболее подвижной его части, т. е. биогенной группы компонентов.

К комплексным картам динамики природной среды следует отнести также карты экзогенных процессов, на которых показываются стадии и ход развития гидрогенных, эоловых, гидрохимических и других типов процессов, изменяющих структуру ландшафта и, следовательно, экологические условия.

К прогнозным комплексным ландшафтными картам относятся карты, на которых отображаются предполагаемые изменения ландшафтов в целом или только их биогенной части в результате определенного уже существующего уровня природно-антропогенного воздействия или планируемых хозяйственных мероприятий за тот или иной заданный период времени. На таких картах, кроме предполагаемых изменений качественных и количественных характеристик комплекса экологических условий, в легенде могут быть указаны мероприятия по предотвращению нежелательных последствий и мероприятия, направленные на поддержание оптимальных экологических условий.

Частные (специальные) ландшафтные карты в отличие от комплексных (универсальных) ландшафтных карт характеризуют особенности распространения некоторых отдельных ландшафтных характеристик, определяющих экологические условия территории. Например, такими являются карты песчаных массивов, отражающие распределение растительности, эоловых процессов, условий инфильтрации воды и пр., карты солончаков и засоленных земель, карты болот и заболоченных земель и др.

Так, экологические карты болот, являясь частными видами ландшафтной карты, дают представление о степени заболоченности территории, типах болотных массивов, их растительном покрове, закономерностях пространственного размещения, состоянии и характере современного использования, занимаемой площади. Основными факторами, определяющими среду обитания растений на болотах, являются водный и минеральный режим. Любые изменения в среде обитания на болотах наиболее тесно связаны именно с изменением этих факторов. Поэтому карты болот прежде всего должны отражать связи растительности болот с водно-минеральным питанием (экологический тип болот). При разработке типологии болот необходимо исходить из их генетического принципа, т. е. учитывать важные стороны биофизических процессов зарождения и развития болотных массивов, обуславливающих их структуру, свойства и современное состояние. Классификации болот, закладываемые в основу легенды карты, могут охватывать также максимум признаков и информации о свойствах болота в выделяе-

мых типах болот. Таким требованиям, как считает К. Е. Иванов *, вполне удовлетворяют ландшафтно-генетические схемы классификации болот. К. Е. Иванов предлагает в разрабатываемых классификациях учитывать также признаки, хорошо отражающиеся на дистанционных фотоматериалах, что дает возможность более широкого практического применения таких классификаций. Вполне вероятно, что такие классификации наиболее приемлемы при построении легенд экологических болотных карт, так как наиболее полно отражают связь структуры болотных ландшафтов и растительного покрова с важнейшими экологическими факторами.

По своему характеру и в большинстве контурной части экологическая торфяная карта близка к болотной карте. Она показывает пространственное размещение торфяных болот (болот, имеющих торфяную залежь, достаточную для разработки), дает представление об особенностях залегания и торфообразования, запасах торфа, типах залежи, геоморфологическом положении, гидрографической системе, т. е. отображает взаимосвязи торфяников с комплексом природных факторов (рельефом, растительностью, гидрографией и т. д.). В основу легенды берется классификация торфов, в которую заложены два ведущих признака: ботаническое происхождение торфа, отражающее в той или иной мере торфообразующие растительные группировки, и его генезис.

Помимо таких частных ландшафтных карт могут создаваться карты, отражающие те или иные особенности ландшафта. Например, может создаваться карта степени устойчивости ландшафтов к кратковременным и переменным антропогенным воздействиям или постоянным нагрузкам и соответственно ландшафтные карты динамики и прогноза, где динамика ландшафтов и предполагаемые изменения будут зафиксированы как следствие одной известной причины.

Геоморфологические карты, входящие в серию экологических карт, по своему содержанию и назначению могут быть представлены картами комплексными (универсальными) и картами частными (специальными), куда входят карты статики, динамики и прогноза. Они отличаются большим разнообразием принципов и методов их составления, в зависимости от назначения и содержания, масштаба карты, но, как правило, показывают различные качественные и количественные показатели рельефа. Хорошо известно, что орографические факторы играют не последнюю роль в формировании среды обитания как растений, так и животных. Они оказывают воздействие как на отдельные растения, так и на растительный покров в целом. С одной стороны, на различных элементах рельефа (вершины, склоны, подножия склонов и т. п.) создаются различные условия существования для растений, тем самым обуславливая приуроченность растительности к определенным типам рельефа. С другой стороны, характер рельефа может

* Иванов К. Е. Водобмен в болотных ландшафтах. Л., Гидрометеониздат, 1975.

оказать влияние далеко за пределами местности, имеющей данный тип рельефа (например, наличие горных цепей).

Комплексные (универсальные) геоморфологические экологические карты должны совокупно отражать морфологию, генезис и возраст рельефа. Констатирующие карты содержат сопряженное изображение геометрических параметров (ровный, холмистый, грядовый и т. п.), возраста, происхождения, историю развития рельефа, количественные показатели (абсолютные и относительные высоты, уклоны поверхности и т. п.) какой-либо территории, т. е. они включают наиболее существенные данные о рельефе земной поверхности, оказывающем влияние на распределение растительных сообществ и на условия существования животного мира.

К комплексным геоморфологическим картам динамики можно отнести карты экзогенных рельефообразующих процессов и собственно динамики рельефа, изображающих происшедшие изменения (динамику) различных характеристик рельефа под действием природных экзогенных или антропогенных факторов. В свою очередь, прогнозные геоморфологические экологические карты в комплексе показывают предполагаемые изменения различных характеристик рельефа под воздействием существующих природных и антропогенных процессов либо планируемых мероприятий.

Кроме комплексных геоморфологических карт существуют различные виды частных (специальных) экологических карт, изображающих отдельные категории рельефа или отдельные его признаки, которые оказывают на фитоценозы и отдельные организмы определенное влияние: морфографические показатели (формы рельефа), морфометрические (высоты, углы наклонов, густота, глубина расчленения и т. п.); различные современные геоморфологические процессы.

Частные экологические геоморфологические карты динамики и прогноза соответственно показывают происшедшие и возможные изменения отдельных категорий рельефа или его признаков, вызванные главным образом антропогенным воздействием. Сюда же относятся карты рельефообразующих процессов (эрозионных и дефляционных), выявляющие влияние внешних факторов на формирование экологической среды. Так как связь растительного покрова с рельефом наиболее четко фиксируется в природе по сравнению с другими компонентами ландшафта, то геоморфологические карты можно отнести к одному из важных звеньев экологических карт, помогающих дифференцировать подразделения растительного покрова, устанавливать условия их существования, а через растительный покров — и условия существования животных организмов.

Создание гидрогеологических карт в серии экологических является бесспорным, так как влияние подземных вод (уровня залегания и их химизма) на распределение отдельных растений и растительных сообществ, а также животного мира оказывается довольно существенным, так как вода представляет один из важнейших экологических факторов, определяющий условия существова-

ния и распределения живых организмов. Эта тесная взаимосвязь растительности с подземными водами широко используется в практике при проведении гидроиндикационных исследований, когда растительность служит показателем глубины залегания и степени минерализации подземных вод [8].

Гидрогеологические карты отображают подземные воды, их происхождение, состав, свойства, закономерности распространения и движения, взаимодействие с горными породами. Они могут быть универсальными, комплексно отражать все эти признаки на единой карте, и частными (специальными), где каждый признак картографируется отдельно. Карты динамики включают изменения совокупности показателей (если карты комплексные) или одного из показателей (если карты частные) за прошедший промежуток времени. Прогнозные карты включают изменения, которые произойдут за определенный промежуток времени.

В серию экологических карт неотъемлемой частью должны входить почвенные экологические карты, так как почва является одним из важнейших экологических факторов, определяющих местообитание всех наземных биоценозов. Растительные сообщества тесно коррелируют с физико-химическими свойствами почв, механическим составом, вследствие чего отмечается наличие глубокой взаимосвязи в формировании и распространении почв и растительности.

Почвенные карты, входящие в серию экологических карт, также представлены картами комплексными (универсальными) и большим разнообразием частных карт, в том числе статичности, динамики и прогноза.

Комплексные констатирующие почвенные экологические карты включают географические закономерности распространения определенных генетических категорий почв (их типов и других генетических подразделений), их особенности и свойства в зависимости от условий почвообразования. На таких картах в виде специальной нагрузки должен отображаться также механический состав почв и почвообразующих пород.

Комплексные карты динамики почвенного покрова показывают происшедшие изменения в почвенном покрове, в его структуре и свойствах за определенный прошедший промежуток времени. Комплексные прогнозные карты должны давать прогноз изменений под действием антропогенных факторов, планируемых мероприятий либо естественного развития почв в свойствах, структуре, особенностях размещения генетических подразделений на определенный заданный период времени.

Кроме комплексных существуют различные виды частных (специальных) экологических почвенных карт, показывающих отдельные признаки и свойства почв. Это могут быть карты: засоления почв, увлажнения, плодородия, состава поверхностных отложений, подстилающих пород, сельскохозяйственной пригодности, почвенно-мелиоративные, почвенно-эрозионные, почвенно-агрохимиче-

ские и др. Соответственно карты динамики и прогноза отражают динамику (изменения за прошедший промежуток времени) и прогноз (изменения, которые будут происходить в будущем) отдельных признаков и свойств почв. Содержание таких частных карт должно полностью соответствовать назначению карты. Так, карты засоления почв могут включать глубину залегания солевого горизонта, засоление почвообразующих пород; либо показывать солепроявление территории [11, 10] с выделением крупных ареалов солончаков, солонцов, солодей и комплекса незасоленных и засоленных почв; либо отражать почвенно-геохимические области, выделяемые в соответствии с их положением в структуре водно-солевого стока; либо изображать почвенно-галогеофизические провинции, что дает представление о мелиоративной обстановке территории. Почвенные карты увлажнения фиксируют режимы увлажнения, определяемые по запасам влаги в корнесобитаемом слое и классифицированные по тем или иным схемам.

Карта плодородия почв представляют один из важных видов частных экологических почвенных карт, где картографически отражена различная способность почвы обеспечивать существование и воспроизводство живущих на ней организмов водой и питательными веществами и другими необходимыми условиями. Они могут показывать естественное (потенциальное) плодородие почвы, определяющееся природными запасами в почве питательных веществ и естественным водно-воздушным и тепловым режимами, и эффективное (действительное) плодородие, обусловленное воздействием общественного производства, т. е. влиянием обработки, мелиорации, внесением удобрений и т. п.

Карта состава поверхностных отложений дает представление о пространственном размещении и механическом составе почвенных горизонтов, его мощности. Карта подстилающих пород — о пространственном размещении и характере подстилающих пород, что имеет также немаловажное значение, так как в ряде случаев различия в подстилающей породе обуславливают различия в условиях существования некоторых растительных сообществ.

Экологическая роль почвы, как важнейшего компонента агроценозов, может быть показана на карте сельскохозяйственной пригодности почв, на которой отображается дифференциация территории на те или иные виды угодий, пригодные по своим почвенным свойствам под определенный вид использования в сельском хозяйстве.

Частная почвенно-мелиоративная карта дает дополнительную информацию о мелиоративных особенностях почв, на ней могут быть такие показатели, как влагопроводимость почв, полная влагоемкость, фильтрующая способность, водопроницаемость и т. п. На почвенно-эрозионной карте выделяется степень эродированности почв, эрозионно-опасные территории и т. п. Почвенно-агрохимическая карта дает представление об элементах питания растений, содержании микроэлементов и других условиях для развития растений.

Таким образом, почвенные экологические карты можно широко использовать для решения проблем как сельскохозяйственного использования земель, так и преобразования, рационального использования и охраны почвенного покрова.

К группе геоботанических экологических карт из всего многообразия тематических ботанических карт можно отнести только карты фитоценотические (узкогеоботанические), показывающие распространение растительных сообществ, и карты типов растительности (собственно геоботанические), отражающие общегеографические закономерности распределения растительного покрова и те изменения, которым он подвергался под влиянием деятельности человека и других природных факторов. Геоботанические карты являются картами типологическими, генерализация растительности на них в геоботаническом отношении проводится с учетом связи со средой. В зависимости от целевого их назначения и принципов их построения они могут быть комплексными и частными. Комплексные (универсальные) геоботанические карты, кроме отражения общих закономерностей распределения растительного покрова по земной поверхности, должны показывать также его экологические связи с отдельными физико-географическими факторами или всей их совокупностью. Эти карты путем совмещенного показа могут одновременно содержать сведения о современном и восстановленном растительном покрове. Такие экологические карты необходимы для решения вопросов, связанных с современным использованием территории, оценки экологических условий, перспективного планирования и рационального использования природных ресурсов. Не исключается и создание экологических геоботанических карт двух видов: современного растительного покрова, отражающих современный растительный покров и его состояние, и восстановленного растительного покрова, характеризующих коренной растительный покров.

Комплексные геоботанические экологические карты включают карты констатирующие, динамики и прогнозные. Констатирующие комплексные геоботанические карты фиксируют растительный покров и современное его состояние в зависимости от сложившихся экологических условий. Карты динамики растительности — все изменения и динамические тенденции в составе и структуре растительного покрова, происшедшие в результате естественных смен растительности и влияния человека или только антропогенных воздействий. Прогнозные экологические геоботанические карты должны отражать направление, в котором будет происходить естественное развитие растительности при изменении экологических условий в целом или отдельных природных факторов, или развитие растительного покрова при изменении характера использования территории, т. е. в результате хозяйственных преобразований.

Частные (специальные) геоботанические экологические карты в отличие от комплексных показывают лишь отдельные категории растительного покрова (лесную, болотную, луговую раститель-

ность и т. п.), систематизированные по каким-либо частным признакам. Такие карты можно интерпретировать с точки зрения хозяйственной значимости, они обычно имеют прикладной характер. Группировка растительных сообществ на них производится главным образом по хозяйственным показателям с учетом фитоценотической близости.

Среди частных (специальных) геоботанических экологических карт в зависимости от направления их использования можно выделить несколько типов: лесные, луговые, болотные (растительности болот и заболоченных земель).

Лесные экологические карты дают представление о пространственном размещении лесной растительности и месте ее обитания на определенной территории. Они имеют типологическую направленность и, как правило, строятся на качественной оценке явлений, например, карты лесов по породам или типам леса*, группам типов лесных биогеоценозов**, хотя не исключено, что те и другие карты могут содержать также и количественную оценку изображаемых явлений, т. е. в какой-то степени отвечать ресурсному и оценочному направлению. Так, карта лесов может отображать качественные характеристики: преобладающую лесобразующую породу, сопутствующие породы, группы возраста (молодые, средневозрастные, приспевающие, спелые, перестойные насаждения), не покрытые лесом земли (редины, гари, вырубки, погибшие насаждения), нелесные земли (сельскохозяйственные угодья, болота, воды, пески, гольцы и т. п.), и количественные показатели: группы полнот насаждений, запасов древесины на 1 га, показатель лесистости. Полнота насаждений в данном случае определяет не только лесохозяйственную значимость насаждений, но и в какой-то степени условия местообитания тех или иных животных. Показатель лесистости (% лесных площадей к общей площади) определяет меру и направление хозяйственного использования лесов, с одной стороны, с другой же стороны — служит критерием для поддержания экологического равновесия в природе (оптимальных климатических, гидрологических и гидрогеологических условий).

Карта типов леса дает представление о лесорастительных условиях, она показывает пространственное размещение групп типов лесных биогеоценозов. Одна группа объединяет типы коренных и соответствующие каждому из них типы производных биогеоценозов, сходных по условиям произрастания, направленности почвообразования, специфическим процессам, составу, структуре и продуктивности лесных сообществ.

Экологические луговые карты являются одним из частных видов геоботанической карты, на ней отображаются типы пастбищ как группы растительных ассоциаций или их комплексы приуроченно-

* Сукачев В. Н. Дендрология с основами лесной геоботаники. Л., Гослесхозиздат, 1938.

** Орлов А. Я., Кошельков С. П., Осипов В. В., Соколов А. А. Типы лесных биогеоценозов южной тайги. М., Наука, 1974.

сти к определенным экологическим условиям. Они должны отражать те структурные, биологические и экологические характеристики луговой растительности, которые имеют важное значение с точки зрения ее кормового использования для домашних и диких животных. В отличие от ресурсных карт, на них не указывается хозяйственная направленность пастбищ и не обязательно давать производственную урожайность различных типов пастбищ (в ц/га). Хотя введенный в легенду экологической луговой карты такой показатель, как продукция луговых сообществ (масса органического вещества, созданная в единицу времени на единицу площади), может служить интегральным показателем эффективности использования среды луговыми растениями, что даст возможность прогнозировать условия произрастания, так как способность растений изменять условия произрастания тесно связана со степенью использования ими среды.

Задача индикационных экологических карт выявить и показать специфические индикационные связи растительности с отдельными факторами среды или явлениями природы. Растительный покров выступает как индикатор условий среды. Такие карты используются для того, чтобы в дальнейшем по растительности проводить исследования тех или иных условий среды (почв, материнских пород, подземных вод и т. п.) и установить отдельные ее факторы. Такие карты обычно составляются методом интерпретации геоботанических карт, т. е. для их создания необходимо сначала провести геоботаническое картографирование с последующей интерпретацией геоботанической карты в индикационную на основе «индикационной схемы» (таблицы), в которой перечислены индикаторы и указано их индикационное значение. Они могут отражать связь растительности с несколькими факторами среды либо с отдельными элементами природного комплекса (почвами, грунтовыми водами), в этом случае осуществляется совмещенный показ растительности и определенных элементов природного комплекса. Значение таких карт чисто прикладное. Например, для экологической оценки земель создаются почвенно-геоботанические карты, для оценки условий увлажнения и водного режима — гидроиндикационные карты и т. п.

Геоботанические карты, как комплексные, так и частные, легко могут быть трансформированы в карты условий местообитаний различных видов животных, так как растительный покров является одним из главных условий расселения многих видов животных и существенным звеном в общей пищевой цепи.

Частные геоботанические карты динамики фиксируют изменения свойств и структуры отдельных категорий растительного покрова под влиянием деятельности человека или естественных причин, которые имели место на данной территории за определенный прошедший промежуток времени.

Прогнозные карты дают представление о предполагаемых изменениях в элементах и структуре естественных категорий растительного покрова (лесов, болот, лугов) в результате естественных

или искусственно вызванных преобразований того или иного компонента физико-географической среды, включая и целенаправленные изменения природных комплексов. Например, наиболее радикальными средствами воздействия человека на растительный покров болот и установившихся процессов торфонакопления являются изменение водно-теплового режима при осушении и искусственном его регулировании; изменение естественных условий стекания вод с болот и нарушение водного баланса заболоченных территорий при проведении таких мероприятий, как расчистка речных русел — водоприемников болотных вод, создание водохранилищ и гидротехнических сооружений на речных системах, освоение окружающих болота территорий. Подобные воздействия могут сказываться благоприятно на природных ресурсах данной территории или же приводить к неблагоприятным отрицательным последствиям, связанным с разрушением организации системы в целом. Задача прогнозных карт выявить и показать такие количественные и качественные характеристики, которые позволили бы судить о возникновении неустойчивых состояний и необратимых изменений в растительном покрове тех или иных систем. По прогнозным картам разрабатываются мероприятия по определению пределов воздействия природных и антропогенных факторов, которые влияют на состояние системы, чтобы не допустить переход ее в неустойчивое состояние. Факторы воздействия должны иметь такие пределы, чтобы какая-то определенная система имела лишь обратимые изменения и оставалась бы устойчивой. Только в этом случае может быть достигнуто рациональное природопользование с поддержанием экологического равновесия в природе.

Вся серия экологических карт, выполненных на единой картографической основе и взаимосвязанных между собой в контурной и содержательной части, является важнейшим картографическим документом, где содержатся сведения об условиях среды существования живых организмов, в том числе и человека, ее динамике и возможных изменениях. Такие сведения необходимы прежде всего при планировании рационального природопользования, направленного на поддержание экологического равновесия природной среды.

§ 3. Ландшафтное картографирование для оценки экологических условий

Ландшафтное экологическое картографирование занимает центральное место в сериях тематических карт, направленных на инвентаризацию и оценку природных ресурсов. Однако следует отметить, что не все оценки окружающей среды возможно осуществить на основе ландшафтного подхода, поэтому А. Г. Исаченко [16] ограничивает оценки, производимые на основании изучения и картографирования ландшафта, лишь двумя основными целями: во-первых, для наиболее рационального выбора хозяйственного освоения территории и определения его очередности и, во-вторых, для

выбора оптимальных условий жизни людей. Генеральная цель ландшафтно-экологических исследований — оптимизация взаимоотношений человека и природной среды — может найти выражение в качественных оценках окружающей среды на ландшафтно-оценочных картах.

Ландшафтное картографирование, несмотря на всемирно признанное значение этих карт, начало осуществляться сравнительно недавно и до сих пор не проводится в системе создания общегосударственных карт. Такое положение привело к тому, что составляемые ландшафтные карты имеют различные принципы построения легенд, характеризуются различными нагрузками на карту по характеристике выделяемых таксономических единиц, детальности их выделения и т. д.

Карты оценки природных условий за последние 20 лет широко вошли в практику работ по тематическому картографированию, особенно в связи с разработкой и реализацией программ региональных атласов. Большое внимание как в Советском Союзе, так и за рубежом, например в Канаде, Соединенных Штатах Америки, Франции, ГДР, уделяется созданию карт оценки земельных и растительных природных ресурсов, согласно стоящим первоочередным задачам жизнеобеспечения. Но комплексных карт оценки всех экологических условий, что может дать ландшафтная карта, пока еще очень мало. Наибольшее значение имеют в этом отношении работы А. Г. Исаченко [15, 16], обосновывающие прикладные аспекты ландшафтоведения и ландшафтных карт.

Несмотря на то что оценка окружающей среды может быть проведена с различных точек зрения, она производится всегда с позиций человека, как потребителя тех или иных природных ресурсов. В то же время оценка окружающей среды, в том числе природных ресурсов, предполагает всестороннее изучение и анализ природно-территориальных комплексов в их взаимодействии друг с другом с точки зрения оптимизации жизнедеятельности людей.

В связи с тем, что оценка окружающей среды является необходимым звеном для построения экологического прогноза, карты оценки геосистем должны входить в единую серию экологических карт, направленную на обеспечение мероприятий по рациональному использованию и охране окружающей среды. Опыт разработки методики картографического обеспечения этих мероприятий показал, что для обеспечения требований экологического прогноза и перспективного планирования необходимо составлять взаимосвязанные серии карт, в состав которых в качестве основных должны входить: ландшафтные карты, отражающие основные природные закономерности территории, раскрывающие экологические взаимосвязи; инвентаризационные карты современного состояния экологических условий, включающие элементы их оценки; карты динамики природной среды, в том числе карты антропогенной изменчивости экологических условий или карты антропогенных ландшафтов; наконец, прогнозныи и рекомендательные карты. Такие карты могут быть составлены также для отдельных компонентов или

элементов природы, но более полное представление о геосистеме в целом могут дать только комплексные карты, карты ландшафтов, отражающие природные компоненты в их взаимосвязях и взаимозависимостях.

Такое картографирование осуществимо в рамках прикладных ландшафтных исследований. Значение прикладных ландшафтных исследований особенно велико в области создания картографических произведений, раскрывающих экологические региональные особенности геосистем, их современное состояние и прогноз возможных изменений при том или ином воздействии человека. Эти прикладные ландшафтные исследования включают: 1) инвентаризацию природно-территориальных комплексов, т. е. их выявление, картографирование и описание; 2) их группировку с точки зрения использования человека в его жизнедеятельности; 3) разработку рекомендаций по рациональному использованию природных ресурсов или их охране от непроизводительных расходов и загрязнению для планирования мероприятий по оптимизации окружающей среды, затрагивающих структуру ландшафтов или отдельных его компонентов [15, 16]. Такие рекомендации могут базироваться только на всестороннем изучении ландшафта, оценке его состояния и тенденций его видоизменения.

При картографическом отражении установленных закономерностей карта выступает не только как инструмент исследования, но, главное, как наиболее информативная и лаконичная форма изложения полученных результатов.

Опыт показывает, что мероприятия по охране экологических систем требуют включения в содержание экологических карт социально-экономической информации. Это позволяет не только выявить отношения между социально-экономическими категориями экологическими факторами среды, но понять и правильно оценить эти отношения. При рассмотрении отдельных карт подобного содержания, выполненных для отдельных районов, обращает на себя внимание то, что чаще всего использование результатов природно-тематического комплексного или специального картографирования не осуществляется в полной мере из-за нечеткой формулировки задач и требований потребителей карт. В этой связи встает вопрос о расширении междисциплинарных, межведомственных исследований, повышающих экологическую информативность систем карт природных условий и ресурсов. Различные сопряженные группы картографических показателей взаимодополняют и взаимосвязывают самые различные направления прикладных исследований в изучаемых территориях в рамках тех или иных ландшафтов.

Так, благодаря наличию в серии сопряженных экологических карт (геологической, ландшафтной, геоморфологической, почвенной, растительности и др.) можно выполнить ландшафтно-функциональный экологический анализ и синтез в заданном направлении и получить новую экологическую карту на территорию исследований, например, по сумме данных, полученных с таких карт Львовскую область, была построена социально-экологическая карта

[4]. Основную информацию карты составляют сведения о рельефе, растительном покрове, инженерно-геологических экзогенных процессах, дополненные социально-экономическими данными. Разработана система оценки выделяемых на карте контуров по пятибалльной шкале, учитывающей степень антропогенной перестройки ландшафта, нагрузки на отдельные компоненты, устойчивость к внешним факторам воздействия, способность к естественному восстановлению и ее роль в природе. Все картографируемые единицы сгруппированы в эколого-физиономические группы.

Отмечаемая в настоящее время высокая экологическая насыщенность карт растительности, по мнению А. В. Кюхлера [21], ставит знак равенства между картами растительности и картами экосистем, причем растительность рассматривается как интегральное выражение экологических условий ландшафта.

В связи с этим практически оказываются необходимыми карты, отражающие внутри- и межландшафтные взаимосвязи, позволяющие судить о закономерностях распределения и динамике отдельных компонентов ландшафта, о структуре ландшафта, как сложной геосистеме. Такие карты необходимы для обоснования и оценки экологических условий при географическом прогнозе, для правильного планирования мероприятий по рациональному использованию и охране природных ресурсов. Так для географического прогноза ландшафтная карта должна: 1) реализовать принцип комплексности на основе многоступенчатого подразделения и выявления структурных начал организации природной среды, что предполагает не аналитическую (покомпонентную), а синтетическую форму обобщения; 2) осуществлять показ динамического состояния геосистем (коренных, мнимокоренных, спонтанных, антропогенных); 3) содержать повышенную информационную емкость.

Ландшафтные карты, построенные подобным образом, должны быть центральными в серии тематических карт географо-экологического содержания. Такой подход к составляемым сериям тематических карт осуществлен, например, сотрудниками Московского университета под руководством К. А. Салищева при разработке атласов Кустанайской области, Целинного края и др. По разработанной В. А. Николаевым методике на основании ландшафтной съемки составлены карты, контурная нагрузка которых являлась основной базой для различных покомпонентных карт. При составлении легенды к такой карте использовалась таксономическая классификация, строящаяся по принципу «от общего к частному» [24]. Для пустынных регионов еще ранее аналогичная классификация была предложена М. П. Петровым [25], которая практически была опробована при построении обзорных ландшафтных карт пустынь Африки и Аравии [9].

Такой подход к построению ландшафтной карты оказался наиболее целесообразным при использовании материалов космической фотографии. Как показывают многочисленные исследования, космические снимки представляют наиболее легко читаемую ин-

формацию именно в области морфоструктурного строения земной поверхности, благодаря оптической генерализации рисунков фотографий изображения. Особенности фотоизображения космических снимков позволяют подойти к построению ландшафтной карты «сверху—вниз». Так, на первом этапе выделяются морфоструктурные типы ландшафтов, приуроченных к определенным морфоструктурам высшего порядка (элементам мегарельефа), с учетом природной зональности (горизонтальной в равнинных областях, вертикальной — в горах). Дальнейшее подразделение ландшафтов может быть осуществлено на основе выделения морфоструктур второго порядка (по морфогенетическим подразделениям макрорельефа, хорошо читаемого по космическим снимкам) с учетом лито-эдафических условий. Наконец, выделение типов ландшафтов и их структурных подразделений осуществляются на основе анализа фототона и определенных рисунков фотографий.

Ландшафтная карта, построенная по таким принципам, служит базой для оценки и построения частных карт экологических условий и межландшафтные связи природных компонентов и дает представление об условиях жизнедеятельности людей.

Использование космической фотографии дает возможность представить представление также и о современном состоянии природных ресурсов, так как на космических фотоматериалах отражение геосистемы со всеми последствиями, вызванными деятельностью людей. Составляемые по этим материалам современные (антропогенные) ландшафты содержат характеристику современного использования природных ресурсов и их антропогенных изменений. При экспериментальном использовании космической информации для составления ландшафтно-оценочных карт для рационального использования и охраны окружающей среды используются космическая информация определяет системный подход к составляемым картам антропогенных ландшафтов.

Помимо отмеченных ранее особенностей составления ландшафтных карт по космическим фотоматериалам, выражающихся в выделении картографируемых единиц «от общего к частному», эти материалы определяют значительно более точную и объективную картину современного состояния геосистем (карты антропогенных ландшафтов) по космическим фотоматериалам. Эти положения подтверждаются экспериментальными работами, выполненными в различных физико-географических регионах страны, различающихся также по характеру хозяйственного использования, т. е. по величине и направленности антропогенного воздействия.

Так, например, для одного из аридных районов, охватывающего пустынные пастбища и оазисы с орошаемыми землями, по космическим фотоматериалам составлена серия карт, отражающих природные условия территории, их современное состояние и оценку антропогенного воздействия. Ландшафтная карта, построенная с учетом структурно-тектонического строения территории и его отражения в рельефе, послужила основой для составления карт грунтовых вод, растительности, почвенного покрова. Сравнение ландшафтной карты природных условий (природного потенциала) с современным состоянием природно-территориальных комплексов, которые устанавливались по космическим фотоматериалам, позволило составить карту антропогенной перестройки ландшафтов. На

Анализ (сопоставление) ландшафтной карты и карты современного состояния природно-территориальных комплексов (ПТ)

этой карте выделены антропогенно-измененные и нарушенные участки с указанием степени изменения компонентов ландшафта. На основе такой карты с помощью космических фотоматериалов были проанализированы и оценены антропогенные изменения отдельных компонентов ландшафта. Так, карта грунтовых вод была дополнена картой антропогенных изменений гидрогеологических условий, на которой выделены изменения уровня грунтовых вод их минерализации, вызванные эксплуатацией подземных вод влиянием вод, поступающих с орошаемых земель, показаны участки опреснения или засоления грунтовых вод с качественными характеристиками этих изменений. На карте выделены обширные локальные изменения гидрогеологических условий с подразделением по силе (слабые, сильные, очень сильные). Аналогично был проанализирована карта растительности, что дало основание для составления оценочной карты антропогенного нарушения и изменения растительного покрова. На этой карте выделены: целенаправленные изменения и замена естественной растительности на культурную; случайные изменения и нарушения естественных растительных сообществ, обусловленные его эксплуатацией; побочные изменения и нарушения растительности, не связанные с ее использованием, а вызванные различными техногенными причинами.

Такие качественные оценки современного состояния ландшафта и его компонентов, выполненные с учетом ландшафтной приуроченности установленных антропогенных воздействий, позволили составить карту рекомендуемых мероприятий по охране и рациональному использованию природных ресурсов. Приведенные на карте рекомендации учитывали возможные изменения природной среды в связи с дальнейшим хозяйственным развитием территории.

Использование ландшафтной карты и карт современного состояния природной среды позволило избежать взаимоконфликтных рекомендаций, подойти к исследуемой территории комплексно с учетом дальнейших направлений хозяйственного использования территории.

Однажды выполненные комплексные (универсальные) ландшафтные карты могут в дальнейшем обновляться по мере накопления информации о произошедших изменениях, примерно раз 15—20 лет; карты оперативные, отражающие текущие изменения и обосновывающие разработку прогнозов возможных изменений окружающей среды, должны периодически пересоставляться. Период пересоставления таких карт состояния окружающей среды должен определяться в зависимости от локальных условий антропогенного воздействия.

Применение для составления ландшафтно-оценочных карт окружающей среды космических фотоматериалов позволяет привлечь для пересоставления карт машинные методы обработки снимков, т. е. автоматизированное считывание информации о произошедших изменениях на основе сравнительного анализа разновременной космической фотосъемки (гл. 3).

Проведенные эксперименты способствовали разработке методики составления универсальных ландшафтных и ландшафтно-оценочных карт современного состояния окружающей среды на основе дешифрирования космических фотоматериалов и методики экспрессного анализа происшедших за определенный промежуток времени изменений. Такая последовательность и оперативность работ определяют возможность осуществления геосистемного мониторинга окружающей среды, направленного на оптимизацию природопользования. Для осуществления такого геосистемного мониторинга необходимо широкое внедрение в практику работ географов-картографов дистанционных методов, в первую очередь космических фотоматериалов.

ГЛАВА 2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

§ 4. Анализ экологической информативности различных материалов космической фотосъемки

В настоящее время на территорию Советского Союза неоднократно производили космические съемки. Наряду со снимками в широком спектральном диапазоне, целый ряд районов страны обеспечен многозональной информацией. Широкий ассортимент космических снимков и материалов их первичной обработки — по видам, масштабам, спектральным диапазонам — позволяет осуществлять целенаправленный ее отбор при картографировании отдельных аспектов состояний и условий природной среды. Существующая космическая информация дает возможность использовать ее как для составления картографических фотооснов, так и для создания тематических экологических карт различного содержания. Этому способствует возможность промежуточного трансформирования масштабов космических снимков, увеличивая их до 5—8 раз без ощутимых потерь качества. Благодаря этому становится возможным выполнение составительских работ с использованием космических снимков исходно более мелких масштабов, чем заданный масштаб составляемой карты.

Для наиболее полного и всестороннего анализа экологических условий, как показывает опыт проведенных исследований, целесообразно использовать комплекс материалов космической съемки: разномасштабные, разновременные, разноспектральные фотоснимки и материалы их первичной обработки (увеличенные отпечатки, фотопланы и др.).

Современная космическая фотоинформация отвечает многим требованиям экологического изучения и картографирования территории. Она обеспечивает изучение больших площадей, состояние которых зафиксировано практически на единый момент времени;

Таблица 4

Области применения космической съемки при составлении экологических карт

| Вид съемки | Спектральный диапазон, нм | Основной интерпретируемый объект при составлении экологических карт |
|---------------------------------|---------------------------|--|
| Черно-белая в широком диапазоне | 460—740 | Растительность, почвы, грунты, геоморфологические объекты, подземные и поверхностные воды, ландшафты |
| Многозональная | 460—580 | Подводная растительность, почвы, грунты |
| | 580—680 | Геоморфологические объекты, почвы, горные породы, дороги, населенные пункты |
| | 700—890 | Гидрография, увлажненность, растительность почвы |
| Спектральная зональная | 580—810 | Растительность, почвы, ландшафты |
| Цветная | 450—700 | Растительность, почвы, ландшафты |

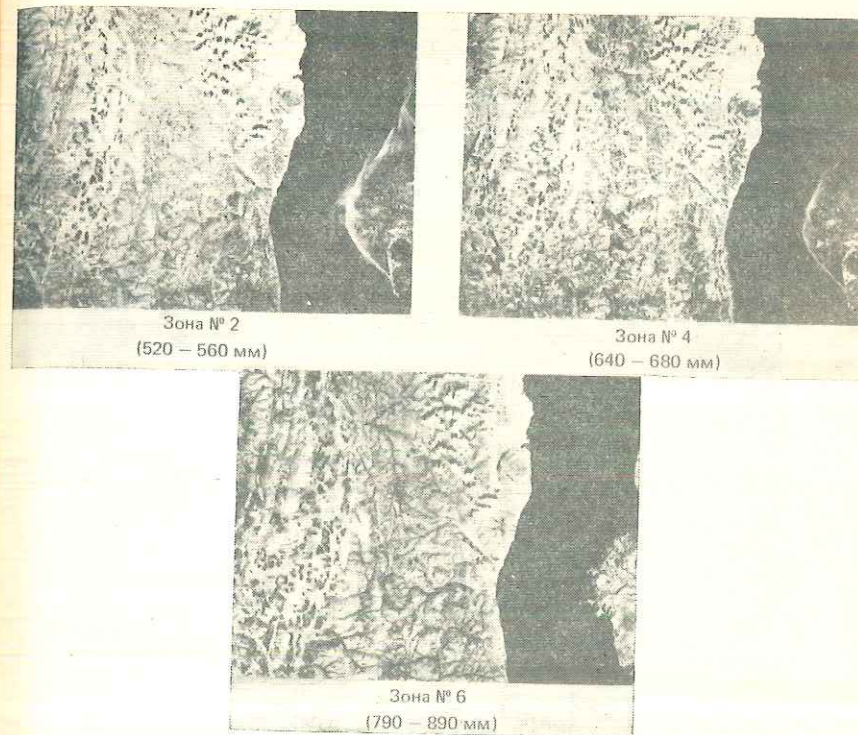


Рис. 2. Многозональные снимки, полученные камерой МКФ-6

выявление экологических условий в их взаимосвязи и взаимовлиянии друг на друга, что позволяет рассматривать среду обитания человека, растений и животных как единую систему.

Достаточно полно требованиям экологического картографирования удовлетворяют многозональные съемки, имеющие различные спектральные диапазоны (табл. 4).

В зависимости от задач исследования могут использоваться фотоснимки, выполненные в более узких зонах спектра (рис. 2) например 460—500, 520—560, 580—620, 640—680 нм и др., или четырех зонах электромагнитного спектра: синей — 400—500, зеленой — 500—600, красной — 600—700, ближней инфракрасной — 700—900 нм.

Наиболее информативными при экологическом картографировании, по нашим наблюдениям, являются черно-белые снимки (рис. 3), выполненные в зонах 460—740 или 600—700 нм, и цветные синтезированные изображения, которые могут быть получены по зональным негативам 2—4-х зон электромагнитного спектра помощью многоканального синтезирующего проектора. На таких изображениях одновременно может быть представлена информация, содержащаяся на исходных черно-белых снимках, выполненных в разных зонах спектра (рис. 4). Необходимость наилучшего выделения того или иного природного объекта, процесса или явления природной среды достигается подбором соответствующих цветных фильтров. Таким образом, многозональная космическая

съемка дает возможность получать разнообразные негативы и отпечатки с них как в нескольких диапазонах электромагнитного спектра в черно-белом изображении, так и в их комбинациях в виде цветных синтезированных изображений, которые могут иметь разный масштаб, разную степень обзорности, генерализации, а следовательно, и информативности. Различия в спектральных яркостях природных образований представляются на синтезированном изображении различными цветовыми тонами, при этом происходит утрирование контрастов объектов, слабо заметных на зональных черно-белых фотоснимках, за счет цветовой гаммы увеличивается число визуально различимых объектов. Использование различных вариантов синтеза исходных зональных снимков позволяет наилучшим образом осуществить цветовое кодирование для выделения объектов исследования, тем самым повысить информативность фотоснимка и существенно облегчить дешифрирование.

Для характеристики специфических экологических условий, таких как степень увлажнения территории, засоленность и т. п., могут использоваться снимки, полученные путем оптико-электронного квантования по определенным уровням оптических плотностей с цветовым (условным) кодированием этих уровней (рис. 5).

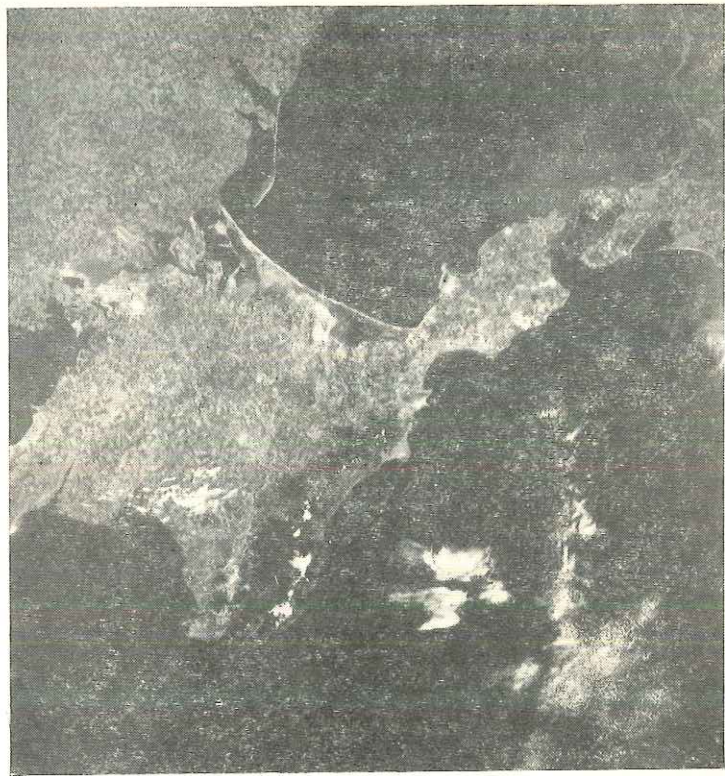


Рис. 3. Черно-белый космический снимок, полученный камерой КАТЭ-140. Крымский полуостров

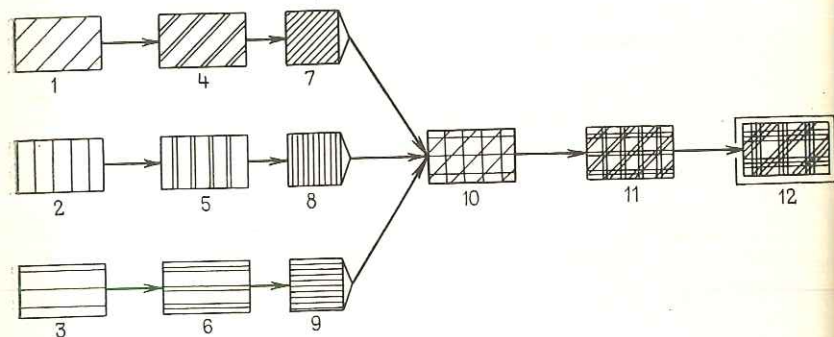
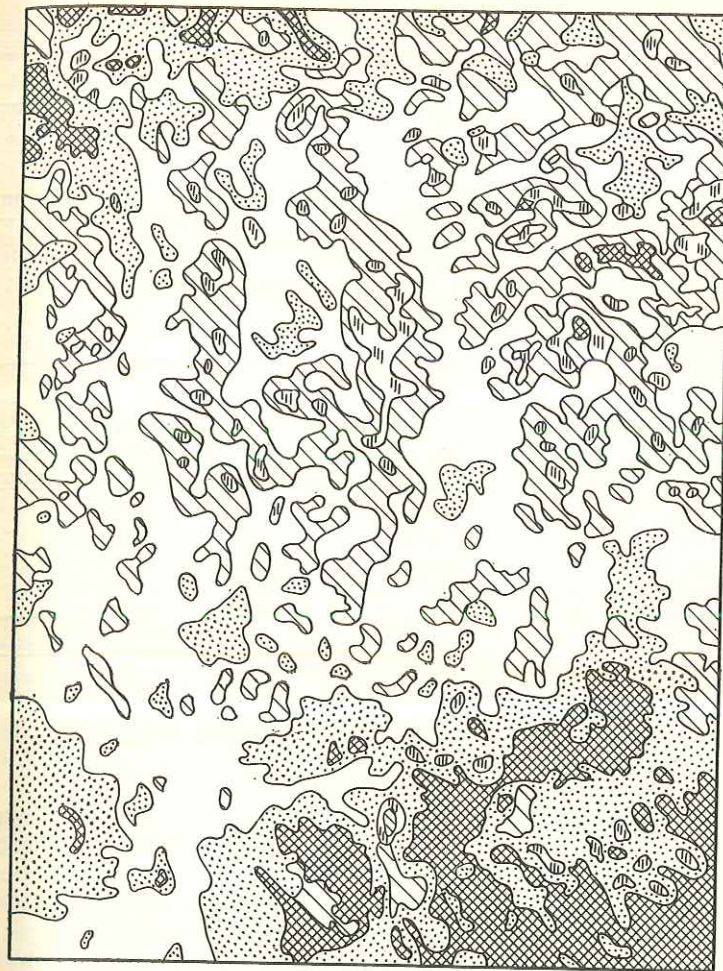


Рис. 4. Схема получения синтезированных изображений, полученных путем оптического синтеза по трем исходным черно-белым негативам многозональной съемки камерой МКФ-6. Стандартный вариант синтеза:

1-3 — исходные негативы, полученные по каналам камеры МКФ-6 (в зонах электромагнитного спектра, мкм): 1 — 1-й или 2-й (0,46—0,5 или 0,52—0,56); 2 — 3-й или 4-й (0,58—0,62 или 0,64—0,68); 3 — 6-й (0,79—0,89); 4-5 — преобразованные равноконтрастные дуликатыв тем же каналам: 4 — 1-й или 2-й; 5 — 3-й или 4-й; 6 — 6-й; 7-9 — цвет фильтра: 7 — синий; 8 — зеленый; 9 — красный; 10 — синтезированное изображение на экране проектора визуального анализа; 11 — синтезированный негатив на фотоэмульсии; 12 — цветной синтезированный снимок на фотобумаге



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Рис. 5. Схема интерпретации дискретного цветокодированного изображения Юго-Западного Прикаспия:

1 — желто-оранжевый тон: возвышенные сухие песчаные местообитания с псаммофильной растительностью; 2 — желтовато-зеленый тон: супесчано-суглинистая равнина с полыньными сообществами; 3 — зеленый тон: суглинистая равнина солонцовая с полынно-солянковыми сообществами; 4 — светлый, почти белый тон с ярко-синей каймой: солончаки с поясными комплексами сочных солянок; 5 — темно-коричневый тон: переувлажненные местообитания и открытая водная поверхность, местами с тростниковыми и камышовыми группировками

Информативность материалов космической фотосъемки обычно определяется количественными характеристиками их информационных возможностей [23], конечным, итоговым критерием оценки которых является масштаб, позволяющий определить возможность решения картографических задач и более точно величина разрешающей способности на местности, по которой оценивается вероятность опознавания необходимых объектов по материалам фото-

съемки. Чем выше разрешение на местности, тем вероятнее опознавание на космических снимках искомым природных и антропогенных объектов. Численные значения критерия разрешения на местности определяются по материалам фотосъемки и расчетным путем. Численные значения критерия вероятности опознания определяются путем экспериментального дешифрирования, последующего анализа и статистической обработки результатов дешифрирования [23].

Возможности отображения природных объектов на космических фотоснимках зависят от ряда факторов: оптических свойств фотографируемых объектов, высоты и масштаба съемки, типа фотографического аппарата, типа пленки и светофильтра, а также времени суток и состояния атмосферы во время съемки, способов и стабильности обработки съемочных материалов. Но потеря информации происходит также при изготовлении производных материалов космических съемок (дубль-негативов, дубль-позитивов, контактных отпечатков на глянцевых или матовых бумагах), еще значительней — при изготовлении увеличенных фотоснимков и копий с фотопланов. Все это необходимо учитывать при работе с космическими фотоматериалами.

На разных этапах изучения природной среды и создания экологических карт могут использоваться различные материалы космической фотосъемки. Каждый из этих документов является объективным отражением участка земной поверхности, его состояния в момент съемки. Материалы космических съемок фиксируют такие природные объекты, явления и процессы, сведения о которых пока не удалось получить другими способами, в том числе и аэрофото съемкой.

Для целей комплексного картографирования экологических условий природной среды и ее динамики обычно используются исходные космические фотоснимки, а также разномасштабно увеличенные (черно-белые, полученные либо в широком диапазоне электромагнитного спектра, либо в одной из узких зон видимого спектра; цветные, обладающие цветопередачей, близкой к естественной; цветные спектральнональные и синтезированные изображения, выполненные в условных цветах). При составлении карт необходимы фотосхемы и фотопланы.

На практике преимущественно применяются черно-белые фотоснимки, на которых возможно опознать все объекты или индикаторы, необходимые для составления экологических карт. Для дешифрирования некоторых экологических характеристик специфических экологических условий лучше использовать зональные синтезированные изображения многозональных космических фотосъемок и целесообразно дополнительно иметь цветокодированные изображения, полученные путем преобразований на оптическо-электронной аппаратуре.

Набор снимков одного и того же участка местности, полученных синхронно в разных зонах электромагнитного спектра, дает комплексную характеристику местности и позволяет получить до-

стоверную и детальную информацию о природной среде не только о ее физиономичных объектах, но и скрытых компонентах ландшафта. При картографировании следует учитывать, что каждый уровень генерализации, так же как и каждая спектральная зона, несет определенную информацию о природной среде и, следовательно, характеризуется различной информативностью.

На экологических картах, создаваемых с использованием космической фотоинформации, должен быть отображен комплекс экологических (природных) условий, поэтому дешифрирование космической фотоинформации направлено на выявление и оценку различных природных объектов (растительности, ландшафтов, рельефа, почв, грунтовых вод и др.), сведения о которых наиболее полно и достоверно могут быть получены, если используются фотоматериалы достаточной информативности для проведения соответствующих исследований. Следовательно, до начала работ по картографированию необходимо знать, какая космическая фотоинформация наиболее информативна для решения поставленных задач.

Анализом информационных возможностей различных видов космической фотоинформации занимались многие исследователи, что дало возможность выявить связь между природными объектами и их фотоизображением, лежащим в основе дешифрирования, и установить наиболее информативные космические фотоматериалы для решения определенных тематических задач.

Анализ информативности многозональных фотоснимков, проведенный в связи с комплексным изучением и картографированием природных ресурсов и динамики природной среды, показал, что при общей оценке информативности снимка ни одной зоне электромагнитного спектра в целом нельзя отдать предпочтение, но при решении конкретных задач, например при оценке степени различий морфологических элементов ландшафта, уточнении гидрографических объектов, определении характера, строения и состояния растительного покрова, выделении характерных типов, видов и разновидностей почв и т. п., прослеживается явное преимущество тех или иных спектральных зон. Причем информативность фотоснимков, выполненных в разных зонах спектра, изменяется не только в зависимости от решаемой задачи, но также от района и сезона съемки. И только набор фотоснимков одного и того же участка местности, полученных одновременно в разные сезоны и в различных зонах спектра, может дать многостороннюю характеристику природной среды. Так как каждому типу ландшафта в пределах определенной географической зоны свойственны свои взаимосвязи и закономерности, то и признаки дешифрирования природных объектов будут иметь местный характер. Следовательно, и требования к космической информации локальны. Например, для ландшафтных исследований в лесной зоне предпочтительно использовать фотоснимки, полученные летом в зоне 600—700 нм; для уточнения морфологического сложения некоторых ландшафтов — снимки, выполненные в зоне спектра 500—600 нм, для уточнения

гидрографических объектов — снимки в зоне спектра 700—800 нм. Для ландшафтных исследований в полупустыне наиболее информативными спектральными зонами являются 640—740, 580—620, 520—620 нм.

При геоморфологических исследованиях могут использоваться фотоснимки разных зон. Так как возможности изучения различных типов рельефа на каждом из них неоднозначны, то выделение геоморфологических объектов основывается на использовании всей системы дешифровочных признаков. Для картографирования рельефа в полупустыне наиболее информативны снимки в спектральной зоне 580—680 нм, полученные при съемке осенью, а в сухой степи — летом; в полупустыне летние снимки лучше в зоне спектра 520—560 нм. Это еще раз подтверждает, что информативность фотоснимков, полученных в разных зонах спектра, определяется, наряду со многими факторами, также природными условиями и сезоном съемки.

Литологические разности коренных и четвертичных отложений лучше отражаются в зоне спектра 520—560 нм; рыхлые четвертичные отложения — в зоне 500—600 нм.

Древесный растительный покров довольно хорошо виден на всех видах космической фотоинформации, в залесенных районах им непосредственно формируется космическое фотоизображение. Растительный покров в первую очередь реагирует на изменения условий среды обитания, на изменения экологических условий, что находит отражение в его состоянии и структуре, а следовательно, и в отражательной способности. При улучшении условий произрастания цвет крон деревьев становится более насыщенным и зеленым и их отражательная способность понижается, а при ухудшении условий произрастания, наоборот, отражательная способность повышается. Различную отражательную способность имеют лиственные и хвойные насаждения, а также сообщества, образованные определенными экологическими группами растений (гидрофиты, гигрофиты, мезофиты, ксерофиты). Используя многозональную съемку, можно отличить также растительность, пораженную энтомовыми вредителями, инфекционными болезнями и т. п. Таким образом, используя комбинации снимков, выполненных в нескольких зонах электромагнитного спектра, можно выявлять объекты, неразличимые на однозональном изображении.

Для дешифрирования растительного покрова достоверные результаты получаются при использовании спектрально-зональных космических фотоснимков, а также черно-белых, выполненных в зонах спектра 660—720 или 600—700 нм, обеспечивающих наибольшую четкость и наилучшее пространственное разрешение. Спектрально-зональные изображения повышают достоверность дифференциации различных типологических и территориальных категорий растительного покрова. Снимки, полученные в зонах 520—560, 640—680, 820—890 нм, являются наиболее информативными при определении поврежденных энтомовыми вредителями лесов. При инфекционных болезнях леса наиболее информативен диапазон 640—680 нм. Хо-

рошие результаты при типологическом дешифрировании растительности дают синтезированные цветные изображения, полученные путем различных комбинаций сложения оптических плотностей многозональной съемки.

При исследовании гидрогеологических условий основное внимание уделяется изучению распределения их индикаторов [8]. Так как грунтовые воды и их характеристики не имеют непосредственного отражения на космических фотоснимках, то получение информации о них основано на использовании различных физиономических частных и комплексных индикаторов, имеющих отражение на дистанционных фотоматериалах, и комплексном анализе физико-географических и геологических условий, обуславливающих формирование и накопление подземных вод.

При гидрогеологическом картографировании космические фотоснимки обеспечивают выделение контуров, различающихся по рисунку фотонизображения, интерпретация которых возможна при применении ландшафтно-индикационных закономерностей. Для этого целесообразно использование тех зональных фотоснимков, на которых эти индикаторы наиболее четко отображаются. Практически при обнаружении грунтовых вод и определении их характеристик наиболее частными индикаторами выступают сочетания растительности и рельефа, поэтому наиболее информативными фотоснимками при дешифрировании грунтовых вод следует считать те, которые являются информативными для определения этих физиономических компонентов ландшафта.

На информативность снимков и получение наиболее контрастных изображений почв влияет целый ряд факторов, основными из которых являются сезон и время проведения съемки, погодные условия. При одних и тех же условиях съемки градации зональных типов почв опознаются хуже, чем интро- и азональных почв.

Наиболее информативными при изучении и картографировании почвенного покрова признаны фотоснимки, полученные в зонах электромагнитного спектра 460—580 и 600—700 нм, и спектральные снимки весеннего и осеннего сроков, в которых лучше всего отображается комплексность почвенно-растительного покрова [1]. Для определения отдельных экологических свойств почв наиболее информативными оказались: зона 700—740 нм — для дешифрирования влажности; 460—580 нм — для установления солончаков и засоленных почв; 520—560 нм — для определения механического состава почв.

В практике работ в качестве основного материала при тематическом дешифрировании чаще используются разномасштабные интегральные черно-белые изображения, полученные в широком диапазоне видимой части электромагнитного спектра (460—740 нм). По ним проводится сплошное, поконтурное дешифрирование. Использование их совместно с узкозональными и спектрально-зональными фотоснимками взаимно дополняет и обогащает информацию об экологических условиях природной среды. В табл. 5 приводятся параметры, наиболее часто применяемые для целей

Таблица 5

Спектральные зоны, применяемые при комплексном дешифрировании природных условий

| Природная зона | Вид дешифрирования | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|--------------|---------|------------------------|
| | Ландшафтное | | Геоморфологическое | | Геоботаническое | | Гидрологическое | | Почвенное | | | |
| | Зона спектра, нм | Сезон съемки | Зона спектра, нм | Сезон съемки | Зона спектра, нм | Сезон съемки | Зона спектра, нм | Сезон съемки | Зона спектра, нм | Сезон съемки | | |
| Лесная | 460—740 | Лето | 460—740 | Лето Осень | 460—740 | Лето Осень | 460—740 | Лето | 460—740 | Лето | 460—740 | Весна Лето Осень |
| | 600—700 | | 640—740 | | 640—740 | | 640—740 | | 600—700 | | 600—740 | |
| | 460—580 | | 520—560 | | 790—890 | | СПЗ, ЦВ | | СПЗ | | СПЗ | |
| | СПЗ, ЦВ | | 600—700 | | 600—700 | | 600—700 | | 600—700 | | 600—700 | |
| | 580—680 | | 580—680 | | 580—680 | | 580—680 | | 580—680 | | 580—680 | |
| Лесостепная | 460—740 | Лето | 460—740 | Лето | 460—740 | Лето | 460—740 | Лето | 460—740 | Лето | 460—740 | Весна Осень |
| | 600—700 | | 640—740 | | 640—740 | | 640—740 | | 600—700 | | 520—560 | |
| | СПЗ | | 520—560 | | 600—700 | | СПЗ | | СПЗ | | СПЗ | |
| Степная | 460—740 | Весна | 460—740 | Лето | 460—740 | Лето | 460—740 | Лето | 460—740 | Лето | 460—740 | Весна Лето |
| | СПЗ | | 560—740 | | 560—740 | | 560—740 | | 560—740 | | 560—740 | |
| | СПЗ | | 560—740 | | 560—740 | | СПЗ | | СПЗ | | СПЗ | |
| Полупустынная | 460—740 | Лето Весна | 460—740 | Осень Лето | 460—740 | Лето Весна | 460—740 | Лето Весна | 460—740 | Лето | 460—740 | Лето |
| | 640—740 | | 580—680 | | 580—680 | | 600—700 | | 600—700 | | 600—700 | |
| | 580—620 | | 520—620 | | 500—600 | | СПЗ | | СПЗ | | СПЗ | |
| | 600—700 | | 700—840 | | 700—840 | | 700—840 | | 700—840 | | 700—840 | |
| | 700—900 | | 700—840 | | 700—840 | | 700—840 | | 700—840 | | 700—840 | |
| | 520—620 | | СПЗ | | СПЗ | | СПЗ | | СПЗ | | СПЗ | |

комплексного изучения и картографирования природных условий, полученные в результате анализа экологической информативности различных материалов космической фотосъемки.

Для повышения качества наблюдений целесообразно проводить работу не только с фотоотпечатками, но и с позитивными пленками, а также дубль-негативами.

При изготовлении дубль-позитивов или негативов допускаются значительно меньшие информационные потери, чем при дублировании на фотобумагу. Вторым важным моментом в пользу прозрачной основы дубль-позитивов или негативов является то, что считывающие устройства и аппаратура визуального экранирования (Микрофот-3 или -5) приспособлены для считывания информации на просвет. Использование подобных материалов позволяет получить дополнительную информацию для изучения различных стадий медленно протекающих процессов или для выявления начальных фаз зарождающейся стадии развития процессов.

Большое значение для выполнения экологических наблюдений над объектами природной среды могут дать материалы повторной съемки. Синтезированные цветные изображения, полученные в результате синтеза разновременных космических снимков одной и той же территории с сопоставимыми технологическими условиями съемки, позволяют получить наглядное представление о динамике экзогенных процессов природной среды. В настоящее время используются для этих целей материалы, полученные автоматизированными методами обработки.

Требования к сезонам съемки при решении ряда экологических задач довольно разнообразны. Однако опыт показывает, что большинство требований может быть удовлетворено при наличии двух вариантов съемки: 1) летняя съемка для обеспечения изучения экологических условий и их динамики в гумидных зонах и 2) трехсезонная съемка (весна—лето—осень) — для районов аридной и субаридной зон.

При современной обеспеченности космической информацией возможно подобрать нужный материал, могущий удовлетворить большинство различных требований к сезону и повторяемости снимков.

В результате методических исследований и опытно-производственных работ в настоящее время выработаны устойчивые формы и довольно четкие методические принципы использования космической информации при создании различных тематических карт мелкого и среднего масштаба. В общем виде они сводятся к следующему:

1. Для тематического картографирования природных и антропогенных объектов, когда определены цели и задачи их исследований, целесообразно использовать все виды космических снимков, имеющихся на картографируемую площадь.

2. Дешифрирование космических снимков производится главным образом в камеральных условиях в несколько приемов последовательных операций. На ознакомительном этапе предпочтитель-

нее использовать контактный отпечаток снимка, при углубленном детальном анализе лучше проводить дешифрирование увеличенного отпечатка (или на приборе с кратным увеличением). При этом масштаб дешифрируемого космического снимка должен примерно вдвое быть крупнее масштаба создаваемой карты, но иногда можно ограничиться дешифрированием снимков того же масштаба, что и заданная карта.

3. Для определения оценочных состояний современных характеристик природных условий и ресурсов целесообразно использовать снимки, полученные в последние 2—3 года и выполненные в весенне-летнее или раннеосеннее время (май — сентябрь). При этом облачность не должна превышать 20 % рабочей площади снимка. Контрастность отдельных экологических параметров (например, увлажненности) хорошо выявляется для степной зоны на снимках, полученных в начале мая, лесной зоны в полосе земледелия — в середине мая и пр.

4. Опыт дешифрирования космической информации позволяет установить, что наиболее эффективными являются:

для картографирования рельефа, ландшафтов, земельных угодий, растительности — черно-белые снимки, полученные в широком диапазоне электромагнитного спектра; дополнительную информацию к ним могут дать спектрзональные и синтезированные изображения;

для выделения линейных и площадных малоразмерных объектов — снимки, полученные в зоне 600—700 нм;

для дешифрирования береговых линий озер, водохранилищ и гидрографической сети — снимки, полученные в зоне 700—840 нм.

5. Различия в рисунке фотоизображений на этих снимках, обусловленные особенностями природных и культурных ландшафтов, позволяют уверенно выделять и интерпретировать большинство контуров как природных, так и антропогенных объектов.

6. Полнота и достоверность интерпретации содержания различных элементов экологического картографирования неодинаковы, что определяется как информативностью космических снимков, так и природно-хозяйственными условиями изучаемой территории, т. е. ее выраженностью на снимках (фотогеничностью).

§ 5. Ландшафтно-индикационное дешифрирование аэро- и космических снимков

Использование аэро- и космической фотоинформации для изучения любых природных образований, явлений и процессов включает дешифрирование этих материалов, т. е. распознавание изучаемых природных образований или их индикаторов по тону, цвету, структуре рисунка фотоизображения, его размерам и сочетаниям с другими. Эти внешние характеристики присущи только фотофизиономичным компонентам ландшафта, имеющим непосредственное отражение на фотопленке и снимке, т. е. образующим отличающиеся по оптической плотности изображения благодаря различным



Рис. 6. Блок-схема дешифрирования космических снимков при составлении экологических карт

спектральным яркостям. В связи с этим только незначительное число природных компонентов может быть отдешифрировано по прямым признакам. К ним относятся: формы рельефа, растительный покров, иногда характер поверхностных отложений. Это дало основание С. В. Викторову [6] выделить оро-, фито- и педофизиономичные ландшафты. Однако следует отметить, что с изменением вида дистанционной съемки и ее масштаба относительно меняется принадлежность того или иного ландшафта к этим категориям физиономичности. Так, один и тот же тип пустыни при наземных исследованиях и крупномасштабных аэрофотоснимках, относимый к категории фитофизиономичных, на космических фотоснимках благодаря интегральности изображения может быть отнесен только к педофизиономичным. В целом следует отметить, что с увеличением высоты фотографирования уменьшается роль зонального растительного покрова в формировании рисунка фотоизображения и, наоборот, увеличивается значение мезо- и макроформ рельефа.

Дешифрирование снимков — это целенаправленное изучение фотоизображения с целью прямого или косвенного опознания отображенных на них изучаемых объектов, определения их качественных и количественных характеристик (рис. 6). Основными факторами, от которых зависит полнота дешифрирования, являются:

демаскирующие свойства объектов или их индикаторов, определяемые их отражательными способностями с учетом природных состояний;

масштаб и качество как выполненной съемки, так и материала ее первичной обработки;

разрешающая способность фотоизображения;

наличие вспомогательных оптических приборов для дешифрирования снимков или дубль-позитивов и дубль-негативов;

условия, в которых производится дешифрирование снимков;

опыт исполнителя-дешифровщика.

Непосредственно по снимку опознаются объекты, внешние свойства которых отражены в фотоизображении, т. е. объекты, имеющие прямые дешифровочные признаки. При ландшафтном дешифрировании прямыми признаками являются тон изображения, структура и текстура рисунка, вызванные определенными пространственными сочетаниями местностей и ландшафтов. Изменение в пространстве признаков изображения соответствует изменению природной среды и может интерпретироваться как изменение экологических условий. Наибольшее значение при этом имеют те различия в фотоизображении природных объектов, которые указывают на изменение комплекса природных условий. Рисунок фотоизображения часто может быть обусловлен не природной структурой ландшафта и процессами, спонтанно протекающими в нем, а хозяйственной деятельностью человека: контурами гарей, вырубок, пашен, лесных культур, которые значительно более резкие и контрастные, чем природные контуры, что необходимо учитывать при любом виде дешифрирования. Для выделения элементов ландшафта (фаций, урочищ), характеризующихся определенными экологическими условиями, используются характерные рисунки микро-рельефа, мелкой эрозионной сети, пашен, их местоположение и конфигурация и другие черты ландшафта, что создает специфический характер фотоизображения. Однородность рисунка в пределах изучаемой территории является признаком принадлежности ее к одному типу и, следовательно, имеющей сходные экологические условия.

Использование аэро- и космических снимков при изучении и картографировании экологических условий, прогнозировании их возможных изменений предопределяет необходимость широкого применения ландшафтно-индикационных построений.

В связи с тем, что ландшафтно-индикационный метод возник и развивался в помощь геологическому и гидрогеологическому дешифрированию аэроснимков, наиболее часто в качестве объектов индикации рассматриваются те или иные элементы геологического строения, гидрогеологических или мелноративных условий. Однако, в принципе, объектом индикации могут быть любые компоненты или элементы природной среды, для которых устанавливаются достаточно достоверные физиономические индикаторы. Так, например, при дешифрировании космических мелкомасштабных снимков

травянистый растительный покров часто является дециппентным и дешифрируется по ряду косвенных индикационных признаков, среди которых на первом месте стоят ландшафтно-геоморфологические. Только глубокое знание внутриландшафтных взаимосвязей позволяет распознать по снимкам антропогенные нарушения не только легконаблюдаемых объектов, но и труднонаблюдаемых, таких как подземные воды, тип засоления грунтов и др.

Особенно необходим ландшафтно-индикационный подход при дешифрировании космических снимков для целей составления экологических карт современного состояния и антропогенной нарушенности природной среды. Это обусловлено целым рядом причин. Так, с одной стороны, одни и те же нарушения природной среды в различных ландшафтных условиях вызывают неодинаковую реакцию природной среды и приводят к различным результатам, получающим на снимках объективное отражение. С другой стороны, антропогенная нарушенность различных ландшафтов на какой-то стадии их развития может характеризоваться наличием сходных физиономических компонентов. Только ландшафтно-индикационный анализ может помочь правильно прогнозировать в таких случаях дальнейшие изменения природной среды, а также рекомендовать рациональные меры по их использованию, рекультивации и охране.

Кроме того, ландшафтно-индикационный анализ необходим при картографировании еще и потому, что он предполагает обязательно изучение и установление пространственных связей между природно-территориальными комплексами, расположенными в непосредственном соседстве. Такие «горизонтальные» ландшафтные связи помогают и дают возможность равно, с доступной полнотой характеризовать всю изучаемую территорию и, главное, позволяют применять ландшафтно-индикационный анализ для изучения, картографирования и прогнозирования не только тех или иных статических ситуаций, но и различных экзогенных процессов, в том числе и стимулированных хозяйственной деятельностью людей, т. е. антропогенных.

Индикация природных и антропогенных процессов совершенно необходима для правильного построения прогнозных карт антропогенных изменений природной среды, которые должны входить составной частью в системы карт, направленных для разработки рекомендаций по рациональному использованию и охране природных ресурсов.

При ландшафтно-индикационном анализе материалов дистанционных съемок рассматриваются, как правило, не только отдельные искусственно абстрагированные, наиболее тесно взаимосвязанные пары компонентов ландшафта: компонент — индикатор — объект индикации, но также комплекс физиономических компонентов (текстура ландшафта), рассматриваемых как индикатор по отношению к определенному объекту индикации. Такое усложнение индикатора необходимо в связи с рассмотрением динамики процессов в качестве объектов индикации.

Применение ландшафтно-индикационного подхода к интерпретации космической фотоинформации определяет процесс ее дешифрирования.

В общих чертах структура дешифрирования космических фотоснимков для составления карт (схем) современного состояния и охраны окружающей среды в целом аналогична принятой для тематического дешифрирования аэрофотоснимков. Наиболее полно и четко она отражена в схеме Д. М. Киреева [20], включающей три этапа: обнаружение, распознавание и интерпретацию.

Следует отметить, что составление схемы дешифрирования современного состояния ландшафтов непосредственно сопряжено с установлением характера использования земель, наличия различных антропогенных измерений, которые на снимках часто имеют свои особые дешифровочные признаки. Наиболее характерным, например, для нарушенных участков можно считать геометрически правильный рисунок фотоизображения, имеющий резко контрастный фототон по сравнению с его окружением. Эти особенности, связанные с объектом изучения, находят отражение в структуре дешифрирования в том, что значительно усложняется этап интерпретации.

Кроме того, для построения карт необходимым этапом работ с фотоснимками выступает экстраполяция условий, установленных на ключевых участках, на всю территорию картографирования.

Такая несколько дополненная схема последовательности работ при дешифрировании космических фотоснимков приведена в табл. 6.

Процесс обнаружения и распознавания объектов на снимке представляет собой первую ступень дешифрирования снимка.

Обнаружение объектов состоит в обособлении различных рисунков фотоизображения и, как правило, сопровождается (особенно у опытного дешифровщика) опознаванием природных или хозяйственных объектов. Обнаружение и опознавание как искусственных антропогенных объектов, так и естественных сочетаний природно-территориальных комплексов или их хозяйственного использования и нарушенности проводится на основе анализа фототона и структуры рисунка фотоизображения.

При этом используются прямые дешифровочные признаки, под которыми понимаются признаки, присущие самим объектам или обусловленные этими объектами, или присущие их индикаторам. К прямым признакам относятся: тон, контраст тонов двух соседних рисунков (для черно-белых снимков), цвет, его тональность (для цветных и спектральных снимков), форма объекта (общий контур и отдельные детали), линейные и площадные размеры, геометрические параметры теней объектов, структура и рисунок изображения, его взаиморасположение с другими объектами и рисунками фотоизображения. Формированию этих признаков присущи определенные закономерности, связанные с оптической и геометрической генерализацией изображения на космических фотоснимках.

Таблица 6

Последовательность дешифрирования космических фотоснимков

| Этапы | Критерии | Результаты |
|-------------------|---|--|
| I. Определение | Признаки изображения «опорных пунктов» | Точное географическое положение участка |
| II. Обнаружение | Признаки изображения (тон, цвет, структура рисунка фотоизображения) | Обособление физиономичных компонентов ландшафтов |
| III. Опознавание | Признаки изображения (дешифровочные признаки контрастных объектов) | Установление физиономичных компонентов ландшафта |
| IV. Интерпретация | Аэрофизиономичные компоненты ландшафта, внутриландшафтные взаимосвязи Аэрофизиономичные компоненты ландшафта, их взаиморасположение (текстура ландшафта) Резкие отклонения в типичных дешифровочных признаках физиономичных компонентов ландшафта | Установление нефизиономичных (деципентных) компонентов ландшафта Выявление динамичных явлений и процессов, как природных, так и антропогенных, и их направленности Выявление антропогенных (техногенных) нарушений и вызванных ими процессов |
| V. Экстраполяция | Признаки изображения и установленные по ним объекты, явления и процессы | Идентификация аналогичных объектов, явлений и процессов на других участках; установление ландшафтов-аналогов |

Использование для опознавания объектов 4—5 признаков, например тона, формы, размеров, рисунка изображения и его текстуры (сопряженности с другими), значительно повышает достоверность опознавания изучаемых экологических условий и природных объектов. Для объективности и достоверности опознавания должны использоваться опубликованные описательные и картографические материалы, а также личные полевые наблюдения.

В результате опознавания выявляются дешифровочные признаки либо самих изучаемых объектов и явлений, либо их индикаторов на используемых дистанционных материалах.

Процесс интерпретации содержания дифференцированных объектов тесно примыкает к опознаванию и является вторым этапом собственно дешифрирования космической информации. Некоторые объекты, выделяемые по прямым признакам, интерпретируются непосредственно при их опознавании. К таким объектам относятся

макро- и мезоформы рельефа, гидрографическая сеть и водоемы, различные антропогенные объекты (дороги, населенные пункты, каналы, поля и др.). В то же время большая группа компонентов ландшафта или многие их характерные черты (например, состав отложений, тип и степень засоления почв, характер увлажнения и др.), являющиеся объектами изучения при построении экологических карт современного состояния природной среды, могут быть интерпретированы на снимках только с помощью косвенных признаков. Этот путь косвенной интерпретации основан исключительно на индикационных внутриландшафтных взаимосвязях. Он широко используется для интерпретации таких деципиентных компонентов и элементов ландшафта, как подземные воды, засоление почв, нарушение почвенно-растительного покрова, выявление почвенно-мелиоративных условий и др.

Для эффективного применения ландшафтно-индикационного метода дешифрирования, для правильной и достоверной интерпретации снимков необходимо установление фотофизиономических индикаторов изучаемых объектов на основе знания внутриландшафтных взаимосвязей. Поэтому для таких объектов последовательность работ складывается из:

- 1) изучения внутриландшафтных связей на основе анализа сопряженных фактических данных по компонентам ландшафта и его структуре путем изучения литературных, фондовых и картографических источников или по натурным работам на эталонных участках;

- 2) установления достоверных фотофизиономических индикаторов изучаемых объектов;

- 3) установления прямых дешифровочных признаков выявленных индикаторов изучаемых объектов индикации. Методика выявления и оценка достоверности индикаторов достаточно детально рассмотрены в специальной литературе [6, 8].

Следовательно, для тех объектов, которые могут быть опознаны по прямым признакам, возможен укороченный путь дешифрирования по схеме: фотоизображение (тон, цвет, структура рисунка и т. д.) — опознаваемый объект. Для большей части компонентов ландшафта, их антропогенных изменений и природных процессов, не имеющих прямого отражения на снимках, дешифрирование космической информации идет по схеме: фотоизображение — опознаваемый индикатор — индицируемый объект.

Правильная интерпретация изучаемых объектов или их индикаторов, выделенных на снимках, обязательно требует анализа не только структуры рисунка фотоизображения, но и его текстуры, т. е. сочетаний и пространственного расположения выделенных объектов. Следовательно, при ландшафтно-индикационном дешифрировании непременным условием является изучение и использованием как внутри-, так и межландшафтных взаимосвязей.

Эти условия ландшафтно-индикационного дешифрирования в равной степени относятся ко всем снимкам, как крупномасштабным, так и особенно средне- и мелкомасштабным. С изменением

масштаба, естественно, изменяется объем индикатора и индицируемых им объектов или явлений.

Для составления экологических карт в некоторых случаях целесообразно использовать для рисовки контуров более крупномасштабные (увеличенные) снимки, чем окончательный масштаб составляемой карты. Это происходит потому, что на космическом снимке часто можно установить гораздо больше деталей или объектов, чем можно по техническим условиям отрисовать на схеме дешифрирования.

Но в этом случае всегда следует согласовывать детальность дешифрирования с масштабом составляемой карты, чтобы не вызывать излишней перегрузки карты несущественными деталями. В ряде случаев необходимо использовать увеличенные или оригинальные крупномасштабные снимки для детальной характеристики принятого принципа генерализации участков на карте. Для этого обычно выбирается какой-либо наиболее типичный участок — «ключевой», «опытный» или «эталонный». Этот метод «ключевых участков» и эталонирования издавна широко используется при работе с аэроснимками.

Таким образом, при изучении современного состояния природной среды и процессов ее опустынивания по космическим снимкам наиболее целесообразен ландшафтно-индикационный метод дешифрирования.

Для составления различных экологических карт на основе космической информации наиболее удобно для авторского макета использовать фотоплан или уточненные фотосхемы, выполненные по космическим снимкам в рамках обычных топографических трапеций соответствующего масштаба. Эти планшеты используются в качестве основы для составления карты и для точной ориентировки отдельных снимков. Непосредственное поконтурное дешифрирование более целесообразно проводить на контактных или увеличенных отпечатках снимков. Выделенные на снимке контуры без особых затруднений переносятся на фотоплан, так как на нем исследователь может видеть те же рисунки фотоизображения, что и на снимке. Дешифрирование снимка рекомендуется делать лишь потому, что, во-первых, как правило, качество печати отдельных снимков несколько выше, чем фотоплана; во-вторых, в ряде случаев снимки можно рассматривать стереоскопически и, наконец, в-третьих, снимки можно и целесообразно брать увеличенного масштаба, что позволяет выявить больше интересующих исследователя деталей и достовернее интерпретировать фотоизображение. Однако не исключена и непосредственная работа на фотоплане при использовании снимков лишь для справок и уточнения отдельных деталей.

При отсутствии фотоплана известные затруднения возникают с переносом выделенных контуров со снимка на топографическую основу. В этих случаях, очевидно, целесообразнее составить только схему дешифрирования, которая может рассматриваться как автор-

ский эскиз карты, а собственно карту должен составлять по этой схеме уже специалист-картограф.

§ 6. Методика использования аэро- и космической информации при составлении экологических карт

Методика дистанционной индикации включает две стороны деятельности исследователей: во-первых, собственно ландшафтно-индикационные исследования; во-вторых, ландшафтно-индикационное картографирование современного состояния и происшедших изменений природной среды, т. е. комплекс работ по составлению экологических карт современного состояния и динамики природной среды.

В основе ландшафтно-индикационных исследований лежит изучение общих ландшафтных закономерностей, выявление индикационных фотофизиономических индикаторов и их дешифровочных признаков. В этой части эти исследования не отличаются от принятых методов ландшафтно-индикационных наблюдений для геологических, инженерно-геологических или гидрогеологических целей [6, 8].

При индикации опустынивания особое внимание следует уделять изучению экзогенных процессов. Для этого основными являются методы экологического и ландшафтного профилирования, метод трансект и изучение экологических рядов [8, 22].

Результатом этой части исследований обычно являются ландшафтно-индикационные таблицы (см. табл. 3), в которых в наиболее обобщимой форме рассматриваются индикационные внутриландшафтные связи. В этих таблицах приводятся описания индикатора (его дешифровочных признаков или типичное фотозображение) и объекта индикации. Ландшафтно-индикационные таблицы, являясь одной из форм описания внутриландшафтных взаимосвязей, представляют собой также классификационное ранжирование ландшафтов изучаемого региона. Формы таких таблиц могут несколько видоизменяться в зависимости от конкретных физико-географических параметров изучаемого региона. Эти таблицы, как правило, служат базой для построения легенд к картам современного состояния природной среды, которые можно рассматривать как графическое отражение пространственных межландшафтных взаимосвязей.

Методика подобных исследований уже достаточно хорошо освещена в специальной литературе, но при изучении современного состояния природной среды необходимы некоторые дополнительные приемы, которые пока еще не сложились в общепринятую методику.

Наиболее полно приемы ландшафтно-индикационных исследований с применением аэрометодов для целей изучения опустынивания аридных областей разработаны С. В. Викторовым в специальной работе «Аэроландшафтная индикация последствий деятельности человека в пустынях, полупустынях и степях» (М., Наука,

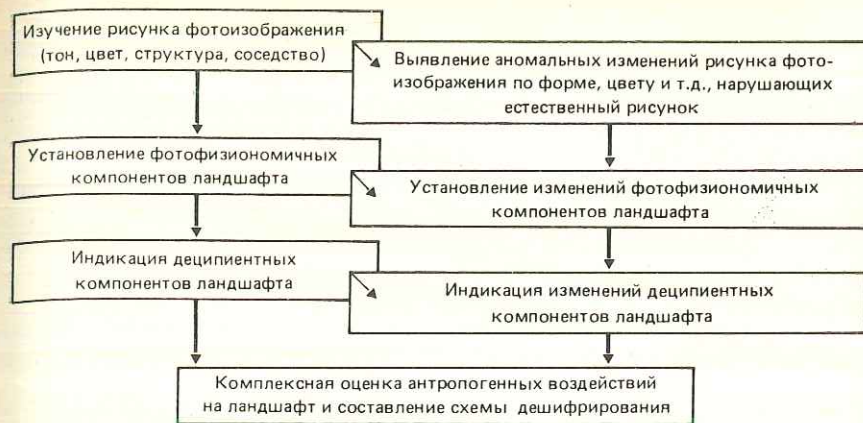


Рис. 7. Блок-схема дешифрирования антропогенных изменений ландшафта

1973). С. В. Викторов, различая три формы индикации природных и антропогенных процессов, в том числе опустынивание, считает наиболее эффективной стадийно-синхронную, т. е. определение стадий процесса в ходе его развития. Основным методом изучения стадий экзогенных и антропогенных процессов считается индикация по ландшафтно-топологическим рядам, для установления которых главную роль играют растительность и ее экологические ряды, сопряженные с формами рельефа.

При дистанционной индикации опустынивания основным приемом, очевидно, следует считать выявление различных отклонений в рассматриваемых ландшафтах. Эти отклонения, особенно на начальных стадиях опустынивания при слабых и умеренных степенях нарушенности, наиболее четко опознаются по изменениям растительного покрова. Так, пастбищная дегрессия приводит к обеднению коренного фитоценоза, к смене многолетников эфемерными или эфемероидными группировками, или к замене продуктивных пастбищных растений сорными, непоедаемыми растениями. Например, адраспан (*Peganum harmala*) обычно сменяет коренную растительность вокруг колодцев в песчаных и глинистых пустынях; эремурус (виды р. *Eremurus*) активно развиваются на нарушенных участках в предгорных каменисто-гипсовых пустынях и т. д.

Эти отклонения хорошо выделяются не только при непосредственном наблюдении на местности, но и на космических снимках. Как и на местности, на снимках участки с измененным растительным покровом опознаются по аномальному внешнему виду (облику). На фотоснимках, как это показано на блок-схеме логического пути дешифрирования (рис. 7), это находит отражение в образовании различных отклонений в рисунке фотоизображения, появлении участков, более или менее резко отличающихся от типичного рисунка фотоизображения изучаемого ландшафта. Как уже

указывалось, наиболее часто антропогенные нарушения имеют четкие границы контуров и правильные геометрические формы. Однако нельзя полностью согласиться с Б. В. Виноградовым [7], который утверждает, что антропогенные нарушения растительности дешифрируются преимущественно по аномально осветленным участкам, а темные фототона образуются лишь временно. Темный или светлый тон участка с антропогенно измененной растительностью, обусловленный отражательной ее способностью, определяется факторами, вызвавшими сукцессию растительного покрова. Так, уничтожение коренной растительности или смена многолетников, особенно древесно-кустарниковых видов, на однолетники или эфемероиды приводит, действительно, к увеличению отражательной способности растительного покрова этого участка и появлению на фотоснимке более светлого пятна. Это широко известный дешифровочный признак всех колодцев в песчаной пустыне. Б. В. Виноградов [7] показал, что этот признак устойчив и применим для дешифрирования не только аэроснимков, но и мелкомасштабных космических фото- и телевизионных снимков.

Другие факторы, например обводнение пустыни, часто приводят к формированию новых растительных сообществ на измененном участке, доминанты которых относятся к другим, по сравнению с коренной растительностью, гидроэкологическим группам растений — к группе фреатофитов или трихогидрофитов; или же этот фактор приводит к более мощному развитию растений. Как показали специальные исследования, растения гидроэкологической группы фреатофитов имеют более низкую оптическую яркость, т. е. имеют на фотоснимках более темный тон фотоизображения, чем растения группы омброфитов.

Следствием этого является то, что при антропогенном изменении водного режима в сторону уменьшения глубины залегания подземных вод такие участки будут опознаваться по более темному фототону. Этот признак достаточно устойчив, о чем свидетельствует опыт дешифрирования антропогенных сукцессий растительности вдоль каналов и дешифрирования подтопленных земель водами водохранилищ. В то же время далеко не всегда смена продуктивной растительности пастбищ на заросли фреатофитов с хозяйственной точки зрения может рассматриваться как положительный фактор. Такие измененные участки чаще можно отнести к нарушенным угольям.

Локальные техногенные изменения сразу нескольких компонентов ландшафта, особенно почвенно-растительного покрова и рельефа, опознаются по снимкам по прямым дешифровочным признакам. Как правило, такие участки имеют более светлый тон фотоизображения и аномальный рисунок.

Для дешифрирования локальных антропогенных изменений или нарушений, имеющих случайный или диффузный характер распределения по площади, применимы все виды аэро- и космической информации, за исключением сверхмелкомасштабных космических телевизионных снимков.

В то же время изучение и достоверное дешифрирование обширных территорий, подвергнувшихся антропогенному воздействию, т. е. тех, где антропогенные процессы имеют эквипотенциальный характер, наиболее эффективно только по космическим фотоснимкам.

Эффективность применения космических снимков основывается на генерализации изображения и территориальном охвате. На космических фотоснимках можно проследить пограничные участки с площадным развитием опустыненности и ненарушенными территориями. Такие примеры приводятся в работах ряда исследователей. Большинство этих примеров рассматривает пограничные области двух государств, где соприкасаются территории с различно используемыми и различно нарушенными природно-территориальными комплексами одного и того же ландшафта.

Следует особо подчеркнуть, что это различие выявляется более определенно на космических фотоснимках масштабов не крупнее 1 : 500 000, тогда как при увеличении изображения такой резкой границы нет, а, как правило, наблюдается широкая гамма постепенных переходов фототона, что не дает возможности четко выделить нарушенные и ненарушенные участки.

В то же время для этих территорий также остается характерным признаком конфигурация площади, занятой аномальным рисунком.

В других случаях при естественных границах нарушенного участка, например площади развеваемых песков, дефляция которых антропогенно обусловлена, важным является уже не только аномальный характер рисунка фотоизображения, но главным образом анализ «соседства». Под этим понимаются интерпретация рисунков фотоизображения, прилегающих к изучаемому участку, и выявление объектов, которые могли бы указывать на возможность и направленность антропогенного воздействия. Такими объектами в первую очередь могут быть различные технические системы сооружений, как площадные (промышленные комплексы, гидротехнические сооружения), так и линейные (дороги, каналы, трубопроводы, ЛЭП и т. п.), а также населенные пункты и отдельные элементы застройки, техногенные пустоши, т. е. те объекты, которые могут быть отдешифрированы по прямым признакам. Эти объекты либо непосредственно, как, например, техногенные пустоши, так и опосредствованно (различные сооружения и населенные пункты) могут указывать на антропогенное происхождение изменений ландшафта изучаемого участка и обусловленного им аномального рисунка фотоизображения.

При изучении природных экзогенных или антропогенных процессов наибольшее значение имеют не те или иные отдельные индикаторы и их дешифровочные признаки, а их закономерные сочетания и ряды в пространстве. Наиболее информативны для познания таких процессов ландшафтно-топологические ряды, под которыми понимаются пространственные ряды природно-территориальных комплексов одного таксономического ранга или прост-

ранственный ряд сочетаний определенных физиономичных и генетически связанных компонентов ландшафта, отражающий их вероятностную смену во времени.

При использовании различных материалов дистанционного зондирования достоверность опознавания начальных стадий процессов значительно снижается по мере уменьшения масштаба снимков и генерализации изображения.

Наиболее эффективно изучение природных и антропогенных процессов при помощи материалов повторных космических фотосъемок, которые предоставляют возможность достоверно установить за определенный известный промежуток времени происшедшие изменения, а следовательно, легче и точнее установить направления и скорости развития процессов. Материалы повторных аэро- и космических фотосъемок позволяют также уточнить размеры ущерба, нанесенного стихийными воздействиями катастрофических, быстро развивающихся процессов.

Ландшафтно-индикационное дешифрирование природных и антропогенных процессов на аэро- и космических фотоснимках направлено на выявление тенденций изменения окружающей среды в связи с природными условиями и антропогенным воздействием. В целом схема ландшафтно-индикационного дешифрирования снимков для составления карт динамики природной среды аналогична описанной ранее, но главное внимание при этом обращается на структуру и текстуру рисунка изображения для выяснения экологических и ландшафтно-топологических рядов — индикаторов тех или иных стадий природных или антропогенных процессов.

При дистанционной индикации опустынивания и составлении экологических карт антропогенных изменений перед исследователем-дешифровщиком стоит задача, в известной степени противоположная той, которую приходится решать при изучении естественных природных ресурсов. Так, при ландшафтно-индикационных наблюдениях, проводимых в помощь геологическим, инженерно-геологическим, гидрогеологическим и другим аналогичным исследованиям, при дешифрировании фотоснимков приходится абстрагироваться от случайных аномальных рисунков фотоизображения различиями в фототоне, обусловленными антропогенным фактором. При этих исследованиях обычно не обращается внимание на фотоизображения различных технических сооружений — построек, дорог и т. п., наоборот, весь процесс дешифрирования направлен на выявление определенных географических закономерностей, уровень которых, естественно, различен при различном масштабе исследований. Вполне очевидно, что наиболее общие географические закономерности выясняются при изучении наиболее мелко-масштабных космических снимков, особенно для тематического дешифрирования. Те или иные детали ландшафтного или иного тематического (почвенного, геоботанического, сельскохозяйственного и т. д.) характера выявляются, безусловно, точнее и эффективнее по материалам более крупного масштаба, главным образом по увеличенным космическим снимкам.

При ландшафтно-индикационных исследованиях, направленных на дешифрирование процессов опустынивания, наоборот, основное внимание должно быть обращено на выявление и интерпретацию именно аномальных рисунков фотоизображения. При этом исследуются, конечно, не только геометрические или текстурные особенности этих рисунков, но и характер их распределения по изучаемой территории, сопряженность с другими типичными и аномальными фотоизображениями и т. д. Для правильной интерпретации аномального рисунка, на чем в дальнейшем может основываться оценка степени и характера антропогенной нарушения и последующая система природоохранных мероприятий, безусловно, необходим анализ соотношения его с выделенными природными ландшафтами. Другими словами, дешифрирование процессов опустынивания должно проводиться на базе выполненного ранее ландшафтно-индикационного.

При составлении экологических карт современного состояния и динамики природной среды на основе космической информации осуществляются на стадии ее дешифрирования два вида работ: во-первых, ландшафтно-индикационное дешифрирование, направленное на выделение основных природных закономерностей исследуемой территории, на выделение природно-территориальных комплексов в их пространственной взаимосвязи с литолого-генетической основой и друг с другом; во-вторых, ландшафтно-индикационное дешифрирование опустыненности, направленное на установление характера, степени и вида антропогенной нарушенности ландшафтов, выявление антропогенных процессов и их направленности. В первом случае могут быть получены данные о природном потенциале изучаемой территории, ее экологических условиях. Во втором — о современном состоянии природно-территориальных комплексов, т. е. всех экологических условий.

Совместное использование результатов этих исследований может дать основание для построения географического или экологического прогноза возможных изменений среды в результате хозяйственной деятельности людей. На основе таких прогнозов возможно планирование рационального использования территории и охраны природы.

При дистанционной индикации, направленной на составление экологических карт, важным методическим приемом является пространственный анализ, необходимый на любом этапе проведения этих исследований. В связи с этим, важнейшим графическим материалом таких работ являются схемы дешифрирования космических снимков, на базе которых выполняются специальные карты.

При составлении карт для обеспечения рекомендаций по рациональному использованию и охране природной среды, независимо от принятого масштаба, а следовательно, и конкретного назначения, выработались некоторые общие методические приемы и определенная последовательность работ. Эти общие положения не только не исключают, но и предполагают наличие ряда специфических особенностей составления таких карт в зависимости от

Таблица 7

Принципиальная схема работ по составлению серий экологических карт современного состояния и динамики природной среды

| Этапы работы | Содержание работ | Основные результаты |
|--------------|--|---|
| I | 1. Составление программы серии и каждой карты 2. Сбор и изучение картографических и литературных источников 3. Камеральное дешифрирование КФС 4. Подготовка предварительного макета карты | Программы серии и каждой карты Ландшафтно-индикационные таблицы Схемы дешифрирования и авторские макеты карт и легенд |
| II | 5. Полевое наземное обследование и аэровизуальные проверочные работы | Дополненные авторские макеты карт |
| III | 6. Доработка легенд и авторских макетов карт, согласование карт и составление объяснительных записок и технических указаний 7. Редактирование и составление карт | Исходные оригиналы серии с объяснительными записками, технические указания Составительские оригиналы карт серии; редакционные указания |

масштаба исследований, назначения карты, физико-географических характеристик района исследований и степени его освоенности хозяйственной деятельностью человека. Кроме того, немаловажную роль в специфике конкретных исследований играет характер исходных дистанционных материалов.

Работы по изучению экологических условий и составлению серии карт современного состояния и динамики природной среды по материалам космических фотосъемок распадаются на три взаимосвязанных этапа: 1) предварительный; 2) проверочный; 3) окончательный составительский.

Принципиальная схема работ по составлению таких карт приведена в табл. 7.

Содержание каждого такого этапа значительно отличается от традиционного, принятого при обычном тематическом картографировании. Это отличие выражается в значительном превышении доли камеральных, особенно предварительных работ по сравнению с полевыми исследованиями. Последние проводятся в качестве проверочных контрольных наблюдений, направленных лишь на уточнение и проверку тех участков, которые не получают однозначной интерпретации в результате дешифрирования снимков и изучения описательных материалов. Другое отличие заключается

в широком использовании метода ключевых участков, на которых производится максимально подробное исследование, необходимое для решения конкретных задач экологического картографирования. Однако до сих пор остается еще слабо разработанной теория экстраполяциянных построений, необходимых при ключевом методе исследований.

Предварительный этап заключается в подготовке работ, предварительном знакомстве с районом и дешифрировании снимков, составлении ландшафтно-индикационных схем и легенд, схем специального дешифрирования и авторских макетов карт.

Подготовка к составлению карт включает следующие виды работ: 1) разработку программы серии и каждой карты (определение задач, типа и масштаба карт серии; определение территориальных границ исследования; организационное обоснование работ); 2) подбор топографических и дистанционных материалов соответствующих масштабов, составление схемы обеспеченности дистанционными материалами территории исследований; 3) сбор и анализ картографических и литературных данных по исследуемой территории; составление аннотированной библиографической картотеки и схемы картографической изученности района работ.

Предварительное камеральное составление карты или схемы дешифрирования включает: 1) анализ литературных и картографических материалов; 2) анализ и дешифрирование космических фотоснимков; 3) составление предварительной ландшафтно-индикационной таблицы и легенд; 4) составление предварительных карт (авторского макета) на основе фотоплана заданного масштаба или топографической карты более крупного масштаба (или составление предварительной схемы дешифрирования в заданном масштабе).

Этот раздел работ предварительного этапа является центральным и требует наибольшего внимания и затрат времени. Анализ литературных и картографических материалов служит основой для первоначального представления о физико-географических условиях района работ, хозяйственной освоенности территории, основных ландшафтных закономерностях и экзогенных процессах. Чем полнее собран и проанализирован этот материал, тем более полное представление об изучаемой территории может получить исследователь перед началом собственных работ по дешифрированию.

Результатом такого анализа может явиться предварительная классификация ландшафтов, ландшафтно-индикационная таблица, схема характера использования и степени нарушенности земель, результаты проведения тех или иных природоохранных мероприятий и т. д. Эти материалы должны послужить основой для предварительных легенд к составляемым картам.

Дешифрирование космических снимков целесообразно проводить в определенной последовательности. Первоначально на снимках выделяются все водные объекты: естественные и искусственно сооруженные водоемы, реки и каналы, береговая линия озер, морей или океанов. Следующим является выделение крупных ланд-

шафтных единиц, наиболее четко проявляющихся на мелкомасштабных снимках. Выделение таких крупных природно-территориальных комплексов контролируется и интерпретируется по имеющимся тематическим картам.

Такое предварительное ландшафтное деление территории обязательно при составлении карт на большие регионы (в рамках физико-географической страны или группы стран, либо в рамках крупного территориально-производственного комплекса). Но оно также целесообразно и при работе на отдельных участках, тогда ранг выделяемых ландшафтных единиц соответственно будет ниже. Дальнейшее более детальное поконтурное дешифрирование проводится уже с учетом этого районирования.

В результате предварительного ландшафтно-индикационного дешифрирования составляется предварительная схема ландшафтного или ландшафтно-индикационного дешифрирования или авторский макет карты, легендой которой является индикационная таблица.

После завершения ландшафтно-индикационного дешифрирования снимков с учетом составленной предварительной ландшафтно-индикационной (ландшафтно-индикационной) таблицы проводится второй этап дешифрирования, направленный на выяснение отдельных характеристик экологических условий и антропогенного воздействия на природную среду (в зависимости от вида разрабатываемых экологических карт).

При дешифрировании космических снимков при составлении схемы современного состояния природной среды в каждом ландшафтном выделе опознаются участки различного хозяйственного использования. При этом в первую очередь выделяются основные хозяйственные угодья (лесные, пастбищные, земельно-сельскохозяйственные), населенные пункты и промышленные комплексы, т. е. составляется схема использования земель. Затем для каждого участка ранжируются либо степень нарушенности (для естественных хозяйственных угодий — лесов, пастбищ), либо степень окультуренности или измененности и рациональности использования (для целенаправленно измененных ландшафтов). Эти степени нарушенного или культурного состояния природно-территориальных комплексов, как правило, достоверно дешифрируются на снимках. Наряду с выявлением степени хозяйственного влияния может проводиться более детальная оценка характера хозяйственного использования территории.

Для создания предварительных карт серии современного состояния и динамики природной среды отдешифрированные на отдельных снимках контуры переносятся на фотоплан (либо на другую картографическую основу) заданного масштаба с соблюдением выработанных условных обозначений.

Составление предварительных карт (макетов) серии на весь район работ должно быть строго обязательным при завершении предварительного камерального дешифрирования аэрокосмической информации. Наличие только отдешифрированных отдельных

снимков (если, конечно, один снимок не перекрывает всю территорию, запланированную для исследований) не дает возможности правильно организовать дальнейшие работы, которые заключаются в подготовке и проведении полевых проверочных исследований.

В комплексном тематическом картографировании предварительная ландшафтная карта носит название «карты природных контуров» [19]. Эта карта является вспомогательной для последующего составления различных карт природных условий (почвенных, геоботанических и пр.) и их отдельных экологических характеристик (засоления почв, эрозии и др.), которые разрабатываются в единой серии на основе космической информации.

Предварительное составление ландшафтно-индикационной карты позволяет интенсифицировать весь процесс составления серии экологических карт, включая полевые проверки составленных авторских макетов и согласование карт.

Подготовка к полевой проверке любой предварительной карты серии заключается в: 1) выявлении участков, достоверность дешифрирования которых вызывает сомнения; разработке программы полевой проверки составленной предварительной карты; 2) материально-организационной подготовке полевой проверки.

Полевые проверочные работы включают проведение наземных и аэровизуальных наблюдений на заранее намеченных участках по составленной программе исследований, проведение, при необходимости, дополнительного дешифрирования снимков и внесение корректив в предварительную карту. Эти работы дополняются сбором и систематизацией необходимой документации (карт, схем) и ведением полевых дневников, обосновывающих правильность вносимых поправок и позволяющих скорректировать предварительную карту (макет).

Проведение проверочных работ в общем аналогично традиционным полевым исследованиям, направленным на составление тематических карт. Существенными различиями являются только: детерминированный характер маршрутных наблюдений, целенаправленность проводимых работ по сбору фактического материала, обосновывающего правильность предварительного камерального дешифрирования.

При проведении полевых проверочных работ большое место обычно занимают аэровизуальные наблюдения, позволяющие более полно установить правильность дешифрирования аэро- и космической информации.

Окончательное составление всех карт экологической серии является результирующим во всем комплексе работ. В этот этап входят:

систематизация и анализ собранных полевых материалов, включая систематизацию аналитических данных проб и образцов грунтов, почв, воды и пр.;

дополнительный анализ фондовых и литературных источников с учетом личного знакомства с исследуемой территорией;

окончательное дешифрирование космических снимков и окончательное составление контурной части карты;

окончательная разработка легенды и условных обозначений карты;

согласование и редактирование карт;

картографическое оформление;

составление объяснительной записки к карте или научно-исследовательского отчета.

Этот перечень работ аналогичен для всех составляемых карт как исходной ландшафтной (ландшафтно-индикационной), так и отдельных карт экологических условий и их характеристик (комплексных и, особенно частных, специальных карт).

Работы заключительного этапа включают не только окончательное составление ландшафтно-индикационной карты и карт современного состояния и динамики природной среды, но и дальнейший анализ фактического материала для прогнозирования возможных изменений экологических условий, а также составление прогнозов карт и карт рекомендуемых природоохранных мероприятий. При создании этих карт материалы космической съемки имеют уже второстепенное значение, так как основное содержание строится на основании анализа общих и частных закономерностей развития территории, тенденций динамики природной среды, возможного воздействия планируемых мероприятий по использованию и охране, которые проводятся или намечаются проводить.

Космическая информация при составлении прогнозных карт и рекомендаций по рациональному использованию и охране природной среды играет роль только картографической основы. В то же время для составления этих карт должны использоваться как ландшафтная (ландшафтно-индикационная), так и все специальные экологические карты, составляемые для этих целей на основе космической информации.

ГЛАВА 3

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

§ 7. Картографирование статических ситуаций

Ландшафтная карта как комплексная карта экологических условий. Для характеристики экологических условий в комплексе важное значение имеет отражение их современного состояния на одной карте. Таким единым документом является ландшафтная (или ландшафтно-индикационная) карта, составленная на основе космической информации, так как она наиболее полно отражает существующие природные взаимосвязи и взаимозависимости.

Ландшафт рассматривается как упорядоченная система тер-

риториальных единств более низких рангов — морфологических частей ландшафта, объединенных общими свойствами составляющих его компонентов. Эта система взаимодействующих компонентов природной среды нашла применение в сфере прикладных направлений ландшафтоведения. Здесь в полной мере прослеживаются и проявляются внутриландшафтные взаимосвязи между компонентами, взаимодействующими в границах ландшафта и формирующими определенный функционально-динамический фон. Изучение внутриландшафтных и межландшафтных (вертикальных и горизонтальных [16]) взаимосвязей осуществимо при создании ландшафтной карты.

Применение системного подхода для комплексного картографирования и территориальной организации хозяйства дает возможность реализовать концепцию целостности природы при создании серии экологических карт. Использование при этом новых принципов и методов ландшафтного картографирования вносит существенные изменения в весь комплекс работ по созданию серий экологических (тематических) карт как с методологической, так и с технологической точки зрения. За основу инвентаризации, картографирования и использования природных ресурсов и экологических условий природной среды берется природно-территориальный комплекс с его экологическими свойствами и особенностями. Все компоненты этого комплекса находятся в определенном коррелятивном сопряжении, взаимосвязаны и взаимообусловлены, поэтому картографирование их свойств или особенностей может основываться на единых принципах и методах.

При использовании космической информации для создания серий экологических карт на ландшафтной основе целесообразно оценивать любой картографируемый показатель или элемент содержания тематической карты, основываясь на его ландшафтных взаимосвязях. Это позволяет не только реализовать принципы комплексности, территориальности, природной целостности и сопряженности компонентов ландшафта и характеристик экологических условий на частных картах в серии, которые содержат неформальный учет компонентов и элементов ландшафта, изолированных друг от друга, но и произвести картографирование каждого из них в тесной взаимосвязи с другими. Это повышает научное и практическое значение составляемой серии карт, координирует их редактирование и согласование.

Экспериментальные исследования по созданию серий сопряженных экологических карт, проводимые в самых различных регионах страны с широкой тематической направленностью, подтвердили организующую целесообразность ландшафтной основы при создании целостных картографических произведений с использованием космической информации, серий карт сопряженных тематических аспектов (комплексных и частных экологических карт). В каждой из таких серий присутствует специализированная ландшафтная (или ландшафтно-индикационная) карта, представляющая собой показ особого физико-географического единства различных веще-

ственно-энергетических уровней со своими законами развития морфологической выраженностью, наличием внутри- и межландшафтных связей.

Подход к изучению и картографированию ландшафтов определяется назначением серий карт. Известно, как велико разнообразие факторов формирования ландшафтной структуры в частях: видимой, физиономичной и скрытой от непосредственного наблюдения, восстанавливаемой по законам отражения деципиентных компонентов. Проблема возникновения, формирования и развития структуры ландшафтов, как определенных географических комплексных систем, представляется весьма сложной задачей. По этому существует довольно многоликое восприятие ландшафтной структуры, соизмеряемой с исследовательскими принципами, что влечет столь же различные принципы построения ландшафтных карт.

При составлении ландшафтной (или ландшафтно-индикационной) карты, предваряющей серию экологических карт, на основе использования космической информации наиболее целесообразен метод избирательного анализа морфологической структуры, совмещенный с геоструктурным планом исследуемой территории [24]. Влияние геоструктурных условий на ландшафтную дифференциацию в климатически однородном регионе весьма наглядно можно проследить на примере как аридных, так и гумидных областей.

Однако для того, чтобы ландшафтная карта действительно служила основой, базой для построения сопряженных карт отдельных компонентов ландшафта и экологических условий в целом, необходимо при построении такой карты использовать наиболее целостную естественную классификацию ландшафтов. Основа такой классификации заложена при разработке мелкомасштабных ландшафтных карт В. А. Николаевым [24], а для пустынь ранее предложена М. П. Петровым [25].

Ландшафтная карта, построенная с учетом морфоструктурных особенностей территории, может служить необходимой базой для составления как частных ландшафтных карт (т. е. карт отдельных свойств ландшафта), так и покомпонентных (геоботанических, почвенных, гидрогеологических и пр.) — комплексных или специализированных.

Рассмотрение ландшафта как взаимообусловленного комплекса всех компонентов: геологического строения, состава поверхностных отложений, рельефа, почвенно-растительного покрова — предопределяет характер классификационного построения легенды и дальнейшего применения и интерпретацию карты.

При разработке легенды за основу принимаются следующие положения:

в климатически однородном регионе распределение природно-территориальных комплексов высших рангов подчинено в первую очередь геолого-структурным условиям, нашедшим отражение в макро- и мезоформах рельефа;

дальнейшее разделение соподчиненных природно-территориальных комплексов определяется составом поверхностных отложений, расчлененностью рельефа и почвенно-растительным покровом;

для горных регионов существенное значение имеет изменение климатических условий с высотой и экспозицией склонов, т. е. вертикальная и экспозиционная поясность почвенно-растительного покрова, что находит отражение в выделяемых единицах.

Наименьшая единица, которая выделяется на среднемасштабной ландшафтной карте, построенной по материалам космической фотосъемки, примерно соответствует урочищу и сложному урочищу в понимании Н. А. Солнцева и А. Г. Исаченко. Принципы выделения типологических единиц природно-территориальных комплексов при построении легенды к ландшафтной фотокарте приведены ниже.

| <i>Критерий выделения</i> | <i>Типологические единицы ПТК</i> |
|---|-----------------------------------|
| По геолого-структурным условиям, отраженным в мегарельефе | Группа типов ландшафтов |
| По составу и генезису поверхностных отложений и характеру увлажнения, отраженным в макро- и мезорельефе | Типы ландшафтов |
| По мезорельефу в сочетании с почвенно-растительным покровом | Типы урочищ или сложных урочищ |
| По особо физиономичным растительным сообществам на некоторых местообитаниях | Типы фаций или группы фаций |

При построении легенды и ландшафтной интерпретации выделенных по фотоснимкам и уточненным фотосхемам контуров необходимо использовать как личные наблюдения, так и картографические и литературные материалы, различно освещающие природные и хозяйственные условия района.

Обзорность материалов космических фотосъемок позволяет сразу четко выделить группы типов ландшафта по мегарельефу, обусловленному тектоническим планом строения территории. Эти группы отражают также преобладание тех или иных процессов денудации или аккумуляции рыхлых отложений, движения грунтовых потоков, перераспределения химических макро- и микроэлементов. Каждая из выделенных групп ландшафтов разделяется на типы по доминирующему составу коренных пород, литолого-генетическим комплексам четвертичных отложений и характеру увлажнения, находящим отражение в макро- и мезорельефе, и хорошо прослеживается по космическим фотоснимкам. В большинстве случаев по особенностям мезорельефа и определенным сочетаниям почв и растительных сообществ можно выделить более дробные ландшафтные подразделения, соответствующие урочищам или сложным урочищам. Лишь в особых условиях местообитаний можно выделить по почвенно-растительному покрову на фотоснимках отдельные фации (например, в долине реки).

Естественно, что космические фотоснимки, как и аэрофотоснимки, имеют ряд ограничений. Так, на этих снимках не находят диф-

дифференцированного отображения травянистый, а часто и древесно-кустарниковый покров, не говоря уже об отдельных видах растений. На снимках нет границ заповедников, заказников, водоохраных зон лесов и т. д.

В процессе экспериментальных работ по экологическому картографированию на основе космической информации сложилась определенная последовательность дешифрирования снимков и работы авторского оригинала карты.

При дистанционной индикации вначале проводится опознавание и ландшафтно-индикационное дешифрирование космических фотоснимков выбранных участков. В результате составляются схемы дешифрирования, сопровождаемые легендами, в которых группировка выделенных природно-территориальных комплексов проводится для наиболее крупных единиц в пределах климатически однородного региона — по морфоструктурным признакам, далее — по характеру литолого-геоморфологических условий и, наконец, по почвенно-растительному покрову (см. § 5, 6).

Так, например, для региона, охватывающего предгорные равнины и окраинные структуры гор Средней Азии, выделены ландшафты:

1) эрозионно-денудационных умеренно расчлененных горных плато, приуроченных к древним поверхностям выравнивания, вовлеченных в поднятия;

2) глубоко расчлененных среднегорий и высокогорий, приуроченных к поднятиям с островершинными хребтами, крутыми склонами и ущельями, с доминированием эрозионного рельефа, с более полно выраженной вертикальной поясностью растительности;

3) умеренно расчлененных гор, приуроченных к поднятиям с уплощенными вершинами хребтов, с доминированием денудационно-эрозионного рельефа, со слабо выраженной вертикальной поясностью растительности;

4) эрозионно-аккумулятивных подгорных всхолмленных равнин, приуроченных к периферии поднятий;

5) аккумулятивно-эрозионных подгорных и внутригорных равнин, различно расчлененных, приуроченных преимущественно к прогибам и склонам крупных межгорных впадин, осложненных локальными поднятиями;

6) эрозионно-аккумулятивных подгорных пологонаклонных равнин и конусов выноса, приуроченных к периферии впадин и прогибов;

7) аккумулятивных пологонаклонных равнин и межгорных впадин, приуроченных к прогибам.

Каждая из этих семи групп включает несколько типов природно-территориальных комплексов более низкого ранга.

При составлении рабочей ландшафтной схемы более крупного масштаба на другой участок, расположенный полностью в пределах Туранской плиты, были выделены группы природно-территориальных комплексов по приуроченности их к определенным структурно-геоморфологическим условиям:

1) ландшафты и урочища плато, приуроченные к прямоотраженным в рельефе антиклинальным структурам;

2) ландшафты и урочища плато, приуроченные к структурным ступеням, седловинам и прочим переходным структурным участкам;

3) ландшафты и урочища впадин, приуроченные к прямоотраженным в рельефе синклинальным структурам (прогибам и впадинам).

На участке особо были выделены урочища, приуроченные к зонам глубинных разломов и повышенной неотектонической деятельности.

Этот же принцип был положен при разработке ландшафтной карты Ставропольского края, отличающегося сложностью геолого-структурных и физико-географических условий, распределением естественных и культурных ландшафтов, разнообразием экзогенных процессов и видов антропогенного воздействия. На карте нашли отражение морфоструктурное положение ландшафтов, доминирующие ландшафтообразующие процессы, геолого-геоморфологические условия, структура ландшафтов, отраженная в мезоформах рельефа. Для характеристики биологической составляющей на карте ландшафты сгруппированы в зависимости от зонально-поясного положения и связи ландшафтов с грунтовым увлажнением (выделяются авто- и гидроморфные ландшафты), кроме того, показана структура ландшафтов, отраженная в сочетаниях почвенно-растительного покрова и абiotических фаций. Табличная форма легенды позволяет сразу же определить необходимые характеристики экологических условий любого ландшафта.

Составленные на основе дешифрирования аэро- и космических снимков такие ландшафтные схемы служили основой для последующих этапов работы над комплексной картой. Принятая в легенде типология природно-территориальных комплексов отражает существующие взаимосвязи между различными ландшафтами, с одной стороны, и компонентами ландшафта — с другой. Это в дальнейшем даст возможность рассматривать не только статику ландшафта, но и динамику отдельных его компонентов, что необходимо при изучении и установлении как естественных, так и антропогенных процессов, а также для прогнозирования их хода развития.

Масштабный ряд использованных аэро- и космических снимков и фотопланов обеспечивает подразделение территории сверху вниз (от общего к частному). Так, на мелкомасштабных снимках четко различаются группы типов ландшафта; на снимках или фотоплане, выполненных в увеличенном масштабе, в первую очередь выделяются внутри той или иной группы типы ландшафтов. Увеличенные космические снимки и фотопланы еще более крупного масштаба дают возможность выделить не только типы ландшафта, но и типы урочищ, а иногда и фаций. На аэроснимках практически все дешифрирование можно провести на уровне фаций, однако масштаб составляемой карты ограничивает дробность выделения таксонов.

Ландшафтно-индикационная схема дешифрирования служит с одной стороны, основой для макета комплексной ландшафтной карты, а с другой — основой для составления макетов частных ландшафтных и покомпонентных карт экологических условий, динамики природной среды и использования земель.

Для построения ландшафтной карты результаты ландшафтно-индикационного дешифрирования переносятся на фотоплан. Благодаря однотипности рисунков изображения на снимках и фотоплане, не теряется достигнутая точность выделения контуров при соблюдении требований генерализации, предопределяемых назначением и масштабом карты.

При выполнении ландшафтно-индикационного дешифрирования космической информации выявляется основное направление использования земель, что служит основой для последующей разработки карты. Дополнительно проведенный специальный анализ снимков позволяет уточнить выделы территорий, различно используемые в народном хозяйстве (в сельском хозяйстве, промышленности, под населенные пункты), и неудобья. Среди земель, используемых в сельском хозяйстве, по снимкам хорошо различаются заливаемые поля (преимущественно культура риса), орошаемые и богарные поля, сенокосные угодья и пастбища. Транспортно-промышленные комплексы и горные разработки различались только по внешним признакам: площадные (занимающие дифференцированно дешифрируемую территорию), линейные (различные транспортные магистрали, ЛЭП, трубопроводы), диффузно-точечные (отдельные карьеры, шахты и т. п.). К неудобьям относятся земли не используемые в народном хозяйстве, среди которых различаются естественные (обрывы, крутые склоны, солончаки и т. п.) и антропогенные (горнорудные отвалы, подтопленные и периодически затопляемые земли и др.).

Серии карт современного состояния экологических условий. Для всестороннего учета экологических условий и оптимального решения вопросов картографического обеспечения мероприятий по охране и рациональному использованию природных ресурсов для организации мер борьбы с опустыниванием наиболее целесообразно составление серий или систем экологических карт. Использование материалов космических фотосъемок и выполнение ландшафтно-индикационного дешифрирования способствуют соблюдению важнейшего условия таких серий — сопряженности и взаимобусловленности карт, входящих в них. Такие карты, по сути, должны являться составной частью прикладных географических исследований по изучению экологических условий.

Первая часть таких серий содержит инвентаризационные карты природных условий, точнее, карты статических ситуаций экологических условий. Основу этой части составляют ландшафтные карты. Заканчивается серия комплексной картой охраны природы и рационального использования природных ресурсов, включающей также рекомендуемые мероприятия по охране, мелиорации и рекультивации ландшафтов.

Выбранные территории для экспериментальных работ по дистанционной индикации и экологическому картографированию для обеспечения мероприятий по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов достаточно разнообразны по физико-географическим условиям и хозяйственному использованию земель, поэтому их можно считать репрезентативными для решения поставленных задач.

На каждом участке первоначально для всей территории был проведен ландшафтный и структурно-геоморфологический анализ и составлены схемы дешифрирования. Для этого дешифрировались мелкомасштабные космические снимки и фотосхемы. После наземных и аэровизуальных исследований и дополнительного дешифрирования снимков составлялись карты серии. Следует отметить, что для создания покомпонентных карт, которое в целом проходило на основе ландшафтной карты, проводилось дополнительное дешифрирование увеличенных снимков, что позволило уточнить ряд деталей в распределении тех или иных компонентов ландшафта. Создание структурно-геоморфологической и ландшафтной карт проходило одновременно. Создание покомпонентных и результирующей карт проведено уже последующим этапом.

Для разработки ландшафтной карты на предварительном этапе работ в результате целенаправленного анализа литературных источников и фондовых (рукописных) материалов, а также на основе личных наблюдений были составлены ландшафтно-индикационные таблицы, отражающие взаимосвязи физиономических и деципиентных компонентов ландшафта. Эти таблицы послужили основой легенд к ландшафтным картам. В качестве примера приведена ландшафтно-индикационная таблица для района Юго-Западного Кызылкума и Заунгузских Каракумов (табл. 8).

В более обобщенном виде ландшафтно-индикационные взаимозависимости и взаимосвязи отражены в ландшафтно-индикационной таблице для всего Узбекистана, составленной с целью создания обзорной ландшафтной карты. Параллельно и согласованно разрабатывались легенда и специальное содержание структурно-геоморфологической карты, которая составлялась независимо от ландшафтной, но в тесной связи и взаимосогласованности. Это определялось тем, что структурно-геоморфологическое дешифрирование космической информации, так же как и ландшафтное, осуществляется преимущественно по прямым дешифровочным признакам форм рельефа.

Ландшафтно-индикационные таблицы и макеты ландшафтных (ландшафтно-индикационных) карт были применены при разработке частных ландшафтных карт: карта типов песков, болот и заболоченных земель, солончаков и засоленных земель, составляемых на основе космической информации в единой серии.

Так, например, карты болот и заболоченных земель составлялись для участков Смоленской области, Солигорского района, Калининской области, характеризующихся большой заболоченностью территории.

Таблица 8

Ландшафтно-индикационная схема для Юго-Западного Кызылкума, Заунгузского и Низменных Каракумов

| Физиономические компоненты ландшафта | Деципиентные компоненты ландшафта | |
|---|--|--|
| | Геологические условия | Гидрогеологические условия |
| <i>Низкогорья и возвышенные равнины</i> | Постплатформенной орогенной области | Области частичного питания и транзита грунтовых вод |
| <i>Различно расчлененные низкогорья с аридно-денудационной обработкой рельефа</i> | Прямо отраженные в рельефе антиклинальные структуры | Область частичного питания грунтовых вод |
| Плоские сильнорасчлененные вершины низких гор с хрящеватыми почвами, занятые южнополюнниками с участием боялыча и кеурека | Элювий коренных пород мелового и палеозойского возраста | Воды трещинные, преимущественно пресные, отложения слабообводненные |
| Расчлененные склоны каменисто-щебнистые и суглинистые с серо-бурыми почвами, занятыми полынно-боялычевыми и полынно-эфемерово-кеурековыми сообществами | Пролювиальные и пролювиально-аллювиальные отложения, местами элювий коренных пород | Область частичного транзита, грунтовые воды, преимущественно пресные в пролювиально-аллювиальных отложениях сухих русел, водоносные горизонты маломощные |
| Низкие останцовые возвышенности, иногда с куэстовыми формами рельефа, с песчаным плащом на пологих склонах, занятые южнополюнниками с джугзунгом, иногда боялычем, в комплексе с галофитными группировками у подножья куэст на небольших солончаках | Элювиально-пролювиальные отложения | Частично аккумуляция подгорных грунтовых потоков по понижениям |
| <i>Слабонаклонные, несколько расчлененные подгорные и межгорные щебнисто-суглинистые равнины</i> | Прямо отраженные в рельефе синклинальные структуры | Область частичного транзита, аккумуляция и расхода грунтовых вод |
| Подгорные расчлененные щебнисто-суглинистые равнины с серо-бурыми пустынными почвами, занятые полынно-кеуреково-боялычевыми сообществами, в комплексе с такыровидными участками | Пролювиально-аллювиальные отложения | Маломощные грунтовые воды в аллювии сухих русел, постепенно засоляющиеся по мере удаления от области питания |

Продолжение табл. 8

| Физиономические компоненты ландшафта | Деципиентные компоненты ландшафта | |
|---|--|---|
| | Геологические условия | Гидрогеологические условия |
| Солончаковые и такыровидно-солончаковые понижения с комплексом галофитов по периферии, иногда с шоврово-бугристым комплексом | Соровые отложения, суглинки или гипсоносные глины | Грунтовые воды маломощные, сильноминерализованные |
| Равнины | Платформенной области Туранской плиты — Бухаро-Хивинская зона ступеней | Преимущественно транзита и рассеивания грунтового потока, с местными грунтовыми водами песчаных массивов |
| <i>Пологохолмистые, несколько расчлененные равнины с сочетанием глинистых и щебнисто-глинистых пустынь</i> | Прямоотраженная в рельефе тектоническая ступень с локальными структурами (валы, локальные складки) | Грунтовые воды могут отсутствовать (выходы на поверхность водоупорных горизонтов) |
| Несколько расчлененные слабохолмистые глинистые и щебнисто-глинистые равнины с серо-бурыми почвами с полынно-солянковыми сообществами | Прямоотраженные в рельефе локальные поднятия с элювиально-пролювиальным плащом | Грунтовые воды отсутствуют либо очень маломощны, преимущественно минерализованные |
| Слабо- и пологовозвышенные, почти нерасчлененные глинистые равнины с полынными и полынно-боялычевыми сообществами, иногда с участием небольших массивов бугристых закрепленных песков | Пролювиально-аллювиальные отложения | Область рассеивания (выклинивания) грунтового потока, локальное питание грунтовых вод за счет подтока по каналам, воды минерализованные |
| Пологохолмистая глинистая пустыня с полынно-боялычевыми сообществами в комплексе с блюдцевидными понижениями и небольшими глинистыми останцами | Пролювиально-аллювиальные и соровые отложения | В солончаковых депрессиях воды очень сильно минерализованы |
| Пологохолмистая глинистая пустыня с крупными солончаковыми понижениями | | |

Продолжение табл. 8

| Физиономические компоненты ландшафта | Деципиентные компоненты ландшафта | |
|---|---|--|
| | Геологические условия | Гидрогеологические условия |
| <i>Бугристые, бугристо-ячеистые и бугристо-грядовые песчаные пустыни</i> | Нет четко прямо отраженных в рельефе локальных структур тектонической ступени | Область распространения линзовых вод, транзита и выклинивания грунтового потока |
| Барханно-грядовые и грядово-ячеистые слабозакрепленные пески с комплексом джужуново-белосаксаульниками при участии сюзена, по периферии иногда — смешанносаксаульники | Эоловые пески, маскирующие локальные поднятия | Области местного формирования подпесчаных линз. Грунтовые воды преимущественно слабоминерализованные или пресные |
| Комплекс бугристо-ячеистых закрепленных и бугристо-грядовых слабозакрепленных песков с комплексом белосаксаульников и полынно-кустарниковых сообществ | Эоловые пески, маскирующие локальные поднятия | Область преимущественного транзита грунтовых вод. Грунтовые воды слабоминерализованные |
| Грядово-бугристо-ячеистые закрепленные пески с полынно-кустарничковыми сообществами в комплексе с такыровидными участками | Эоловые отложения в тектонически пониженных участках | Область постепенного выклинивания и минерализации грунтовых вод |
| Слабо- и пологобугристые закрепленные пески с серо-бурыми почвами, занятые кустарничково-полынными и эфемерово-полынными сообществами | Маломощные эоловые пески на неоген-четвертичных отложениях | Область постепенного выклинивания и минерализации грунтовых вод. Слабо водоносны |
| <i>Высокогрядовые грядово-ячеистые и барханно-бугристые песчаные пустыни</i> | Обращенно-прямоотраженный в рельефе прогиб, осложненный локальными поднятиями | Области распространения линзовых вод и транзита грунтовых вод |
| Высокогрядовые и грядово-бугристые слабо закрепленные пески с разреженными джужуново-смешанносаксаульниками | Эоловые пески, хорошо переработанные (перевеянные) | Область формирования пресных вод подпесчаных линз |

Продолжение табл. 8

| Физиономические компоненты ландшафта | Деципиентные компоненты ландшафта | |
|--|--|--|
| | Геологические условия | Гидрогеологические условия |
| Барханные и барханно-грядовые пески, почти лишенные растительности | Эоловые пески, хорошо переработанные (перевеянные) (иногда приурочены к локальным поднятиям) | Область формирования пресных вод подпесчаных линз |
| Бугристо-грядово-ячеистые закрепленные пески с комплексом белосаксаулово-джужуновых сообществ с участием эфедры, полыней, иногда харахарсангов по понижениям | Эоловые, иногда пылеватые пески, местами по понижениям, обогащенные гипсом, обычно близко подстилаемые глинами или тяжелыми суглинками | Область транзита и постепенного выклинивания пресных вод |
| Комплекс барханно-бугристых полузакрепленных и бугристых песков, закрепленных сообществами черного саксаула | | Области транзита и разгрузки пресных вод |
| Комплекс барханно-бугристых полузакрепленных песков и солончаковых понижений | | Область разгрузки пресных вод |
| Пологобугристо-обарханенные пески и навеянные гряды | | Область выклинивания пресных вод линзы |
| <i>Современные долины рек</i> | Прямоотраженных в рельефе флексурно-разрывных зон | Области разгрузки и питания грунтовых вод |
| Тугайная пойма и острова с ивово-лоховыми и лохово-тополевыми тугаями, солодково-хищевыми лугами | Лёссовидные и песчаные аллювиальные отложения | Грунтовые воды пресные |
| Суглинистая терраса с комплексом полынно-джантактовых сообществ, иногда с небольшими песчаными массивами | Лёссовидные и песчаные аллювиальные отложения | Грунтовые воды пресные |
| Слабобугристая и бугристая песчаная и песчано-глинистая равнина, иногда с комплексом солончаковых понижений с полынно-кустарничковыми и полынно-джантактовыми сообществами | Аллювиальные и эоловые отложения | Область транзита грунтовых вод и частичной разгрузки искусственных потоков |

Продолжение табл. 8

| Физиономические компоненты ландшафта | Деципиентные компоненты ландшафта | |
|---|---|---|
| | Геологические условия | Гидрогеологические условия |
| <i>Бугристые, бугристо-ячеистые и бугристо-грядовые песчаные пустыни</i> | Нет четко прямо отраженных в рельефе локальных структур тектонической ступени | Область распространения линзовых вод, транзита и выклинивания грунтового потока |
| Барханно-грядовые и грядово-ячеистые слабозакрепленные пески с комплексом джугуново-белосаксаульниками при участии сюзена, по периферии иногда — смешанносаксаульники | Эоловые пески, маскирующие локальные поднятия | Области местного формирования подпесчаных линз. Грунтовые воды преимущественно слабо-минерализованные или пресные |
| Комплекс бугристо-ячеистых закрепленных и бугристо-грядовых слабозакрепленных песков с комплексом белосаксаульников и полынно-кустарниковых сообществ | Эоловые пески, маскирующие локальные поднятия | Область преимущественного транзита грунтовых вод. Грунтовые воды слабо-минерализованные |
| Грядово-бугристо-ячеистые закрепленные пески с полынно-кустарниковыми сообществами в комплексе с такыровидными участками | Эоловые отложения в тектонически пониженных участках | Область постепенного выклинивания и минерализации грунтовых вод |
| Слабо- и пологобугристые закрепленные пески с серо-бурыми почвами, занятые кустарниково-полынными и эфемерово-полынными сообществами | Маломощные эоловые пески на неоген-четвертичных отложениях | Область постепенного выклинивания и минерализации грунтовых вод. Слабо-водоносны |
| <i>Высокогрядовые грядово-ячеистые и барханно-бугристые песчаные пустыни</i> | Обращенно-прямоотраженный в рельефе прогиб, осложненный локальными поднятиями | Области распространения линзовых вод и транзита грунтовых потоков |
| Высокогрядовые и грядово-бугристые слабо закрепленные пески с разреженными джугуново-смешанносаксаульниками | Эоловые пески, хорошо переработанные (перевеянные) | Область формирования пресных вод подпесчаных линз |

Продолжение табл. 8

| Физиономические компоненты ландшафта | Деципиентные компоненты ландшафта | |
|---|--|--|
| | Геологические условия | Гидрогеологические условия |
| Барханные и барханно-грядовые пески, почти лишённые растительности | Эоловые пески, хорошо переработанные (перевеянные) (иногда приурочены к локальным поднятиям) | Область формирования пресных вод подпесчаных линз |
| Бугристо-грядово-ячеистые закрепленные пески с комплексом белосаксаулово-джугуновых сообществ с участием эфедры, полыней, иногда харахарсангов по понижениям | Эоловые, иногда пылеватые пески, местами по понижениям, обогащенные гипсом, обычно близко подстилаемые глинами или тяжелыми суглинками | Область транзита и постепенного выклинивания пресных вод |
| Комплекс барханно-бугристых полузакрепленных и бугристых песков, закрепленных сообществами черного саксаула | | Области транзита и разгрузки пресных вод |
| Комплекс барханно-бугристых полузакрепленных песков и солончаковых понижений | | Область разгрузки пресных вод |
| Пологобугристо-обарханенные пески и навейные гряды | | Область выклинивания пресных вод линзы |
| <i>Современные долины рек</i> | Прямоотраженных в рельефе флексуно-разрывных зон | Области разгрузки и питания грунтовых потоков |
| Тугайная пойма и острова с ивово-лоховыми и лохово-тополевыми тугаями, солодково-хивевыми лугами | Лёссовидные и песчаные аллювиальные отложения | Грунтовые воды пресные |
| Суглинистая терраса с комплексом полынно-джантактовых сообществ, иногда с небольшими песчаными массивами | Лёссовидные и песчаные аллювиальные отложения | Грунтовые воды пресные |
| Слабобугристая и бугристая песчаная и песчано-глинистая равнина, иногда с комплексом солончаковых понижений с полынно-кустарниковыми и полынно-джантактовыми сообществами | Аллювиальные и эоловые отложения | Область транзита грунтовых вод и частичной разгрузки искусственных потоков |

| Физиономические компоненты ландшафта | Деципиентные компоненты ландшафта | |
|--|--|---|
| | Геологические условия | Гидрогеологические условия |
| Древнеорошаемые земли Слабобугристая с обширными понижениями, комплексом полынно-солонково-тростниковых сообществ | Аллювиальные отложения | Область антропогенного влияния на гидрогеологические условия |
| Древнедельтовые равнины | Прямоотраженных в рельефе флексурно-разрывных нарушений зон и прогибов | Область фильтрации поверхностных вод, транзита грунтового потока, антропогенные |
| Древнеорошаемые земли Такыровидная пологонаклонная равнина в комплексе с солончаками и небольшими песчаными массивами | Древнеаллювиально-дельтовые отложения | Область фильтрации поверхностных вод, транзита грунтового потока, антропогенные |
| Замкнутые понижения, частично занятые искусственными (сбросовыми) озерами, окруженными солончаками и солончаковыми болотами с зарослями тростника и солянок, в комплексе с равнинными переувлажненными участками | Древнедельтовые и озерно-солончаковые отложения | Область фильтрации поверхностных вод, транзита грунтового потока, антропогенные засоления грунтового потока |
| Пологоволнистая наклонная равнина, занятая комплексом супесчано-суглинистых отложений с полынниками и мелкобугристых песков с полынно-кустарниковой растительностью | Древнедельтовые и эоловые отложения | Засоления и постепенного выклинивания грунтового потока |
| Барханные и барханно-бугристые пески с суглинистыми понижениями с боялычевым джузгунником на буграх и группировками гипсофитов по понижениям | Эоловые пески, навешанные на древнедельтовые отложения | Выклинивания грунтового потока |

В Солигорском аграрно-промышленном районе заболоченность является следствием плохих условий стока и дренажа на плоской Полесской низменности при значительной сумме годовых осадков. Наиболее широко распространены заболоченные земли, болота представлены небольшими по площади массивами, соединяющимися протоками. Болота часто преимущественно сосредоточены в поймах, надпойменных террасах или ложбинах и замкнутых западинах водоразделов. По характеру водного питания болотные массивы подразделены на четыре основных типа: 1) болотные мас-

сивы грунтово-напорного питания; 2) болотные массивы преимущественно грунтового питания; 3) болотные массивы грунтово-атмосферного питания; 4) болотные массивы, которые питаются преимущественно за счет атмосферных осадков. Преобладают в основном болота низинного и переходного типов, на них часто можно встретить суходольные гряды и острова. Верховые болота неглубокие, они занимают замкнутые котловины.

Из низинных болот встречаются травяные, травяно-моховые и лесные (древесные). Преобладают по площади и количеству травяные низинные болота. Они расположены на низких поймах, в ложбинах временных водотоков, западинах, в естественном состоянии часто используются как сенокосные угодья. В низких поймах и ложбинах временных водотоков среди низинных травяных болот находятся также травяно-моховые и некоторые древесные болота, например черноольхово-березовые осоковые с ивой и ивовой. В основном же древесные низинные болота занимают низины, котловины, высокие поймы. Мощность торфа низинных болот колеблется от 0,5 до 3 м. Переходные болота представлены травяно-моховыми и древесно-моховыми болотами. Травяно-моховые болотные массивы приурочены главным образом к низким поймам и ложбинам временных водотоков и имеют мощность торфа от 0,5 до 2 м; древесно-моховые — к котловинам и низинам и имеют мощность торфа от 0,5 до 3 м. Из верховых болот присутствуют только сосново-кустарничково-сфагновые. Мощность торфа на них достигает 2 м.

В настоящее время большая часть низинных и переходных болот осушена и используется в сельском хозяйстве в виде пахотных, пастбищных и луговых угодий. Верховые болота осушению не подвергались, но расположенные среди лесных массивов, они так же, как и леса, претерпели косвенное осушение в результате мелиорации прилегающих территорий. Они потеряли первоначальный облик и начинают зарастать растительными сообществами суходольных лесов. Таким образом, болота прямо или косвенно изменены человеком.

Наряду с болотами в пределах рассматриваемого района широкое распространение имеют заболоченные земли, мощность торфа которых не превышает 0,5 м. Они приурочены к плоским слабодренлируемым и недренлируемым участкам моренных и зандровых равнин, пологим склонам, замкнутым понижениям и ложинообразным углублениям междуречных пространств, поймам. Их заболачивание происходит за счет близкого залегания уровня грунтовых вод или за счет накопления атмосферных и поверхностно-сточных вод. В естественном состоянии заболоченные земли используются как луговые и пастбищные угодья, так как их водно-воздушный режим неблагоприятен для роста и развития сельскохозяйственных культур. В настоящее время огромные массивы заболоченных земель осушены, распаханы и используются под посевы сельскохозяйственных культур и многолетних трав.

Пример топоэкологической систематизации современной растительности пустынь (фрагмент)

| Топологическая приуроченность | Экологическая приуроченность | Экологические группы | Растительные сообщества и комплексы |
|---|---|--|---|
| Растительность низкогорий и высоких плато | Растительность щебнистых и глинистых склонов и плоских плато | Группировки и сообщества пелитофитов, гипсофитов и хасмофитов | Разреженные полинники с кустарниками (эфедра, терескен, боялыч), полинники с осокой и мятликом Осоковые мятличники Полынно-сингреневые злаковники Полынные кеуречники, иногда в комплексе с группировками курчавки и терескена |
| | | Сообщества хасмофитов и гипсофитов | Сочетания полных боялычников и полных тас-биоргунников Боялычники с тас-биоргунниками; разреженные группировки гипсофитов |
| | | Сообщества фреатофитов | Группировки тамариска с джангачниками и перовской, иногда с тростником |
| Растительность равнин | Растительность слабозакрепленных песков | Разреженные группировки псаммофитов | Единичные экземпляры союна Единичные экземпляры кандымов и белого саксаула Разреженные кандымовые белосаксаульники |
| | Растительность песчаных пустынь | Сообщества псаммофитов | Белосаксаульники с кандымом и борджоком Илаковые белосаксаульники с кандымом и соуном Илаковые белосаксаульники с кандымами и борджоком Кандымки в сочетании с илаковыми белосаксаульниками Джузгунники, иногда с боялычом, рдыней, курчавкой Череззунки с саксаулом и кандымами Сингренники с полынно-терескеновыми сообществами, иногда с курчавкой и боялычем |
| | Растительность солончаковых | Сообщества галофитов | Полынно-боялычевый комплекс с черным саксаулом, дерезой, кермеком |
| | пустынь | | Комплекс группировок поташника, карабарака, сарсазана и полынно-боялычевых и боялычево-кермевых группировок |
| | Комплексная растительность песчано-глинистых и суглинистых пустынь | Сообщества псаммофитов и пелитофитов | Илаковые белосаксаульники по буграм в сочетании с боялычниками по понижениям Сочетания илаковых и кандымово-борджоковых саксаульников по грядам, полинников и полных кеуречников по понижениям Сочетания илаковых белосаксаульников на бугристых песках и группировок боялыча и однолетних солянок по такыровидным понижениям Черносаксаульники и смешанносаксаульники с кандымом Комплекс полных белосаксаульников по буграм и южнополынных в сочетании с кеуречниками по понижениям Полынные джузгунники в комплексе с боялычниками и южнополынными Сингренники в комплексе с южнополыниками и боялычниками |
| Растительность равнин | Растительность песчано-щебнистых, щебнисто-глинистых и гипсовых пустынь | Сообщества хасмофитов, пелитофитов и гипсофитов с участием псаммофитов | Тас-биоргунники с полынью и боялычем Полынные реамюрники Группировки гипсофитов (парнолистник, боялыч) Комплекс боялычников и кеуречковых полынных Боялычники Кеуречники в комплексе с такырами, почти лишенными растительности Полынные кеуречники с боялычом и единичным саксаулом Южнополыники в сочетании с боялычем, курчавкой, терескеном Южнополыники, иногда с кеуреком Южнополыники в комплексе с боялычниками и такырами, почти лишенными растительности Полынки со злаками и эфемероидами (ферула) Комплекс полынников и сингренников Комплекс южнополынных и сингренников по буграм, боялычевых кеуречников по понижениям Группировки однолетних солянок и шведок в комплексе с боялычево-полынно-кермевыми сообществами с парнолистником |

| Топологическая приуроченность | Экологическая приуроченность | Экологические группы | Растительные сообщества и комплексы |
|-------------------------------|---|---|--|
| Растительность равнин | Растительность песчано-щебнистых, щебнисто-глинистых и гипсовых пустынь | Сообщества халофитов, пелитофитов и гипсофитов с участием псаммофитов | Группировки однолетних солянок и шведок Разреженные группировки кермека и парнолистника с сарсазаном и поташником Разреженные группировки солянок с тамариксом и черным саксаулом Сарсазанники, иногда с тамариксом |
| | Растительность гидрогенных ландшафтов пустынь | Сообщества фреатофитов | Сочетания тамариксовых зарослей, зейдличников, акбашево-джантаксовых сообществ с едичинным тамариксом Тамариксово-селитрянково-ажрековые сообщества в комплексе с полыньниками Сочетания тамариксовых зарослей и тростниково-солянковых болот (солончаков) Сочетания тамариксовых тугаев и джантачников, иногда с акбашем и солондой Сочетания турангово-лоховых тугаев и джангилей, иногда с ажреком и джантачниками Комплекс тамариксовых и селитрянковых чукалаков и бугристых сарсазанников |

Основной картографируемой единицей, показанной на карте, являются виды болотных массивов, которые выделяются по преобладающей растительности.

В легенде указываются торфность болот и стадия их развития. Это дает возможность судить о характере процесса болотообразования, облегчает трансформацию карты в ряд прикладных карт (карту торфяного фонда, объектов сельскохозяйственной и лесной мелиорации).

На карте одновременно показано современное состояние болот и заболоченных земель (осушенные, неосушенные) — красочное обозначение; и современный растительный покров неосушенных болот, — индексами на участках, где на месте того или другого вида болот или заболоченных земель расположены сельскохозяйственные угодья, восстановленная растительность также показана индексами. Это рационально с точки зрения научного содержания карты и ее практического использования.

При разработке серий покомпонентных карт, например почвенных, растительного покрова и других, используются как ландшафтно-индикационные таблицы, так и макеты ландшафтных (ландшафтно-индикационных) карт в качестве карты природных контуров. При составлении карты растительности пустынь с использованием этих материалов предварительно был осуществлен ландшафтно-экологический анализ распределения растительных сообществ и их комплексов.

Результаты такого анализа представляются в виде таблицы. Пример такой таблицы для пустынных участков приведен в табл. 9, которая послужила основой легенды к геоботанической карте. Эта карта составлялась с помощью использования более крупномасштабных снимков, чем при составлении ландшафтной и структурно-геоморфологической карт.

Растительный покров изученной территории довольно однообразен по характеру доминирующих видов — эфидикаторов: полынь, кеурек, боялыч, эфемеры и эфемеронды; тетыр, саксаулы, кандымы, тугайные виды. Эти основные доминанты образуют различные сочетания, благодаря чему растительные сообщества пустынь отличаются по видовому составу и аспектам. Из этих господствующих растительных формаций только саксаулы и тугайные виды имеют древесные формы, в подавляющем большинстве растительность этой территории представлена травянистыми или кустарниковыми сообществами. Следовательно, даже на крупномасштабных аэроснимках многие растительные сообщества имеют интегральное фотоизображение. При работе с более мелкомасштабными снимками, в том числе и с космическими фотоснимками, генерализация изображения растительности еще больше возрастает. В связи с этим дешифрирование растительности на мелкомасштабных снимках часто проводится путем «обратной индикации», т. е. на основании знаний о приуроченности растений к определенным экологическим условиям (литологии поверхностных от-

ложений, их увлажнению и т. д.), в целом — к определенным ландшафтными условиям.

Кроме того, оптическая генерализация приводит к тому, что на аэро- и космических фотоснимках получают интегрированное отражение не отдельные растительные сообщества, а их мезо- или макрокомбинации. Это еще в большей степени предопределяет необходимость ландшафтного дешифрирования растительного покрова, что в значительной степени отвечает современным представлениям геоботанической картографии.

Тесные связи растительного покрова с экологическими условиями пустынь широко отмечаются всеми исследованиями аридных областей, что послужило основой для использования растительности в качестве индикаторов геологических или гидрогеологических условий местности. При составлении карты растительности с использованием космических снимков, кроме экологических условий, учитывались и имеющие место антропогенные модификации коренных растительных сообществ. Легенда к карте современного растительного покрова построена по ландшафтно-экологическому принципу. Так, выделены сообщества, распространенные в низкогорьях, на высоких плато и на равнинах.

В низкогорьях наиболее широко распространены очень разреженные полынники с участием эфедры, терескена, боялыча; меньшие площади на выположенных склонах или плоских вершинах занимают более сомкнутые полынники и осочковые мятличники. На подгорных пологонаклонных равнинах и плато доминируют сочетания полынников, боялычников, тас-биургунников и тетырников. Но растительность этих и без того бедных гипсовых пустынь очень сильно стравлена, кустики полыни, тетыра, биургуна иногда трудноразличимы даже при наземных исследованиях, так как съедены «до корня».

Аналогичные виды работ были осуществлены при составлении карты растительности в серии экологических карт Национального парка Севан, включающего весь бассейн оз. Севан. На основании выявленных ландшафтно-индикационных закономерностей была составлена экологическая классификация сочетаний и комплексов растительных сообществ (табл. 10). Для этого участка усложняющим моментом была необходимость учета изменений климатических условий с абсолютной высотой местности. С помощью составленной таблицы была проведена интерпретация предварительной ландшафтной карты, дополнявшаяся геоботаническим дешифрированием увеличенных космических снимков.

Таким образом, методика составления карты включала: ландшафтно-индикационное дешифрирование космической информации и составление схемы природных контуров; установление и анализ корреляционных связей между растительностью и условиями местообитания; разработку предварительной легенды карты растительности; интерпретацию схемы природных контуров и составление предварительного макета карты растительности (на фото-плане); выборочную полевую проверку составленного макета и

Таблица 10

Экологическое распределение растительности (фрагмент)

| Высотный пояс | Растительные сообщества, их сочетания и комплексы | | |
|----------------------|--|--|--|
| | Типичные | Экологические варианты | |
| | | петрофитные | гидроморфные |
| Альпийский | Комплекс осоково-манжетковых сообществ (осока печальная, осока Медведева, манжетка, овсяница овечья, тонконог азиатский) с участием разнотравья (скабиоза, лядвенец, клевер, камнеломка, дороникум, ромашка), иногда со скальными выходами и каменистыми россыпями, почти лишенными растительности | Комплекс пестроовсяницево-манжетковых (овсяница пестрая, манжетка) с разнотравьем (тмин, сиббальдия, колокольчик, первоцвет, мытник, ромашка) и группировок петрофитов (пузыреплодник, эвномия, подмаренник, шарогнездка, астрагалы) со скальными выходами и каменистыми россыпями | |
| Субальпийский | Сообщества субальпийских высокогорных лугов (черемича, лилии, ветреница, купальница, лабазник, колокольчики, дудник, головчатка) | Пестроовсяницево-осочково-разнотравные луга (сушеница, желтушник, астранция, головчатка, гроссгеймия, нивьяк, скабиоза, девясил, ромашки, лилии, бодяк) в сочетании с тимьянниками и каменистыми россыпями с малиной, купеной, шиповниками, ежевикой, пузырником, коричником, головчаткой, кизильником, колокольчиками | Пестроовсяницево-осочково-разнотравные луга (эспарцет, мытник и др.) в сочетании с остепненными лугами с участием ковылей коротконожки, костра, тимофевки, лабазника и заболоченных участков с осоками, ситниками, белокрыльником, сердечником |
| Горнолуговое степной | Комплекс луговых степей и остепненных лугов (сообщества с участием осок, ковылей, овсяниц, тонконогов, пырея, костров, коротконожки, ежи и степного разнотравья — шалфей, полынь, мак, колокольчик, лапчатка, скабиоза, горечавка и др.) | Комплекс луговых степей и остепненных лугов со степным разнотравьем и тимьянников (сообщества тимьянов и дубровников), местами с трагаканниками (астргалы, акантолиммон) | Комплекс луговых степей и остепненных лугов с тимьянниками и лугово-болотно-разнотравными сообществами (осоки, мята, блисмус, череда, ситники, вербейник) |
| Горнолуговое степной | Сочетания луговых злаково-разнотравных (овсяница луговая, тонконоги, пырей, костер) и типчаково-ковыльных степей (типчак, ковыли) с небольшим участием тимьянников | Сочетания разнотравно-типчаково-ковыльных степей, тимьянников, трагаканников, иногда с кустарниками (спирея, шиповники, зизифора, волчник и др.) | Сочетания разнотравно-типчаково-ковыльных степей, тимьянников и лугово-болотного разнотравья (осоки, ситники, горец и др.) |

окончательное составление на основе собранных материалов авторского макета карты с уточненной легендой.

Распределение современного растительного покрова отражает высотную поясность в горах и различия, обусловленные литолого-геохимическими (геологическими) и ландшафтными условиями. Выделяемые сочетания и комплексы растительных сообществ объединены по эколого-фитоценоотическому принципу. Так, выделяются альпийские и субальпийские луга, горные луговые, разнотравно-ковыльные и разнотравно-типчаковые (опустыненные) степи; редколесья и заросли ксерофитных кустарников; луга и лугово-болотные сообщества; искусственные лесонасаждения, культурная и рудеральная растительность. Почти для всех местообитаний характерна высокая щелнистость почв, поэтому в каждой группе выделяются петрофитные варианты сочетаний растительных сообществ, где часто доминируют лишайные растительности скальные выходы. Особо выделены участки лавовых плато с чингилями, где степень проективного покрытия менее 10%. Лесокустарниковая растительность развита только по склонам гор северного берега озера. Так, несколько участков, занятых дубравным криво-лесьем, сохранились на склонах Севанского хребта, преимущественно между пос. Джил и Дара, и в 2—3 ущельях Арегунского хребта. Разреженные арчевники распространены там же несколько шире, но повсюду сильно угнетены. Фрагменты дубрав сопровождаются крупнокустарниковыми сообществами, которые местами полностью сменили дубравы. Гораздо шире распространены мелкокустарниковые заросли из спиреи, шиповника, иногда барбариса и др. Они приурочены к многим каменистым местообитаниям, часто встречаясь по обрывам вдоль рек и на южном берегу Севана.

Господствующее положение в бассейне Севана занимают сочетания и комплексы степных сообществ — от красочных луговых до антропогенно опустыненных типчаковых степей. Естественная растительность претерпевает значительные антропогенные изменения. В результате сведения лесов по склонам и существенного перевыпаса наблюдаются депрессионные смены лесной растительности, кустарниковой и даже степной, травянистые степные сообщества деградируют до трагакантников.

Проведено осушение болот оз. Гили. На вновь осушенных участках оз. Севан во многих местах проведены лесопосадки, но преобладают массивы малоценных пород, в частности тополей, которые на значительных площадях усыхают и выпадают, образуя лужайки. Сомкнутые лесные насаждения довольно высоких бонитетов развиты только в районе Мартуни. На недавно осушенных пляжах распространяются псаммофильно-рудеральные виды.

При составлении карты лесной растительности, которая опознается на снимках по прямым дешифровочным признакам, использование предварительной ландшафтной карты несколько ограничено и заключается в установлении или уточнении экологической приуроченности типов леса и согласовании карт серии. Основ-

ным содержанием такой карты являются типы леса (по В. Н. Сукачеву). При составлении карты типов леса в подзоне хвойно-широколиственных лесов в качестве основных материалов при картографировании применялись космические снимки, по которым велось сплошное поконтурное дешифрирование лесов. При дешифрировании контуров леса использовались прямые дешифровочные признаки — тон и рисунок фотоизображения. В качестве основы для составления предварительных макетов карты применялся фотоплан. Более детальное разделение древесной растительности с выделением доминирующих видов лесобразующих пород осуществлялось по аэрофотоснимкам, на которых достаточно достоверно определяются леса с господством хвойных, широколиственных или мелколиственных пород, а также смешанные леса с различным соотношением хвойных и лиственных пород. Для интерпретации типов леса использовался комплекс прямых и косвенных дешифровочных признаков (ландшафтно-индикационного метода дешифрирования). Привлекались также данные полевых экспериментальных работ и лесотаксационные описания. Отдешифрированные на отдельных фотоснимках контуры переносились на фотоплан масштаба создаваемой карты, который служил предварительным макетом составляемой карты.

После проведения всего комплекса дешифровочных и проверочных работ составляется исходный оригинал карты, который выполняется на картографической основе и имеет законченное графическое оформление.

Типологические подразделения лесной растительности (имеется в виду подразделение по травяно-кустарниковому ярусу) для компактности в легенде представлены общим для всех формаций проиндексированным списком. Поэтому на карте тип леса читается при совместном соединении цвета и индекса. Цвет соответствует лесным формациям, цифровой индекс — ботанической нагрузке, соответствующей травяно-кустарниковому ярусу лесов. Цветовая шкала выдержана в тех тонах, которые применяются для показа лесов по преобладающим породам на лесных картах. Такой показ делает карту менее пестрой по цветовой раскраске и легко читаемой, а легенду более обозримой. В ряде случаев на карте показываются сочетания выделов, где имеют место большое количество мелких по площади болот, расположенных среди лесных массивов. Обозначаются такие контуры как сочетания определенных типов болот и лесов.

На карте выделяются типы лесов: хвойных, широколиственных, мелколиственных, хвойно-широколиственных, мелколиственно-хвойных, мелколиственно-широколиственных. Показано также современное вмешательство человека — посадки лесных культур, вырубки последних лет.

Такое же вспомогательное значение имеют ландшафтные карты при разработке на основе космической информации карт использования земель, где основным содержанием карты является современ-

менное распределение земельного фонда по угодьям и категориям хозяйственного назначения.

Структура земельного фонда любой территории не является постоянной. Она определяется прежде всего специализацией и уровнем развития сельскохозяйственного производства, а также сочетанием почвенных, климатических, геоморфологических и экономических условий.

Например, по характеру использования сельскохозяйственные угодья Солигорского района делятся на пахотные земли, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища. Пашней почти полностью занята западная и центральная часть района с благоприятными почвенными условиями, хорошей дренированностью территории и незначительной заболоченностью. В восточной и южной части района удельный вес пашни резко снижается и возрастает доля сенокосов, пастбищ, лесов. В составе сельскохозяйственных угодий не менее 20 % приходится на осушенные земли. Большие площади земель оказались в результате разработки калийных солей вне сельскохозяйственного использования.

При дешифрировании земельных угодий использованы прямые дешифровочные признаки и достаточно устойчивые признаки-индикаторы, которые свидетельствуют о наличии данного объекта на фотоснимке. Дешифрирование велось инструментально-визуальным методом. Возможность и достоверность дешифрирования различных земельных угодий неодинакова, что вызвано их раздробленностью и мелкоконтурностью, обусловленной пестротой природных и хозяйственных условий, в том числе наличием заболоченных и болотных земель. Наиболее раздроблены земельные угодья в пределах моренной равнины. Здесь с большой трудностью осуществляется дешифрирование сельскохозяйственных угодий, особенно сенокосов и пастбищ в разных стадиях состояния, которые представляют собой разрозненные участки, мелкие по площади и сложной конфигурации. Пахотные земли, имеющие правильную прямоугольную форму, достаточно легко дешифрируются по прямым дешифровочным признакам. Лесные участки, луга и болота, приуроченные к слабодренируемым плоским участкам моренных и зандровых равнин, имеют в этом районе менее раздробленные выделы, поэтому достаточно уверенно дешифрируются по космическим фотоснимкам.

Наиболее полно используются ландшафтно-индикационные таблицы и макет ландшафтной (ландшафтно-индикационной) карты при разработке карт деципиентных компонентов ландшафта, например карт грунтовых вод.

Так, методом ландшафтно-индикационного дешифрирования космической информации, на основе установленных по фактическим данным гидроиндикационных закономерностей составлены карты грунтовых вод Юго-Западного Кызылкума и Заунгузских Каракумов [18], грунтовых вод и переувлажненных земель районов Смоленского Поозерья и др. Наиболее часто устанавливаемые гидроиндикационные закономерности отражаются в виде матричных

таблиц взаимосвязей [8]. Для составления таких таблиц используются все имеющиеся материалы, достоверно раскрывающие геологические и гидрогеологические условия (данные о глубинах грунтовых вод, установленные в отдельных точках) района, а также характер физиономичных компонентов ландшафта. Эти описательные материалы и фактические данные о глубине залегания и минерализации грунтовых вод в конкретных пунктах наблюдений дали возможность достаточно обоснованно применить ландшафтно-гидроиндикационный метод интерпретации ландшафтной карты, составленной с использованием космических снимков. Для гидроиндикационной интерпретации определенной роль также сыграли наземные и аэровизуальные наблюдения и изучение характера распределения растительных сообществ-фреатофитов.

На карте грунтовых вод Ю-3 Кызылкума и Заунгузских Каракумов выделены 10 водоносных горизонтов и комплексов, из них 3 — дочетвертичных отложений и 7 — четвертичных и неоген-четвертичных, показаны также практически безводные (без грунтовых вод) отложения и проявления на поверхности глубинных вод. Кроме того, на карте даны условные градации глубин залегания и степени минерализации грунтовых вод, естественные и искусственные водопроявления (родники, колодцы, скважины) и мелкие временные водохранилища. Карта иллюстрирует распределение этих водоносных горизонтов и комплексов с характерными для них глубинами залегания и минерализацией грунтовых вод.

В качестве общей закономерности можно отметить, что на правобережье Амударьи, в Юго-Западном Кызылкуме глубина залегания грунтовых вод меньше, чем в Заунгузье, где встречаются колодцы глубиной до 50—60 м. Региональным водоупором в этом регионе почти повсеместно являются глины палеогена.

Особо следует отметить наличие в песчаных массивах Низменных Каракумов и Заунгузья подпесчаных линз пресных вод. Эти линзы детально разведаны туркменскими гидрогеологами. Они представляют собой существенный резерв пресных вод, пригодных для обводнения пастбищ. По материалам ландшафтно-индикационного дешифрирования удалось уточнить их конфигурацию, установить, что в восточной части Заунгузских песков существует, очевидно, не одна, а несколько линз пресных вод (с минерализацией до 1,0 г/л), хотя и небольшой площади. И, наоборот, в песках Джалликкум линза пресных вод занимает очень большую площадь, очевидно, больше, чем это указывается в литературе.

Как известно, пресные воды линз Заунгузья сформировались в ачкагыльское время за счет фильтрации вод Амударьи. Но для длительного существования пресных вод в условиях аридного климата необходим активный водообмен. Этот водообмен осуществляется за счет постоянного оттока вод линзы (ее разгрузки), с одной стороны, и пополнения за счет инфильтрации атмосферных осадков — с другой. Такой процесс современного питания пресных вод линз песчаных массивов установлен как для Туркмении, так

и для других пустынь. В. Н. Чубаров* установил, что величина инфильтрации атмосферных осадков и конденсации паров, а следовательно, и питание вод линзы зависят от степени закрепленности песков растительностью. В полностью закрепленных песках питания пресных вод не происходит.

Используя эти закономерности формирования пресных вод подпесчаных линз, при предварительном дешифрировании было высказано предположение о наличии таких пресных вод в незакрепленных песках, меридионально-вытянутых от Амударьи на север. Контрольное бурение подтвердило это предположение.

Опытно-производственные работы по созданию серии тематических карт природных условий и ресурсов проведены в Калининской области, где в работах принимали участие многие организации и лица, связанные с тематическим картографированием в Нечерноземье. В результате работ составлено 16 тематических карт экологического содержания на обновленной топографической основе.

Обновленная с использованием космической информации топографическая основа содержит согласованные с фотоизображением сведения по рельефу, гидрографии, населенным пунктам, путям сообщения, растительности и другим элементам ландшафта. При этом она дает возможность получить важные данные о картографируемой территории, отсутствующие на исходном фотоизображении (в частности, классификационные подразделения и количественные характеристики по населенным пунктам, путям сообщения, гидрографической сети, рельефу поверхности, средствам связи, а также сведения административно-политического и экономического характера).

Карта ландшафтов, фрагмент которой приведен на рис. 8, относится к основным (базовым) картам природных условий. Она отражает современную структуру и состояние природно-территориальных комплексов региона. Вместе с тем она является связующей контурной основой производных экологических карт прикладного характера, входящих в серию.

Карта болот и заболоченных земель является специализированной экологической картой и характеризует современное состояние экологических условий гидроморфных ландшафтов. На ней показано размещение и современное состояние болот и заболоченных земель, показаны осушенные участки, приведены данные о современном растительном покрове этих избыточно увлажненных земель и характере использования осушенных территорий (рис. 9). В легенде указаны стадии развития болот и мощность торфяных отложений. Все эти сведения используются для рационального выбора болотных территорий под осушительную мелиорацию, охрану болот, выбор очередности мелиоративных работ, а также для выявления очагов отрицательных последствий мелиорации.

* Чубаров В. Н. Питание грунтовых вод песчаной пустыни через зону аэрации (механизмы, методы изучения, оценка). М., Недра, 1972.

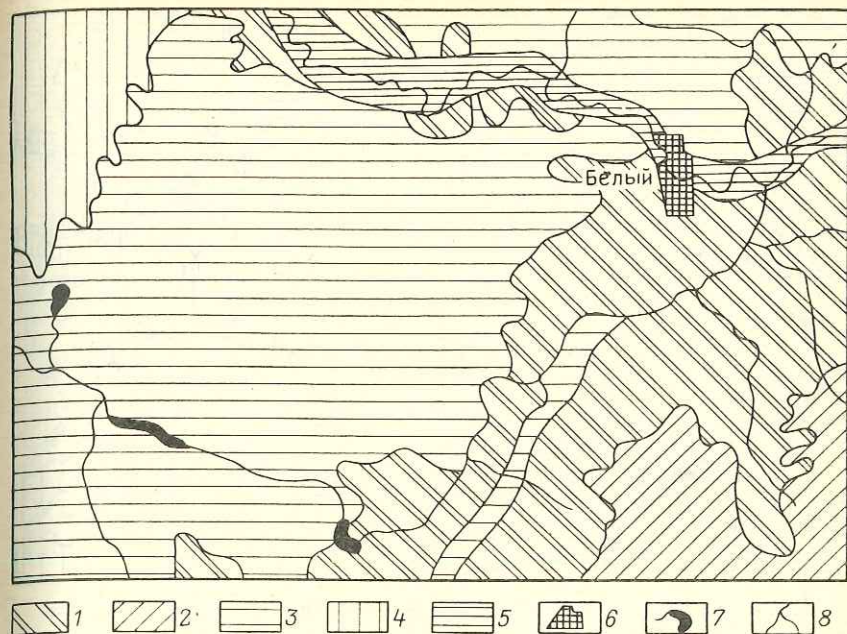


Рис. 8. Карта ландшафтов Бельского района Калининской области (фрагмент). Составила Л. А. Шевченко:

1—2 — моренные суглинистые равнины на палеозойском фундаменте (известняки, доломиты с прослоями глин, песков, песчаников и гипса); 1 — слаборасчлененные пологоволнистые моренные равнины, с дерново-сильнопodzolistыми, дерново-подzolistо-глеватыми и глеевыми средне- и легкосуглинистыми почвами, значительно распаханы, с остатками мелколиственных, часто заболоченных лесов, мелколиственно-еловых, ольховых лесов и злаково-разнотравных лугов, 2 — крупнохолмистые и пологоволнистые расчлененные моренные равнины, с дерново-среднеpodzolistыми пылевато-суглинистыми почвами, с участками дерново-сильно- и слабоpodzolistых почв с мелколиственно-еловыми, мелколиственными лесами и разнотравно-злаковыми лугами, частично распаханы; 3 — волно-ледниковые равнины на палеозойском фундаменте: плоские и слабоволнистые задровые равнины с участками моренных и камовых холмов и озовых гряд, с дерново-средне- и слабоpodzolistыми, часто глееватыми и глеевыми супесчаными и песчаными почвами, с преобладанием больших массивов верховых сфагновых и сфагновых с сосной болот, с сосновыми, елово-мелколиственными, сосново-мелколиственными, мелколиственными лесами и разнотравно-злаковыми лугами, частично распаханы; 4 — озерно-ледниковые песчаные и супесчаные равнины на палеозойском фундаменте: плоские озерно-ледниковые равнины с торфяно-болотными почвами под верховыми болотами; 5 — речные долины: с современными и древнеаллювиальными отложениями, с пойменными лугами и сосновыми лесами по надпойменным террасам, частично распаханы; 6 — населенные пункты; 7 — озера; 8 — реки

Карта торфяных залежей и сапропеля близка к карте болот и заболоченных земель. На ней показаны не только залежи торфа и сапропеля с указанием их мощности, запасов, ботанических и технических свойств, но и особенности их современного использования в народном хозяйстве региона. Карта несет определенную экологическую информацию в части характеристики свойств торфа и сапропеля.

Карта растительности дает представление о современном характере растительного покрова территории, содержит необходимую экологическую информацию для разработки рационального природопользования и прогноза изменений растительного покрова в результате хозяйственного воздействия.

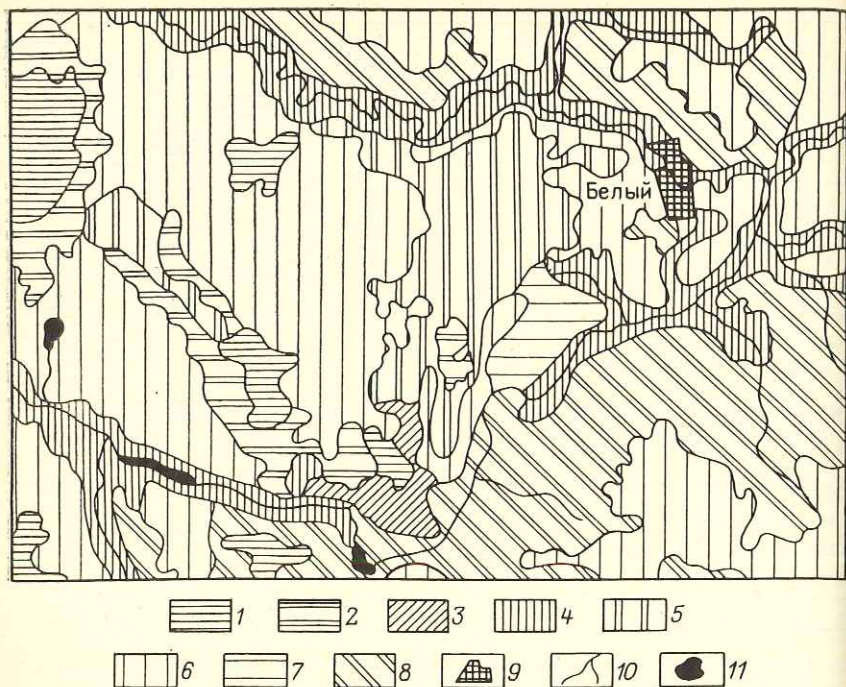


Рис. 9. Карта болот и заболоченных земель Белого района Калининской области (фрагмент). Составила Е. А. Востокова:

1—3 верховые и переходные болота: 1 — комплексы сосново-кустарничково-сфагновых и кустарничково-сфагновых болот; 2 — грядово-мочажинные, сосново-кустарничково-сфагновые и шейхцерново-сфагновые болота; 3 — тростниково-сабельниково-сфагновые болота в комплексе с кустарничково-сфагновыми; 4—6 — заболоченные земли: 4 — луга, местами заболоченные, в комплексе с кустарниковыми зарослями; 5 — елово- или сосново-мелколиственные леса и вырубки; 6 — слабо заболоченные локальные участки в елово- и сосново-мелколиственных лесах или на сельскохозяйственных землях; 7 — заболоченные земли осушенные; 8 — незаболоченные земли; 9 — населенные пункты; 10 — реки; 11 — озера

Карта лесов отражает современное состояние древесной растительности в связи с состоянием экологических условий (рис. 10). На ней показаны экологические типы лесов с указанием состава древостоя и группы возраста насаждений, а также нарушенность лесов современными и прошлыми хозяйственными и другими воздействиями. Карта практически используется для комплексного хозяйственного освоения региона, в том числе для рационального планирования ведения лесного хозяйства и дальнейшего определения его развития.

Карта почвенно-мелиоративного районирования иллюстрирует структуру почвенного покрова как непосредственного объекта мелиорации. На карте отражены причины, вызвавшие заболачивание земель, показаны неблагоприятные природные факторы, осложняющие проведение мелиорации. Карта используется при планировании мелиорации почв, для выбора способов мелиорации.

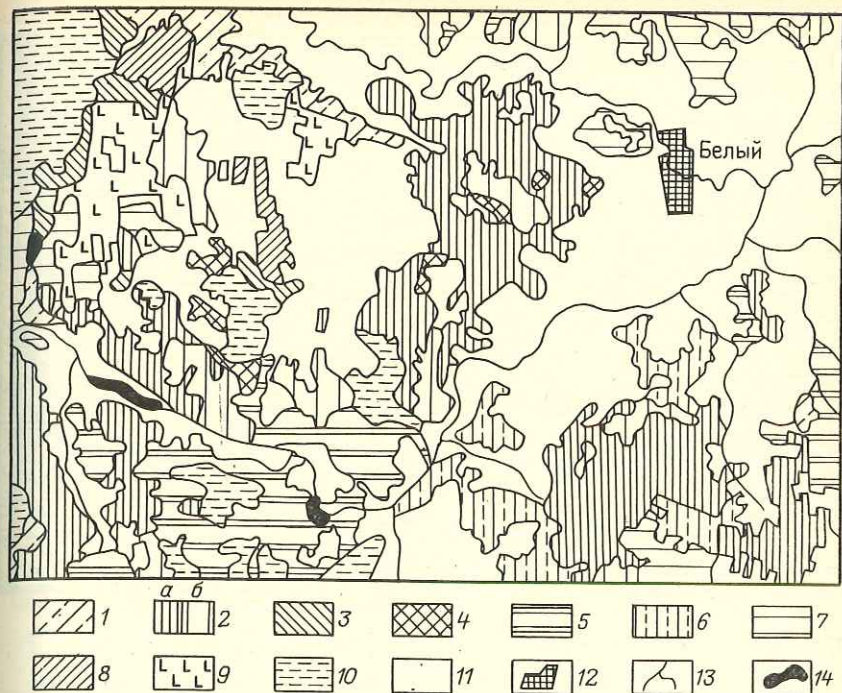


Рис. 10. Карта лесов Белого района Калининской области (фрагмент). Составила Л. А. Шевченко:

1—2 — ельники: 1 — молодые и средневозрастные с примесью березы, иногда осины; 2 — приспевающие и спелые: а — с примесью осины и березы, б — чистые; 3—4 — сосняки: 3 — молодые и средневозрастные; 4 — приспевающие и спелые; 5 — осинники приспевающие и спелые с примесью березы и ольхи серой; 6—7 — березняки: 6 — молодые и средневозрастные с примесью ольхи серой и осины; 7 — приспевающие и спелые с примесью осины; 8 — молодые насаждения (береза, осина, ель) на месте вырубок; 9 — вырубки; 10 — болота; 11 — сельскохозяйственные земли; 12 — населенные пункты; 13 — реки; 14 — озера

Вместе с почвенно-мелиоративной картой составлена природно-мелиоративная карта, на которой отражены такие экологические факторы, как степень дренированности и характер водного режима территории. В легенде приводятся неблагоприятные агропроизводственные свойства, обусловленные экологическими факторами и отчасти хозяйственным использованием, даны рекомендации для борьбы с ними. Карта может быть использована для выделения земель, нуждающихся в осушительной мелиорации, для разработки конкретных мелиоративных мероприятий: способов осушения, приемов регулирования водного режима почв, удаления кустарников и мелколесья.

Карта грунтовых вод отражает распределение важнейшего экологического фактора — первого от поверхности водоносного горизонта — в зависимости от состава водовмещающих пород и глубины залегания, которые определяют условия развития почвенно-растительного покрова. В связи с тем что минерализация вод повсюду

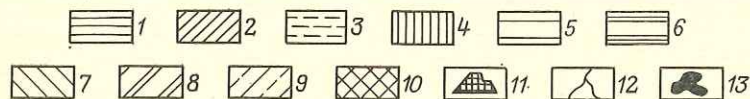
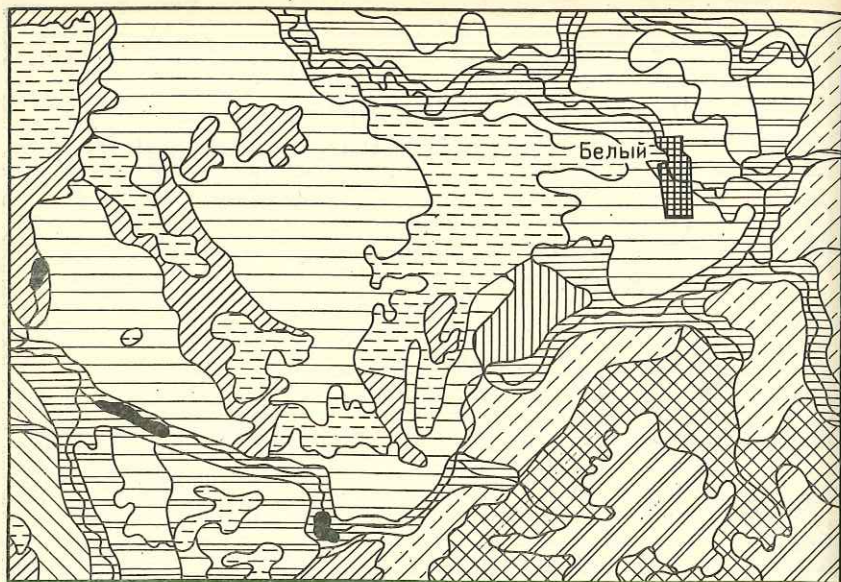


Рис. 11. Карта грунтовых вод Бельского района Калининской области (фрагмент). Составила Е. А. Востокова:

1 — грунтовые воды в суглинках, супесях и песках аллювиальных, аллювиально-делювиальных и аллювиально-озерных речных долин и ложбин стока, залегающие на глубине, м: 0,5—2,5 (до 3,0); 2—4 — грунтовые воды в торфах современных болотных отложений, залегающие на глубине, м: 2—0,0—0,3; 3—0,0—0,5; 4 — более 3,0; 5—7 — грунтовые воды в песках с гравием и галькой, с прослоями супесей, суглинков и глин флювиогляциальных отложений, залегающие на глубине, м: 5—0,5—1,0; 6—1,0—2,5 (до 3,0); 7—3,0—5,0, местами более 5,0; 8—10 — грунтовые воды спорадического распространения, местами верховодка в прослоях и линзах песков и супесей среди валунных суглинков моренных отложений, залегающие на глубине, м: 8—0,0—0,5; 9—3,0—5,0; 10 — более 5,0; 11 — населенные пункты; 12 — реки; 13 — озера

ду в районе одинакова и не играет ведущей экологической роли, она на карте не отражена. Фрагмент карты грунтовых вод приведен на рис. 11.

Карта использования земель отражает современное состояние хозяйственного использования природных ресурсов, показывает сложившуюся дифференциацию территории в зависимости от характера ее использования. Основным содержанием карты является современное распределение земельного фонда по угольям и категориям хозяйственного назначения. Строго говоря, она не относится к экологическим картам, но она иллюстрирует существующие формы антропогенного воздействия на природную среду и служит интегральным показателем изменений экологических условий в результате хозяйственной деятельности. Фрагмент карты использования земель приведен на рис. 12.

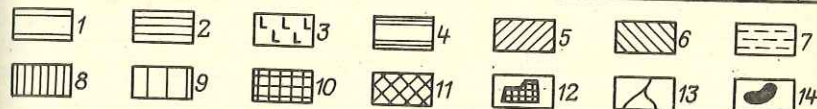
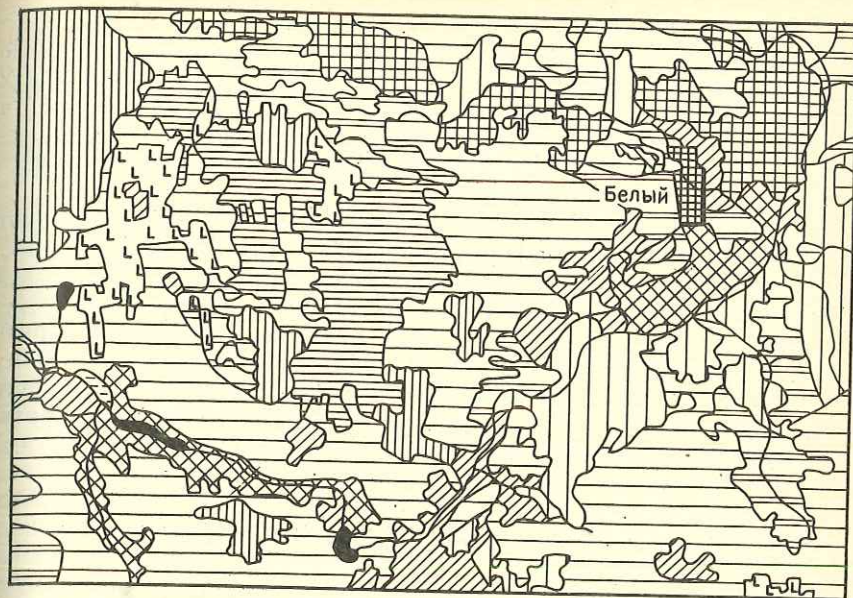


Рис. 12. Карта использования земель Бельского района Калининской области (фрагмент). Составила Л. А. Шевченко:

1 — леса; 2 — молодые насаждения на месте вырубок; 3 — вырубки последних лет; 4—7 — луга: 4 — с кустарником и мелколесьем; 5 — материковые суходольные; 6 — материковые низинные; 7 — пойменные; 8 — болота; 9 — пашни; 10 — сочетание закустаренных лугов с мелколесьем и пашнями; 11 — сочетание материковых суходольных лугов с пашнями; 12 — населенные пункты; 13 — реки; 14 — озера

Карта эрозионной опасности, отражая распространение эрозионно-опасных земель, степень эрозионного расчленения территории, густоту овражно-балочной сети, подверженность почв плоскостному смыву, является важной составной частью характеристики экологических условий, а именно оценки интенсивности эрозионных процессов, что необходимо для своевременного планирования противозерозионных мероприятий.

Карта лесомелиоративная — одна из частных экологических карт, показывает распространение залесенных участков различной степени заболочиваемости (с указанием состава древостоя), которые нуждаются в лесоосушительной мелиорации. На карте указаны участки, которые после осушения будут перспективными для лесохозяйственного освоения, и те, для которых такие изменения экологических условий неэффективны.

Карта охраны природы, не являясь экологической картой, отражает группы территорий, нуждающихся в различных видах охраны и мелиорации, представляет собой результат экологического анализа всех карт серии. На ней отражены территории, пригодные

для того или иного вида хозяйственного использования, пространственное размещение природоохранных мероприятий, которые проведены или целесообразно проводить на тех или иных участках в зависимости от современного состояния природной среды. Карта является завершающей частью комплекса природных карт и построена на основе анализа всех карт серии с привлечением фондовых и литературных материалов.

При составлении серий взаимосвязанных экологических карт на основе космической информации необходимо соблюдать последовательность работ не только в процессе разработки той или иной карты, этапы которой приведены в табл. 7, но и соблюдать определенную очередность в разработке карт, включенных в серию. Как правило, предвещающей весь цикл работ по комплексному картографированию должна быть предварительная ландшафтная (ландшафтно-индикационная) карта или карта природных контуров, легенда к которой раскрывает содержательную сущность каждого контура или его типа.

§ 8. Картографирование динамики природной среды

Картографирование динамики природной среды на основе космической информации представляет собой раздел комплексного экологического картографирования, первый этап которого включает создание карт, отражающих статические ситуации природных условий в их современном состоянии (см. § 7).

При картографировании динамики природной среды по материалам космических съемок осуществляется комплексное изучение и отражение на картах состояния переменных характеристик экологических условий.

Особенности космической фотоинформации определяют тот комплекс компонентов природной среды, динамика которых может быть наиболее достоверно опознана, изучена и отражена на тематических картах. К ним в первую очередь относятся те, которые опознаются на космических снимках по прямым дешифровочным признакам или с помощью легко устанавливаемых индикаторов — по косвенным. Под динамикой этих природных объектов понимаются их изменения, цикл развития которых значительно превышает реально наблюдаемые отрезки времени, т. е. принимаются во внимание не сезонные флюктуации состояния природной среды, а длительные стадии ее развития. Такие изменения обусловлены либо естественным ходом природных экзогенных процессов, либо прямым или косвенным антропогенным воздействием на экологические условия в связи с использованием природных ресурсов.

При тематическом картографировании динамики природной среды могут быть созданы различные экологические карты. Так, на основе космической фотоинформации разработаны карты, отражающие конкретные количественные или качественные изменения природных объектов и экологических условий, произошедшие за определенные промежутки времени. К картам динамики при-

родной среды относятся также карты, отражающие генезис и стадии развития современных экзогенных процессов, в том числе и стимулированных антропогенным вмешательством, которые вызывают существенные изменения экологических условий, и карты, показывающие природные предпосылки (природные условия) развития экзогенных процессов или стихийных явлений, предопределяющих динамику природной среды (табл. 11). Все эти материалы служат исходными данными для выяснения существующих тенденций динамики экологических условий с целью осуществления географического прогноза возможных изменений природной среды при том или ином уровне хозяйственного воздействия или при ее естественном развитии.

В связи с этим по характеру отражаемых явлений и назначению карты динамики природной среды можно разделить на оперативные и долговременные (рис. 13).

Под оперативными понимаются карты, отражающие происшедшие за строго фиксированный промежуток времени изменения природной среды, связанные, как правило, с антропогенным воздействием (например, в связи с расширением использования земельного фонда, в состоянии растительного покрова или водных объектов в связи с их использованием и т. п.). Оперативные карты предназначаются для систематического слежения за состоянием природной среды. По своему характеру они являются промежуточным материалом для фактического обоснования устанавливаемых тенденций изменений природной среды, для изучения динамики экзогенных процессов и служат для обновления топографических или тематических карт.

Наибольший интерес представляют комплексные оперативные карты, отражающие изменения природных объектов в их взаимосвязях и взаимовлиянии друг на друга.

Оперативные карты имеют большое значение для систематического накопления фактического материала по изменениям природной среды. Эти карты наиболее целесообразно составлять на основе периодически выполняемой и получаемой космической фотоинформации, т. е. по разновременным космическим снимкам одной и той же территории. Таким образом возможно осуществление картографического слежения за состоянием природной среды или картографического мониторинга на базе космической информации.

При визуально-инструментальном дешифрировании разновременных космических снимков одной и той же территории для составления оперативных карт динамики природной среды последовательно выполнялись следующие операции:

тематическое дешифрирование первоначального снимка, причём особое внимание уделялось объектам, динамика которых была установлена;

тематическое дешифрирование последующего снимка, на котором выделялись те же объекты;

Таблица 11

Карты динамики экологических условий

| Карты | | Содержание карт | |
|--------------------|--|--|--|
| Группа | Виды карт | Частных | Комплексных |
| Инвентаризационные | Природных предпосылок возникновения и развития природных процессов и стихийных явлений | Предпосылки возникновения и развития отдельных природных процессов или стихийных явлений | Комплексная оценка природных предпосылок возникновения и развития ведущих природных процессов |
| | Антропогенных предпосылок, обуславливающих возникновение и развитие процессов | Антропогенные предпосылки возникновения и развития отдельных процессов | Комплексная оценка антропогенных предпосылок возникновения и развития ведущих процессов |
| | Районирование | Районирование территории по степени устойчивости к развитию отдельных экзогенных процессов | Районирование территории по степени устойчивости к развитию комплекса ведущих экзогенных процессов Районирование территории по ведущим экзогенным процессам |
| | Фиксация стадий экзогенных процессов (современное состояние процессов) | Распространение отдельных экзогенных процессов и стадии их развития | Распространение комплекса ведущих экзогенных процессов |
| Динамики | Фиксация интенсивности развития процессов во времени и пространстве | Интенсивность развития отдельных процессов во времени и пространстве | Интенсивность развития комплекса ведущих процессов во времени и пространстве |
| Прогнозные | Прогноз возможного развития экзогенных процессов | Возможные направления развития отдельных экзогенных процессов | Возможные направления развития комплекса ведущих экзогенных процессов |

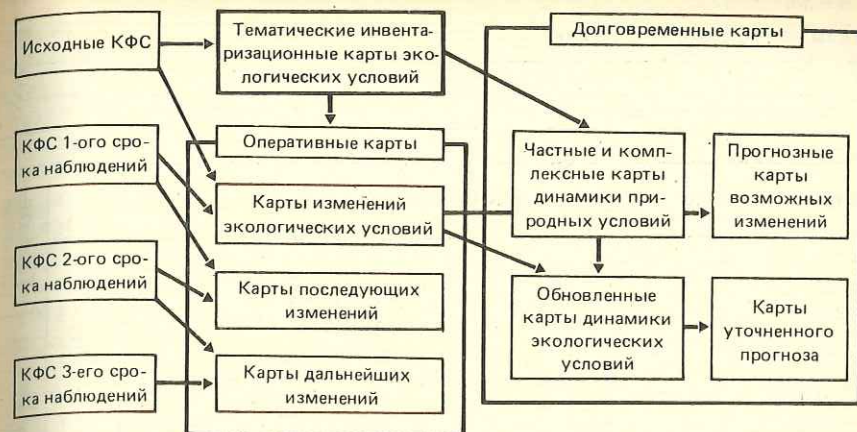


Рис. 13. Блок-схема соотношения оперативных и долговременных карт динамики природных процессов, составляемых по космическим фотоматериалам

визуальное сравнение полученных схем дешифрирования (осуществлялось либо на просвет, либо путем переноса отдешифрованных контуров на единую основу);

составление по результатам сравнения оперативной карты динамики изучаемого объекта (в ряде случаев составлялась только схема дешифрирования).

При составлении оперативных карт динамики земельных угодий или водных объектов, имеющих наиболее четкие прямые дешифровочные признаки, сравнение результатов дешифрирования разновременной космической информации осуществлялось также с привлечением оптико-электронной аппаратуры или ЭВМ.

Карты динамики природной среды, отражающие общие тенденции развития территории, а также распространение экзогенных процессов, как правило, входят в состав серий тематических карт, составляемых с целью инвентаризации природных условий и ресурсов.

Картографирование динамики природной среды в целом включает графическое отражение перемещения вещества и энергии, степень динамичности территории, т. е. суммарной подверженности ее воздействиям экзогенных процессов, природной предрасположенности территории к возникновению отдельных стихийных явлений (селеопасность, лавиноопасность — в горных регионах, эрозийная опасность и пр.).

Одна из таких карт динамики природной среды — карта миграционных потоков — отражает распространение участков, различающихся по условиям формирования (питания), транзита и разгрузки (рассеивания) различных типов потоков веществ, переносимых в растворенном или твердом состоянии. Такая карта построена для аридной области Каракалпакии методом ландшафтно-индикационного дешифрирования космической фотоинформации.

Таблица 12

Типы миграционных потоков

| Потоки, переносящие преимущественно: | | | | | | | |
|---|------------|---------------|------------------|---------------|----------------------|---------|------------------|
| растворимые вещества | | | твердые вещества | | | | |
| Водные | | | Безводные | | | | |
| Внутригрунтовые | | Поверхностные | | | Эоловые | | Гравитационные |
| Нисходящие (по степени минерализации делятся на 5 градаций) | Восходящие | Водотоки | | Грязекаменные | Нивально-гляциальные | | |
| | | Постоянные | Временные | | Сели | Ледники | Лавины |
| | | | | Пылевые | | | |
| | | | | | | | Обвальнo-осыпные |

Основой для нее служили космические фотопланы. До начала работ по созданию карты была разработана классификация картографируемых объектов, представленная в табл. 12.

Для каждого типа потоков выделены области их развития (формирования или питания, транзита, разгрузки или рассеивания). Для каждой области различаются три градации интенсивности потока. Помимо таких четко очерченных областей различаются территории, для которых характерно паритетное распространение областей питания и разгрузки локальных потоков. Особо выделены территории с отсутствием внутригрунтовых нисходящих потоков. Эти типы потоков и области их распространения характеризовались определенными природно-территориальными комплексами, имеющими дифференцированное отражение на космических снимках. Направление движения потоков индцировалось на основании анализа межландшафтных связей и изучения характера ландшафтного соседства. Методика построения карты миграционных потоков включала: разработку программы и легенды; сбор и анализ исходной информации; установление ландшафтно-индикационных закономерностей (для областей развития потоков индикаторами выступали различные уровни фотофизиономичных природно-территориальных комплексов; для установления динамики потоков — ландшафтное соседство); дешифрирование космической информации для идентификации фотофизиономичных компонентов ландшафта и составление ландшафтно-индикационной карты; интерпретацию ландшафтно-индикационной карты и оформление карты миграционных потоков.

На карте миграционных потоков Каракалпакии, составленной на космических фотопланах с впечатанной разреженной топографической основой, внутригрунтовые потоки имеют фоновую рас-

краску (различный фон — для областей распространения; оттенок тона — градация минерализации потока; интенсивность раскраски — градация интенсивности потока). Области питания и разгрузки (рассеивания) поверхностных водотоков выделены цветной штриховкой. Остальные типы потоков показаны значками; направления движения потоков иллюстрируются различными значками направлений (стрелками разного вида). Помимо этого на карте выделены участки локальных проявлений переноса растворимых и твердых веществ. На рис. 14 приведен фрагмент этой карты (в черно-белом варианте).

На картах районирования территории по степени устойчивости природной среды к образованию и развитию отдельных или комплекса ведущих процессов показываются природно-территориальные комплексы, сгруппированные по их устойчивости к проявлению тех или иных процессов или групп процессов. Выделяются территории: весьма устойчивые, когда определенные процессы не возникают и не развиваются; устойчивые по отношению к развитию того или иного процесса или группы процессов, процессы в них возникают редко и развиваются медленно; средней устойчивости, процессы возникают сравнительно редко; неустойчивые, где имеются все предпосылки к возникновению и развитию определенных или группы процессов. Экзогенные процессы здесь возникают часто и развиваются быстро; весьма неустойчивые, процессы возникают часто, развиваются быстро и захватывают одновременно большие территории. Такие карты районирования обосновывают прогнозирование динамики экологических условий на той или иной территории, обусловленной теми или иными экзогенными процессами. Представления о возможных изменениях экологической обстановки могут дать также карты районирования территории по ведущим процессам и карты современного состояния процессов.

Карты районирования территории по комплексу экзогенных процессов составляются на ландшафтной основе с использованием космической фотоинформации и должны содержать сведения о процессах, протекающих на данной территории, характере и активности их развития. В качестве примера районирования территории по комплексу экзогенных процессов может быть приведен вариант районирования Северного Прикаспия, выполненный с помощью мелкомасштабных космических снимков. Природные процессы и явления, протекающие на территории Северного Прикаспия, сгруппированные по ведущему фактору, приведены в табл. 13, где указаны также районы активного их проявления.

Для Северного Прикаспия помимо общего опустынивания к югу и востоку выявляются значительные различия в ходе развития природной среды, в направлении и динамике природных процессов в отдельных ее физико-географических областях.

Западный правобережный Прикаспий, расположенный между Волго-Ахтубой, Ергенями и р. Кумой, — наиболее дренированная часть Прикаспия. Плоский рельеф морской равнины осложнен

Таблица 13

Природные процессы и явления, протекающие на территории Северного Прикаспия

| Процессы | Явления | Районы активного проявления |
|---|--------------------------------|---|
| Связанные с деятельностью природных вод | Заболачивание | I. Западный Прикаспий, Сарпинская ложбина, долины и дельты Волги и Урала |
| | Опустынивание, засоление | I. Западный Прикаспий, Сарпинская ложбина, район бэровских бугров и подступных ильменей, Прикумская грядово-ложбинная равнина, Приморская песчано-солончаковая равнина II. Волго-Ахтубинская пойма, Южная луговая пойма, вершина дельты III. Волго-Уральское междуречье С-З, бессточная суглинистая Джаныбекская полупустынная равнина, Эльтоно-Боткульская супесчаная озерно-солончаковая равнина, Уралско-Чижинская система разливов бессточных рек, Урало-Кушумская древняя дельтово-морская суглинистая равнина, Урдинский песчано-грядовый массив (по межбугровым понижениям), Волго-Уральские пески (по межбугровым понижениям) IV. Долины и дельта Урала Долины Урала и Кушума, низовья Урала, Южно-Приуральская дельтово-морская равнина V. Зауральский Прикаспий Байгутинская сорово-лимманная депрессия, Нижнеульская равнина систем слепых дельт, Сагызско-Эмбенская бессточная дельтовая равнина, Южно-Каспийская подчинковая равнина |
| С деятельностью ветра | Развеивание песчаных отложений | I. Западный Прикаспий Северная Сарпинская измененная равнина, Южная Сарпинская измененность, Астраханская перевеснянная равнина Центрально-Черноземельская песчаная равнина, Нарын-Худукский бессточный район, Прикумская грядово-песчаная равнина III. Волго-Уральское междуречье Приволжская опесчаненная гряда, Приволжская песчано-супесчаная полоса с массивами перевеснянных песков, Эльтоно-Боткульская супесчаная озерно-солончаковая равнина, Урдинский песчано-грядовый массив, Волго-Уральские пески V. Зауральский Прикаспий Уленты-Джамбейтинская наклонная опесчаненная равнина, Нижнеульская равнина, Южно-Каспийская подчинковая равнина, Прикаспийские Каракумы |

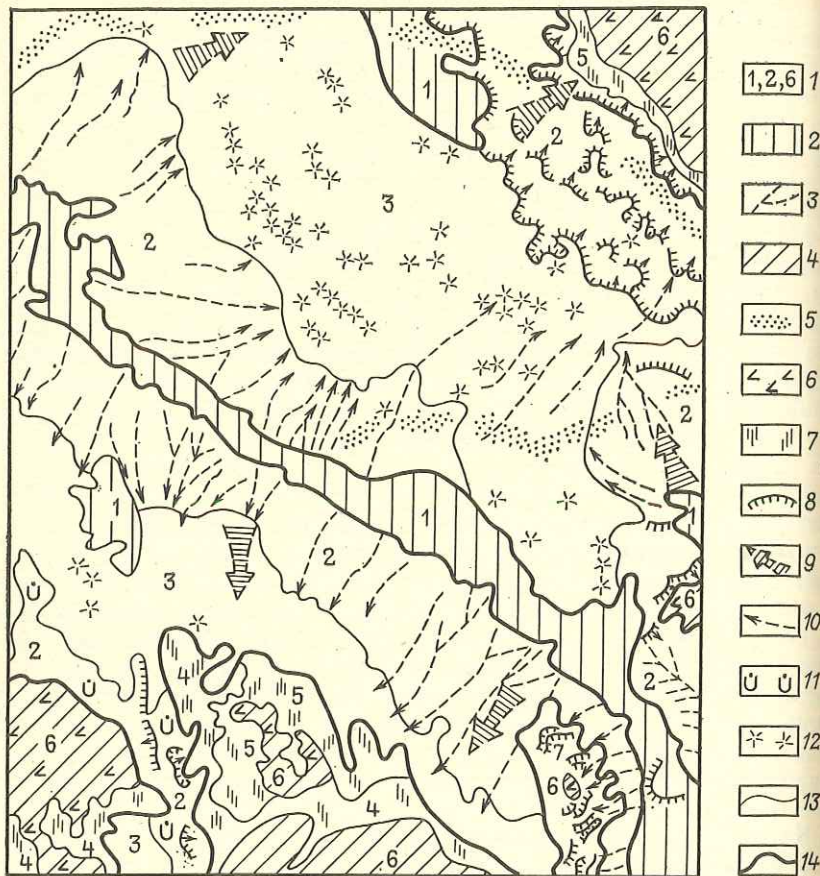


Рис. 14. Ландшафтно-индикационная карта миграционных потоков, плато Устюрт (фрагмент). Составила Е. А. Востокова:

1—4 — водные потоки: 1 — внутригрунтовые нисходящие; 2 — поверхностные временные водотоки в области формирования потоков слабой интенсивности; 3 — поверхностные временные водотоки в области транзита; 4 — поверхностные временные водотоки в области разгрузки; 5—8 — безводные потоки: 5 — эоловые пылевые потоки в области формирования потоков слабой интенсивности; 6 — эоловые солевые потоки в области формирования потоков слабой интенсивности; 7 — эоловые солевые потоки в областях разгрузки и транзита; 8 — гравитационные локально-осыпные и обвалы в области формирования потоков слабой интенсивности; 9—10 — направления движения потоков: 9 — внутригрунтовых; 10 — поверхностных; 11—12 — локальные проявления переноса растворимых или твердых веществ; 11 — карст; 12 — мелкие такыры — рассеивание слабых поверхностных потоков; 13 — границы отдельных областей проявления внутригрунтовых потоков; 14 — границы отдельных областей развития потоков.

Цифрами на схеме обозначены: внутригрунтовые нисходящие потоки с минерализацией в г/л: 1 — до 5 в области формирования потоков слабой интенсивности; 2 — до 5 в области транзита средней интенсивности; 3—7 — от 5 до 12 и выше в областях развития потоков: 3 — транзита слабой интенсивности; 4 — разгрузки средней интенсивности; 5 — разгрузки слабой или средней интенсивности; 6 — полной разгрузки или рассеивания потока; 7 — отсутствие потока

| Процессы | Явления | Районы активного проявления |
|-----------------------|--|---|
| Техногенные нарушения | Пыльные бури (плоскостная ветровая эрозия) | Еруслано-Торгунская суглинистая, сухостепная С-З бессточная суглинистая Джаныбекская Подсыртовая, наклонная суглинистая равнина Урало-Кушумская суглинистая равнина |
| | | Урало-Челкарская легкосуглинистая равнина, Приуральская комплексная равнина Эльтоно-Боткульская равнина, Арало-Сорская озерно-солончаковая депрессия Сагызско-Эмбенская Южно-Каспийская подчинковая равнина |

здесь неглубоко расчлененной системой отмерших протоков и рукавов древней дельты Волги. Динамика среды находится в тесной связи с развитием рельефа и комплексности почвенно-растительного покрова. В наиболее врезанном Сарпинском рукаве прослеживаются разные стадии отмирания и засоления озер и протоков, являющихся в настоящее время коллекторами весенних вод. В понижениях рельефа формируется лугово-степная растительность с участием галофитов в зависимости от стадии засоления. В южной части наиболее распространены процессы развеивания легких песчано-супесчаных отложений и формирование солончаков по депрессиям.

При хозяйственном использовании этих территорий, при организации орошаемого земледелия для целей рисоводства неглубокое залегание грунтовых вод создает опасность вторичного засоления. В связи с этим необходима организация правильной дренажа и отвода сбросных вод. Эти изменения природной среды требуют постоянного тщательного контроля и наблюдения.

Восточный Зауральский Прикаспий характеризуется аридными условиями. Здесь широко развиты бессточные реки и бессточные впадины. Большое количество солей в верхней толще суглинистых отложений, бессточный режим в аридном климате способствуют развитию процессов засоления и аккумуляции солей в понижениях. На участках, сложенных песчаными грунтами, формируются массивы различно переработанных песков.

Хозяйственное освоение таких территорий может способствовать усилению этих природных процессов. Помимо сельскохозяйственного освоения территории в данном районе могут найти развитие промышленные формы освоения природных ресурсов, связанные с разведанными запасами нефти и газа. Строительные работы и промысленные разработки могут привести к усилению вторичного засоления, дефляции и эрозии. Особую опасность представляет возможность загрязнения окружающей среды отходами нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей промышленности.

Современные природные процессы в долинах и дельтах крупных рек — Волги и Урала — связаны с усиливающимися процессами опустынивания, что является следствием уменьшения поступления воды в связи с зарегулированностью стока рек и осушением, вызванным длительным процессом отступления моря. Это опустынивание природной среды выражается в понижении уровня грунтовых вод, увеличении их минерализации, в ксерофитизации растительного покрова и формировании засоленных участков на месте высыхающих болот и стариц.

При искусственном обводнении этой территории и проведении мероприятий по регулированию использования земель могут наблюдаться благоприятные изменения природной среды. К неблагоприятным последствиям искусственных преобразований могут быть отнесены: возможное усыхание и обеднение лугов высокой и средней поймы, возникновение процессов вторичного засоления на орошаемых массивах.

Таким образом, на территории Северного Прикаспия ведущими процессами, определяющими динамику природной среды, являются: засоление, развеивание легких грунтов, образование пыльных бурь, общее опустынивание (ксерофитизация и обеднение растительности, понижение и повышение минерализации и уровня грунтовых вод). На незначительных площадях можно ожидать техногенной нарушенности и связанных с нею процессов загрязнения грунтовых вод и воздушного пространства.

Карты современного состояния процессов, как природных, так и природно-антропогенных, показывают типы и виды современных процессов и стадии их развития (например, начальная, промежуточная, конечная) на определенном момент времени, что дает возможность оценить динамику экологических условий.

При составлении комплексных карт динамики природной среды на основе космической информации необходимо последовательное установление различных ее динамических состояний. При этом устанавливаются определенные морфологические элементы ландшафтов, для которых приводятся характеристики условий, определяющих динамику природной среды. Возможность использования космической информации при этом определяется дешифрируемостью структуры ландшафтов.

Для выявления на космических снимках элементов морфологической структуры ландшафта целесообразно помимо черно-белых снимков использовать цветные спектрональные и цветные синтезированные по материалам многозональной съемки. Объективно интенсивность и направленность процесса устанавливаются с помощью космической информации одной и той же территории, полученной через определенный промежуток времени. Для этого производится последовательное сравнение результатов ландшафтно-индикационного дешифрирования этих разновременных снимков.

При составлении карт динамики природной среды необходимы: космические снимки; фотопланы, составленные по этим же сним-

кам и приведенные к заданному масштабу составляемых карт; копия фотоплана, выполненная на недеформирующемся прозрачном пластике (или специально подготовленная на прозрачном пластике основа с разреженной топографической нагрузкой).

Работа по созданию карт динамики природной среды складывается из:

ландшафтно-индикационного дешифрирования космических снимков, направленного на выявление участков, охваченных теми или иными стадиями развития ведущего экзогенного процесса или комплекса доминирующих процессов;

переноса отдешифрированных контуров на фотоплан, руководствуясь при этом идентичностью рисунков фотоизображения на снимках и фотоплане, и создания авторского макета карты с индексацией каждого контура согласно разработанной заранее легенде;

переноса контуров на жесткую основу (прозрачный пластик) и создания авторского оригинала карты.

Наиболее полное представление о динамике природной среды региона может дать серия карт, отражающих, во-первых, физико-географические и социально-экономические условия, определяющие предрасположенность территории к возникновению экзогенных процессов; и, во-вторых, фиксирующих фактические ее изменения. Различные геолого-геоморфологические и гидрогеологические условия территории, с одной стороны, и виды хозяйственного использования земель — с другой, обуславливают различные сочетания природных и антропогенно-стимулированных экзогенных процессов, динамику экологических условий в целом. Эти сопряженные карты, как уже упоминалось, входят в состав серий карт комплексного картографирования природных условий и ресурсов, осуществляемого на основе космической информации. Однако карты динамики природной среды являются следующим этапом комплексного картографирования, так как до начала работ по картографированию динамики природной среды, для создания карт природных и антропогенно стимулированных процессов необходимо иметь серию карт экологических условий и современного состояния природных ресурсов. Среди этих карт важнейшее значение имеют карты: структурно-геоморфологическая, отражающая морфоструктурное строение территории; ландшафтная, отражающая внутри- и межландшафтные взаимосвязи; использования земель или антропогенных ландшафтов, отражающие характер использования земельных, растительных и водных ресурсов и их современное состояние и др. Чем полнее представлена серия тематических карт природных условий и ресурсов, тем достовернее и точнее могут быть составлены карты динамики природной среды.

При разработке серии карт динамики природной среды с использованием космической информации составление карт различных сюжетов проводится в определенной последовательности с тем, чтобы каждая последующая карта была обоснована предыдущей (рис. 15). При разработке единичной карты соблюдается



Рис. 15. Блок-схема последовательности составления карт динамики природных процессов

та же последовательность работ, но материалы, обосновывающие запланированную карту, обычно не оформляются в окончательном виде.

Подобная схема работ была осуществлена при выполнении экспериментальных исследований по созданию карт динамики природных процессов на одну из аридных территорий. В качестве карты природных условий и предпосылок составлялась ландшафтная карта, на базе которой были составлены комплексная карта экзогенных процессов и карта миграционных потоков, отражающие их динамику и интенсивность.

Карты экзогенных процессов как отражение природной динамики экологических условий. Природные процессы, протекающие в географической оболочке и приводящие к перераспределению в ней количества и формы вещества и энергии в результате взаимодействия между компонентами ландшафта, являются основными элементами динамики природной среды в целом. К природным процессам относятся рельефообразование, влагооборот, формирование почвенно-растительного покрова и другие, которые вызываются эндо- и экзогенными силами природы. В дальнейшем рассматриваются только экзогенные природные или природно-антропогенные процессы, являющиеся важными рельефообразующими и ландшафтообразующими факторами, благодаря чему они могут быть установлены на материалах космических фотосъемок. Экзогенные процессы, обуславливающие динамику экологических условий, связаны либо с деятельностью естественных факторов, таких как: подземные и поверхностные воды, гравитационные силы, ветер, биогенные факторы; либо с хозяйственной деятельностью че-

Таблица 14

Основные процессы, обуславливающие динамику экологических условий

| Процессы | | |
|--|---|--|
| природные (определяются естественными источниками энергии) | природно-антропогенные (определяются природными условиями и хозяйственной деятельностью человека) | антропогенные (определяются хозяйственной деятельностью человека) |
| 1. Заболачивание | 1. Усиленное заболачивание | 1. Мелиоративное заболачивание |
| 2. Карстовый | 2. Ускоренный карст | 2. Провально-суффозионные, просадочные (в местах горных выработок и откачки подземных вод и т. п.) |
| 3. Плоскостной смыв (смыв гумусового горизонта с поверхности почвы) | 3. Ускоренный плоскостной смыв | 3. Мелиоративная эрозия |
| 4. Линейный размыв (эрозия) | 4. Ускоренная эрозия | 4. Осушение (непосредственное осушение болот и заболоченных земель) |
| 5. Обвально-осыпные | 5. Ускоренные обвально-осыпные | 5. Осушение (опустынивание) |
| 6. Оползневый | 6. Ускоренный оползневый | |
| 7. Плоскостная ветровая эрозия (дефляция) | 7. Усиленная дефляция | |
| 8. Эоловые | 8. Усиленные эоловые | |
| 9. Суффозия | 9. Усиленная суффозия | |
| 10. Подтопление (в зоне действия естественных водоемов) | 10. Подтопление (в зоне действия искусственных водоемов) | |
| 11. Засоление | 11. Вторичное засоление | |
| 12. Мерзлотный | | |
| 13. Заращение и заторфовывание водоемов. Накопление и отложение органического вещества | | |

ловека: горными выработками, проведением осушительных и водных мелиораций, сельскохозяйственным и лесохозяйственным использованием территории, строительными работами и др. (табл. 14). Ослабление воздействия природных факторов на экологическую среду обычно приводит к усилению биогенных процессов — прогрессивных сукцессий лесной растительности; зарастанию песков, глинистых или каменистых отложений. Но независимо от происхождения ход развития любого процесса вызывает те или

иные изменения экологических условий (увлажнения, засоления, наличия питательных веществ в почве, изменения гумусности и др.). Интенсивность этих изменений зависит от стадии развития процесса. Чем в более поздней стадии развития находится тот или иной процесс, тем большие изменения экологических условий им вызваны.

Для изучения экзогенных процессов условно можно выделить три основные стадии их развития, имеющие определенное отражение в физиономичных компонентах ландшафта:

1) начальную, когда процесс только зарождается и начинает получать выражение в соответствующих ему формах рельефа и растительном покрове;

2) среднюю (промежуточную), когда процесс сформировал типичные формы рельефа и обусловил формирование определенных сообществ, отвечающих изменившимся экологическим условиям;

3) конечную (зрелую), характеризующуюся завершенными специфическими формами рельефа, сформированным растительным покровом в соответствии с установившимся новым экологическим равновесием.

Такое условное выделение стадий развития процессов необходимо при их картографировании, хотя сами же процессы идут последовательно и непрерывно, и только для показа на карте они искусственно подразделяются на стадии, которые сравнительно легко фиксируются физиономичными компонентами ландшафта.

Карты экзогенных процессов являются одним из видов карт динамики экологических условий (природной среды), которые должны отражать: распространение современных экзогенных процессов; интенсивность их развития; их стадии и прогноз дальнейшего развития. Сюда же можно включить карты необходимых мероприятий по предотвращению нежелательных процессов, влияющих на изменение экологических условий. Процессы, происходящие в природе, всегда прямо или косвенно приводят к изменениям экологических условий существования организмов. Сами же процессы опознаются косвенно по состоянию объектов, участвующих в этих процессах или подверженных их воздействию, а также по тем изменениям, которые происходят с физиономичными компонентами ландшафта и природной средой в пространстве и во времени.

Каждый природный процесс приводит либо к образованию характерных форм рельефа (эрозия, карст, оползни и др.) с соответствующей изменившимся условиям растительностью, либо, как например, при заболачивании или осушении, к формированию иных почвенных условий и отвечающего новым экологическим условиям растительного покрова. Но и в том и другом случае условия существования живых организмов будут иными, чем до возникновения того или иного экзогенного процесса. Все эти проявления экзогенных процессов (вернее, их следствие) фиксируются по изменениям в геоморфологических (характерных формах рельефа

Процессы, обуславливающие динамику экологических условий, ландшафтная приуроченность и природные условия, их определяющие

| Основные природные и антропогенные процессы | Ландшафтная приуроченность процессов | | Природные условия развития процессов | Выраженность процессов в ландшафте | Антропогенные воздействия, стимулирующие развитие процесса |
|---|--|---|--|--|---|
| | Районы с гумидным климатом | Районы с аридным климатом | | | |
| 1. Заболачивание | Низменные плоские задровые, аллювиально-зандровые равнины (низины по-лесского типа) | Древнедельтовые, древнеаллювиально-дельтовые равнины (супесчано-суглинистый тип пустынь) | Высокий уровень грунтовых вод при слабoproточном режиме | Формирование болот с гидрофильной растительностью | Обводнение (плохой дренаж, умеренный полив в аридных районах); подтопление вдоль водохранилищ и каналов |
| 2. Подтопление | Зоны подтопления водохранилищ и проточных водоемов | Зоны подтопления водохранилищ и проточных водоемов | Высокий уровень грунтовых вод в результате фильтрации воды в берега водохранилища и формирования подпор | Формирование болот и заболоченных земель с гидрофильной и гидрофильной растительностью | Изменение уровня режима водохранлища, исходного увлажнения территории |
| 3. Засоление | | Древнедельтовые, древнеаллювиально-дельтовые равнины (супесчано-суглинистые пустыни); при-морские равнины, солончаки аллювиально-дельтовых равнин (солончачковая пустыня) | Тяжелые суглинки, высокий уровень грунтовых вод с выпотным режимом | Образование солончаков, вторично засоленных участков среди окультуренных земель | Обводнение (неумеренный полив, плохой дренаж, подтопление вдоль каналов и водохранилищ) |
| 4. Плоскостной смыл | Холмистые моренные возвышенности и эрозионные сильно расчлененные возвышенные равнины. Крутые склоны балок и лощин, расположенных около рек. Крутые берега долин рек. Наибольшее развитие в пределах пахотных угодий | Такырные равнины (глинистых пустынь) | Наклонные поверхности с разреженным растительным покровом | Образование микроложбин. Намыв верхностных горизонтов почвы в нижних частях склонов. Намыв такыровидных поверхностей (в аридных районах) | Уничтожение растительного покрова. Нарушение структуры почвенного покрова |
| 5. Линейная эрозия временных водотоков (струйчатая) | То же | Каменисто-гипсовые равнины, гипсовые и меловые низогорья (каменистая пустыня); пролювиальные равнины и отдельные конусы выноса (щелнистая пустыня); гипсово-глинистые равнины; лесовые равнины (глинистая пустыня); долины и дельты современных рек (супесчано-суглинистая пустыня) | Наклонные поверхности, сложенные суглинистыми и глинистыми отложениями с разреженным растительным покровом | Образование неглубоких промоин, борозд, водорони | Уничтожение или нарушение растительного покрова |

| Основные природные и антропогенные процессы | Ландшафтная приуроченность процессов | | Природные условия развития процессов | Выраженность процессов в ландшафте | Антропогенные воздействия, стимулирующие развитие процесса |
|---|--|---|---|--|---|
| | Районы с гумидным климатом | Районы с аридным климатом | | | |
| 6. Овражная эрозия | Холмистые моренные возвышенности и эрозивные сильнорасчлененные возвышенные равнины. Крутые склоны балок и ложниц, расположенных около рек. Крутые берега долин рек. Наибольшее развитие в пределах пахотных угодий | Гипсовые и меловые низкотеррасы (каменистая пустыня), пролювиальные равнины (щепинистая пустыня), гипсово-глинистые равнины (глинистая пустыня) | Наклонные поверхности, сложенные сульфидными и глинистыми отложениями с разреженным растительным покровом | Образование глубоких рытвин, оврагов | Уничтожение или нарушение растительного покрова |
| 7. Карстовые | В платформенных областях приурочены главным образом к речным долинам и отдельным структурам | Каменно-гипсовые равнины (каменистая пустыня), гипсово-глинистые равнины (глинистая пустыня) | Районы развития карбонатных, гипсовых, гипсово-ангидритовых пород с интенсивным внутригрунтовым потоком | Формирование провалов, карстовых воронок, впадин, поноров, пещер | Искусственное понижение зеркала грунтовых вод (осушение) |
| 8. Оползневые | Склоны речных долин, холмов, балок, оврагов, берегов озер. Особенно склоны долин рек полесского типа | Гипсово-глинистые равнины (глинистая пустыня) | Интенсивный внутригрунтовой поток к базису, глинистое зеркало скользяния | Образование оползневых блоков оползших пород, трещинами отрыва и др. | Дополнительная нагрузка на оползневые участки (строительство сооружений) |
| 9. Обвальное-осыпное | Склоны речных долин, холмов, берегов озер, береговые зоны водохранилищ, антропогенные формы рельефа. Крутые склоны и откосы | Гипсовые и меловые низкотеррасы (каменистая пустыня). Антропогенные формы рельефа | Выветренные породы, трещиноватость | Образование осапей | Строительные работы с нарушением склонов и откосов |
| 10. Суффозия | Плоские равнины, сложенные тонко- и мелкозернистыми отложениями. Береговые склоны рек, берега искусственных водоемов (низинного полесского типа) | Лёссовые равнины (глинистая пустыня); древнедельтовьяе, древнеаллювиально-дельтовые равнины (супесчано-суглинистая равнина) | Тонко- и мелкозернистые отложения, лёссы и лёссовидные суглинки с интенсивным внутригрунтовым потоком | Формирование просадочных блодец, впадин, понижений, типа воронок | Искусственное понижение грунтовых вод |
| 11. Плоскостная ветровая эрозия (дефляция) | Эрозонные сильно-расчлененные возвышенные равнины с обнаженными поверхностями. Незадернованные участки переосушенных торфяников и обезвоженных аллювиально-зандровых равнин с легкими по механическому составу почвами | Каменно-гипсовые равнины (каменистая пустыня); приморские равнины; боссточные впадины (солончковая пустыня) | Лёссовидные суглинки, легкие по механическому составу почвы, песчаные отложения, переосушенные торфяники, лишённые растительности | Образование котловин выдувания или общее снижение поверхности | Уничтожение растительного покрова, нарушение структуры почвенного покрова |

| Основные природные и антропогенные процессы | Ландшафтная приуроченность процессов | | Природные условия развития процессов | Выраженность процессов в ландшафте | Антропогенные воздействия, стимулирующие развитие процесса |
|---|---|---|--|--|--|
| | Районы с гумидным климатом | Районы с аридным климатом | | | |
| 12. Эоловые | Песчаные всхолмления вдоль речных долин или в придолинных районах. Древние ложбины стока ледниковых вод с распаханными, лишенными растительного покрова участками. Сухие места в пределах аллювиально-задровых равнин | Песчаные равнины (песчаная пустыня); гипсово-глинистые равнины (глинистая пустыня); приморские равнины (солончаковая пустыня) | Песчаные отложения, слабоакрепленные или незакрепленные растительностью | Формирование дюн, барханов, грядового, ячеистого рельефа | Уничтожение или нарушение растительного покрова |
| 13. Мерзлотные | Зона распространения многолетнемерзлых пород (криолитозона) | — | Миграция воды к фронту промерзания. Наличие подстилающего мерзлого слоя с оттаивающими водонасыщенными породами сверху | Формирование бугров пучения или гидралакколитов. Образование отрицательных форм рельефа (термокарст); натечных форм на склонах и их подножий | Уничтожение растительного покрова. Строительные работы |
| 14. Зарастающие и за торфовывающие водоемов | Мелющие озера, пруды, заводи рек и ручьев | Мелющие озера, пруды, старые русла в дельтах современных рек | Мелкие озера с пологими берегами, непроточные или слабопроточные | Формирование зыбун или сплавин | Сброс в озеро сточных вод с большим содержанием органических веществ. Уменьшение или прекращение приточности |

ефа), геоботанических (состав и состояние растительного покрова), почвенных (состояние почвенного покрова) объектах, составляющих экологическую среду.

Развитие современных экзогенных процессов в том или ином районе обуславливается прежде всего сочетанием геолого-геоморфологических, гидрогеологических условий и зонально-климатических факторов, определяющих баланс тепла и влаги, а также видами хозяйственного использования земель.

В экономически развитых районах с очень высокой концентрацией населения и производства обычно широко развиты, кроме природных, природно-антропогенные и антропогенные процессы (см. табл. 14). Хотя природно-антропогенные и антропогенные процессы и тождественны природным, но в большинстве случаев они отличаются от природных большей интенсивностью, быстротой развития, более ограниченной площадью своего проявления и разнообразным характером применительно к определенной природной обстановке. Их развитие определяется совокупностью факторов, возникших под влиянием деятельности человека и существующих экзогенных процессов. Для примера взяты два различных по климатическим условиям района, расположенных в зоне гумидного (лесная зона Европейской части СССР) и аридного климата (равнины Средней Азии). В табл. 15 приводятся основные природные и природно-антропогенные процессы и их ландшафтная приуроченность, имеющие распространение в этих районах. Основной характер экзогенных процессов и специфических закономерностей их развития в гумидных районах обусловлены влажным типом климата в сочетании с особенностями геологического строения, а в аридных районах (преимущественно развитых в условиях стабильных платформ) — аридным типом климата и равнинностью территории. Природными процессообразующими факторами как в гумидных, так и в аридных районах являются: подземные и поверхностные воды, гравитационные силы, ветер, с помощью которых при определенном сочетании геолого-геоморфологических и гидрогеологических условий формируется комплекс экзогенных процессов. Сущность процессов и факторы, их обуславливающие, приводятся в табл. 16.

Традиционные пути изучения экзогенных процессов заключаются либо в изучении пространственно-экологических ландшафтно-топологических рядов с последующей экстраполяцией стадий изучаемого процесса во времени на основании установленной смены стадий развития процесса в пространстве, либо на основе последовательного изучения и картографирования территории через определенные, часто значительные, промежутки времени, что позволяет установить происшедшие изменения и ретроспективно оценить динамику природного процесса. Космическая информация позволяет совместить эти два направления, заменив предварительное изучение и картографирование территории дешифрированием материалов ранее проведенной фотосъемки.

Процессы, протекающие в гумидных и аридных районах, их сущность и факторы, их обуславливающие

| Основные факторы, обуславливающие возникновение процессов | Природные и природно-антропогенные процессы | Сущность процессов |
|---|---|--|
| Деятельность подземных и поверхностных вод | 1. Заболачивание | Поверхностное переувлажнение грунтов, накопление на поверхности почвы полуразложившихся растительных остатков в результате замедленной их гумификации и минерализации в условиях избыточного увлажнения. Изменение состава и свойств органической и минеральной части почвы. Изменение морфологических свойств почв. Образование торфа |
| | 2. Подтопление | Изменение природных комплексов в результате поднятия уровня грунтовых вод на берегах водохранилищ. Ухудшение аэрации почвы, изменение водно-воздушного режима, направления почвообразовательного процесса и других свойств почв |
| | 3. Засоление | Аккумуляция на поверхности легкорастворимых солей |
| Деятельность поверхностных вод | 4. Плоскостная эрозия | Смыв верхних, наиболее богатых гумусом горизонтов почвы и горных пород мелкими струями |
| | 5. Линейная эрозия временных водотоков (струйчатая) | Размыв и вынос с поверхности почвы и горных пород мелких частиц временными водотоками с образованием неглубоких водоронн, борозд, промоин |
| | 6. Овражная эрозия (оврагообразование) | Размыв почвы в глубину мощной, узкой струей воды с образованием рытвин, промоин, оврагов |
| Деятельность подземных вод | 7. Карстовые | Вымывание (выщелачивание) растворимых горных пород с образованием карстовых форм рельефа на земной поверхности |
| | 8. Суффозия | Вымывание мелких частиц грунта (мелкозема) в подстилающие слои фильтрующейся водой, приводящее к оседанию поверхности с образованием замкнутых понижений |

| Основные факторы, обуславливающие возникновение процессов | Природные и природно-антропогенные процессы | Сущность процессов |
|---|---|---|
| Деятельность гравитационных сил | 9. Оползневые | Отрыв и передвижение земляных масс в поверхностных частях земной коры |
| | 10. Обвально-осыпные | Обвал земляных масс с образованием осыпей у подножья склона |
| Деятельность ветра | 11. Плоскостная ветровая эрозия (дефляция) | Разрыхление и выдувание верхних горизонтов почвы (а также мягких непрочных пород) и перенос пылеватых частиц и кристаллов солей на различные расстояния от очага эрозии |
| | 12. Эоловые процессы | Развевание и перевевание песков, перемещение и аккумуляция (отложение за счет перемещения на некоторое расстояние от исходного залегания) |
| Многолетнее и сезонное промерзание и оттаивание пород | 13. Мерзлотные а) пучение | Образование льдов при замерзании содержащейся в породе воды или при замерзании в породе воды, мигрирующей извне к фронту промерзания. Формирование бугров или «площадей» пучения или гидроакколитов |
| | б) термокарст | Вытаивание подземных льдов различного генезиса, содержащихся в толще рыхлых пород, сопровождающееся возникновением отрицательных форм рельефа |
| | в) солифлюкция | Течение оттаявших водонасыщенных пород по подстилающему мерзлому слою с образованием характерных натечных форм: потоков, террас, покровов (на склонах и их подножий) |
| Биогенные | 14. Зараствание и заторфовывание водоемов | Накопление и отложение органического вещества на поверхности и дне водоема |

Изучение и картографирование экзогенных процессов и связанных с ними изменений экологических условий на основе космической фотoinформации возможно только тогда, когда они имеют хорошо выраженные внешние формы проявления, т. е. могут легко быть обнаружены на местности и опознаны на космических снимках. Процессы, которые невозможно опознать на фотоснимках по прямым и косвенным дешифровочным признакам, должны изучаться стационарными или наземными методами. Наиболее просто можно изучать и картографировать по космическим снимкам процессы рельефообразования, заболачивания или осушения, опустынивания, которые опознаются на снимках по геоморфологическим, геоботаническим и почвенным дешифровочным признакам. Изменения экологических условий, вызванные ходом развития таких процессов, хорошо прослеживаются по разновременной и разномасштабной аэро- и космической информации и выявляются при сравнительном дешифрировании разновременных снимков одной и той же территории. Так, например, возникновение и развитие карстового процесса приводит к образованию современных провальных карстовых форм, когда на поверхности образуются западины, воронки, колодцы, что вызывает изменения водного режима и образование иных экологических условий, отличных от тех, которые существовали здесь ранее. На изменение условий среды обитания реагирует в первую очередь растительный покров. В таких местах появляется мезофильная травянистая и древесно-кустарниковая растительность, отличная от фоновой. К повышенному увлажнению почвы в весеннее время приводит и наличие погребенных карстовых форм.

Сопоставление схем дешифрирования разновременных космических снимков одной и той же территории, на которых выделялись участки распространения ландшафтных индикаторов различных стадий развития природных процессов, позволяет получить объективную картину происшедших изменений и в результате установить динамику изучаемых процессов. На космических снимках, как показывают проведенные исследования, наиболее достоверно выявляются ландшафтные индикаторы экзогенных процессов, охватывающих значительные по площади территории. Например, в песчаных пустынях — различные стадии эоловой переработки песчаных отложений; на приморской равнине — процессы формирования лагун и песчаных кос, динамика засоления поверхностных отложений и др.

Уровень генерализации фотоизображения физиономичных компонентов ландшафта на разных космических снимках и вид съемки определяют возможности использования их при изучении и картографировании природных и антропогенно стимулированных процессов. Так, при изучении и картографировании карстово-суффозионных процессов на Куня-Дарьинской равнине и южном Устюрте было установлено, что интегральные черно-белые космические снимки мелких масштабов позволяют выявить размещение площадей лишь конечных стадий этих процессов, выражающихся на

местности в виде сформированных карстовых провалов и суффозионных воронок. Только при помощи материалов многозональной съемки, с использованием снимков, выполненных в ближней ИК-зоне электромагнитного спектра, оказалось возможным выделить более ранние стадии карстово-суффозионных процессов, благодаря тому что на участках, охваченных этими процессами, формировались растительные сообщества из более влаголюбивых видов, чем на остальной площади, что нашло отражение на снимках.

Обычно по космическим снимкам возможно достоверно опознать только конечную стадию того или иного процесса, выраженную в изменениях объектов природной среды, иногда одну из промежуточных, и в редких случаях для некоторых процессов возможно опознать начальную стадию. Все стадии развития процессов полностью проследить можно только при наземных стационарных наблюдениях.

При создании карт динамики экзогенных процессов объектами картографирования обычно являются типы и виды процессов, стадии их развития, их интенсивность, выраженные в природе в различных формах.

Объектами же дешифрирования на фотоснимках выступают, как правило, внешние формы проявления процессов — образующиеся или образовавшиеся положительные или отрицательные формы рельефа; заметные изменения в составе либо состоянии растительного покрова и т. п., которые обнаруживаются визуально по изменениям тона (цвета) и рисунка фотоизображения. Объекты дешифрирования при изучении и картографировании динамики процессов приведены в табл. 17.

Природные экзогенные процессы и их динамика могут быть изучены и отражены на картах по космическим снимкам с помощью метода ландшафтной индикации. В качестве индикаторов естественных экзогенных процессов на космических снимках выступают физиономичные компоненты ландшафтов и их сочетания, определяющие в основном рисунок фотоизображения. Для индикации динамики природных и антропогенно-стимулированных процессов большое значение имеет изучение морфологического строения ландшафтов, их сопряженность друг с другом и взаимное расположение, которые обуславливают текстуру фотоизображения (т. е. сочетания различающихся между собой рисунков фотоизображения). На космических фотоснимках, обладающих большим охватом территории и, следовательно, обзорностью, с одной стороны, и достаточно высоким разрешением на местности — с другой, находят прямое отражение многие ландшафтные индикаторы определенных стадий развития экзогенных процессов.

Изучение экзогенных процессов на основе космической фотoinформации целесообразно не столько в районах с экстенсивным ведением хозяйства и развитием в основном природных процессов, сколько в районах интенсивного хозяйственного использования, где сильно развиты антропогенно стимулированные процессы (см. § 9).

| Объекты | | Объекты дешифрирования (формы проявления процессов) | | |
|--------------------|---|--|--|---|
| Объекты | Наблюдаемые изменения природных объектов, связанные с протеканием процессов | Объекты картографирования | начальная стадия процесса конечная стадия процесса | |
| Геоморфологические | Изменение форм рельефа | Обвально-осыпные формы | Выветренные породы, трещиноватость Лишенные растительности скопления обломков пород различных размеров и форм внизу склона. Постепенное зарастание растительностью | |
| | | Оползни | Трещиноватость, отдельные трещины оседания, разрывные нарушения. Свежие опрокинутые оползневые блоки с обнаженными, лишенными растительности поверхностями | Заросшее растительностью тело оползней со сглаженными формами рельефа |
| | | Мерзлотные формы | Миграция воды к фронту промерзания | Положительные и отрицательные мерзлотные формы рельефа |
| Геоморфологические | Образование естественных отрицательных форм рельефа | Карстовые формы | Молодые формы проявления карста. Впадины, воронки, карстовые колодцы, блюдца. Проседания, провалы, обвалы земной поверхности. Отсутствие растительного покрова в пределах отрицательных форм рельефа | Древние и старые формы проявления карста. Бессточные долины, котловины, впадины, воронки, карстовые колодцы. Дно и склоны форм покрыты травяно-кустарниковой растительностью, местами деревьями |
| | | Суффозионные формы | Понижения, воронки со слабо задернованными крутыми, часто обрывистыми склонами | Воронки, провалы, пологие циркообразные понижения, открытые в сторону реки. Блюдцеобразные понижения со сравнительно пологими склонами, сильно задернованными и даже залесенными |
| | | Линейная эрозия временных водотоков | Промоины (неглубокие эрозионные борозды), водороины | Глубоко врезающиеся овраги, активно растущие. В стадии затухания процесса — балки |
| | Овраги | | Расстущие овраги. Образование в вершине оврага обрыва, взращивание вершины оврага в склад. Формирование вершины оврага, его углубление | Выположивание склонов. Стабилизированные овраги и балки с закустаренным и залесенным дном и склонами |
| | | Образование антропогенных отрицательных форм рельефа | Просадки, провальные воронки, обвалы, провально-суффозионные формы (по внешнему облику тождественны молодым формам внешнего проявления карстовых либо суффозионных форм) | Заболоченные понижения либо озерки, зарастающие водно-болотной растительностью. Воронки, провалы, тождественные древним и старым формам проявления карста либо суффозии |

Экзогенные процессы в бассейне оз. Севан (легенда к карте экзогенных процессов, составленной на основе космической информации)

| Процессы | | Условия развития экзогенных процессов | | | | | | Геоботанические | |
|-------------------------|---------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Генезис | Интенсивность | Геолого-геоморфологические | | | Климатические | | | Тип растительности | Задренованность |
| | | Комплексы пород | Рельеф | Крутизна склонов | Осадки, мм/год | Число дней с осадками >5 мм | | | |
| Дефлюкционно-эрозионные | Средняя | Андезито-базальты | Выположенные верхние поверхности | Более 8° | 800 и более | 50—60 | Нивально-альпийский | Слабая | |
| | | | | | | | | | 600—800 |
| Средняя и слабая | " " | Туфы, порфириды, габбро-земевики | " " | До 12 | 600—700 550—600 | 50—60 50—60 | Субальпийский Лугово-степной | " " | " " |
| | | | | | | | | | |
| Высокая | " " | Базальты | Крутые склоны, склоны | Более 20 | 700—850 | 40—60 | Альпийско-субальпийский | Слабая | |
| | | | | | | | | | Средняя |
| Средняя | " " | Терригенно-вулканитско-глины | Выположенные | 8—12 | 400—500 | 40—50 | Лугово-степной | Средняя | |
| | | | | | | | | | Средняя и слабая |
| " " | " " | Терригенно-карбонатные | Пологие склоны | 8—12 | 500—800 | 40—50 | Лугово-степной и степной | " " | |
| | | | | | | | | | Средняя и слабая |
| " " | " " | Андезиты базальты | Выположенные | До 12 | 600—800 | 40—60 | Субальпийский Лугово-степной | " " | |
| | | | | | | | | | Средняя и слабая |
| " " | " " | Терригенно-вулканитско-глины | " " | До 8 | 450—550 | 30—50 | " " | " " | |
| | | | | | | | | | Средняя и слабая |
| Слабая | " " | Терригенно-карбонатные | " " | До 8 | 400—600 | 40—50 | Лугово-степной, степной | Хорошая | |
| | | | | | | | | | Средняя и слабая |
| Высокая | " " | Терригенно-эффузивные, эффузивные | Крутые склоны | Более 20 | 750—900 | 60—70 | Альпийский — субальпийский | Очень слабая | |
| | | | | | | | | | Средняя и слабая |
| " " | " " | Терригенно-эффузивные | " " | Более 20 | 700—850 | 50—70 | Лугово-степной | Слабая | |
| | | | | | | | | | Средняя и слабая |
| " " | " " | Вулканические | " " | Более 20 | 400—500 | 30—40 | Степной | " " | |
| | | | | | | | | | Средняя и слабая |
| " " | " " | Карбонатные | Умеренно крутые и крутые | 12—20 и более | 400—500 | 30—50 | Лугово-степной, лесостепной и степной | Очень слабая | |
| | | | | | | | | | Средняя и слабая |
| Средняя | " " | " " | Умеренно крутые | 12—20 | | | Лесостепной, степной | Слабая | |
| | | | | | | | | | Средняя и высокая |
| Средняя и высокая | " " | Карбонатные габбро-земевики | Умеренно крутые и крутые | 8—20 | 500—650 | 30—45 | Субальпийский, лугово-степной | Средняя | |
| | | | | | | | | | Средняя и высокая |

| Гелезис | Процессы | | Геолого-геоморфологические | | | | Климатические | | | | Геоботанические | |
|------------------|------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------|----------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------|--|--|-----------------|--|
| | Интенсивность | Комплексы пород | Рельеф | Крутизна склонов | Осадки, мм/год | Число дней с осадками > 5 мм | Тип растительности | Задернованность | | | | |
| Средняя | Средняя | Карбонатные габбро-змевиковые | Умеренно крутые и пологие | 8—20 | 550—650 | 30—50 | Лесостепной, степной | Средняя | | | | |
| | —, — | То же | Умеренно крутые и крутые | 12—20 и более | 400—550 | 30—50 | Степной | —, — | | | | |
| | Слабая | —, — | Крутые склоны | Более 20 | | 30—50 | —, — | Хорошая | | | | |
| | Средняя | Эффузивные | Плато | До 12 | 450—500 | 30—45 | Лугово-степной, степной | Средняя | | | | |
| | —, — | Терригенно-осадочные | Подгорные шлейфы | 5—12 | 400—450 | 30—40 | —, — | Слабая | | | | |
| Средняя и слабая | —, — | —, — | —, — | 8—12 | 350—400 | 30—40 | Степной | —, — | | | | |
| | Средняя и слабая | —, — | Долины рек | До 12 | 400—450 | 30—40 | Луговой, лугово-степной, степной | Средняя | | | | |
| | —, — | —, — | Плато | До 12 | 400—500 | 30—40 | —, — | Средняя и хорошая | | | | |
| | —, — | —, — | —, — | —, — | —, — | —, — | —, — | —, — | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|--------|------------------------|-----------------------|---------|---------|-------|-------------------------|---------|
| Аккумулятивные и аккумулятивно-биогенные | Слабая | Терригенно-карбонатные | —, — | 5—12 | | 30—40 | Степной | —, — |
| | —, — | —, — | —, — | До 5 | 400—500 | 30—40 | —, — | —, — |
| | Слабая | Осадочные | Долины рек | До 5 | 350—400 | 30—40 | Лугово-степной, степной | Средняя |
| | —, — | Биогенно-осадочные | Понижения | Менее 5 | 300—400 | До 30 | Лугово-болотный | Средняя |
| | —, — | —, — | —, — | Менее 5 | 300—400 | | Лесоболотный | Хорошая |
| | —, — | —, — | Прибрежная равнина | Менее 5 | 300—400 | | Лесной | Средняя |
| | —, — | —, — | —, — | Менее 5 | 300—400 | | Пионерная | Слабая |
| | —, — | —, — | Древнеозерная равнина | Менее 5 | 300—400 | | Культурная | Хорошая |
| | —, — | —, — | Прибрежная отмель | Менее 5 | 300—400 | | Водная | — |
| | —, — | —, — | Отмель | Менее 5 | 300—400 | | —, — | — |

Карты динамики экзогенных процессов показывают интенсивность (скорость развития) природных и стимулированных человеком процессов во времени и в пространстве. Интенсивность развития процесса можно косвенно оценить по густоте геоморфологических форм на местности, их генезису и приуроченности к определенным элементам рельефа.

Используя аэрокосмическую информацию, возможно отразить на одной карте распределение по площади как природных предпосылок развития экзогенных процессов, так и их интенсивность. Например, на карте экзогенных процессов бассейна оз. Севан отражены генезис и интенсивность процессов, выраженная в четырех условных баллах. Из условий развития экзогенных процессов учтены: геологогеоморфологические (комплексы пород, рельеф, крутизна склонов), климатические (количество осадков в мм/год и число дней с осадками более 5 мм, выпадающих одновременно) и геоботанические (тип растительности, задернованность). Легенда к карте приведена в табл. 18 (климатические данные были получены по литературным и фондовым источникам). На карте генезис процесса выделялся цветом, интенсивность — штриховкой. Характеристика условий развития процесса учитывалась только при оценке интенсивности процесса. Карта отражает распределение различных по генезису и интенсивности экзогенных процессов (преимущественно связанных с деятельностью поверхностных вод), воздействующих на состояние и динамику экологических условий. Экзогенные процессы показаны на карте сгруппированными по генезису, внутри каждой группы выделяются различные степени интенсивности развития процесса в зависимости от ландшафтно-геоморфологических, климатических и геоботанических факторов. Так выделены дефлюкционно-эрозионные, эрозионные и аккумулятивные процессы. Наиболее широко по площади бассейна распространены процессы эрозии, преимущественно линейной, лишь в нижних частях склонов распространен плоскостной смыв. По интенсивности выделены три основные градации: высоко-, средне- и слабоинтенсивные; а также промежуточные между ними.

Для участков развития крупнохолмистых лавовых плато отмечается сочетание процессов эрозии по склонам холмов с местной аккумуляцией по межбугровым понижениям. Помимо этих основных видов экзогенных процессов, на карте выделены участки развития отдельных природных процессов и явлений (солифлюкция, карст, сели и др.).

Процессы эрозии, распространение которых обусловлено горным рельефом и достаточно обильными осадками, усугубляются антропогенной нарушенностью сомкнутости травянистого покрова и почти полным уничтожением древесно-кустарниковой растительности, а также резким понижением базиса эрозии.

На южных склонах Арегунского и Севанского хребтов процессы эрозии имеют наиболее высокую интенсивность, чему способствуют как природные, так и антропогенные факторы (широкое распространение слабоустойчивых карбонатных и терригенных

Таблица 19

Распределение по административным районам * площадей, охваченных эрозией высокой и средней интенсивности (по карте «Экзогенные процессы бассейна оз. Севан», составленной на основе космической информации)

| Административный район | Степень эрозии | | | | | | высокая и средняя |
|------------------------|--|-------------|--------------------------|------------------------|-------------|-------|--|
| | высокая | | | | | | |
| | площадь (км ²) в пределах: | | | | | | площадь (км ²) в среднегорье |
| высокогорья | высокогорья и среднегорья | среднегорья | среднегорья и низкогорья | низкогорья и предгорья | долин и рек | | |
| I | — | 7,2 | 31,4 | 9,8 | 4,64 | 5,2 | — |
| II | 2,48 | 41,88 | 38,88 | 21,08 | 9,08 | 12,04 | 22,6 |
| III | 31,44 | 48,44 | 21,6 | 5,08 | — | 29,04 | 15,04 |
| IV | — | — | — | — | 1,08 | — | — |
| V | 17,88 | — | 31,04 | 13,12 | — | 5,24 | 4,28 |

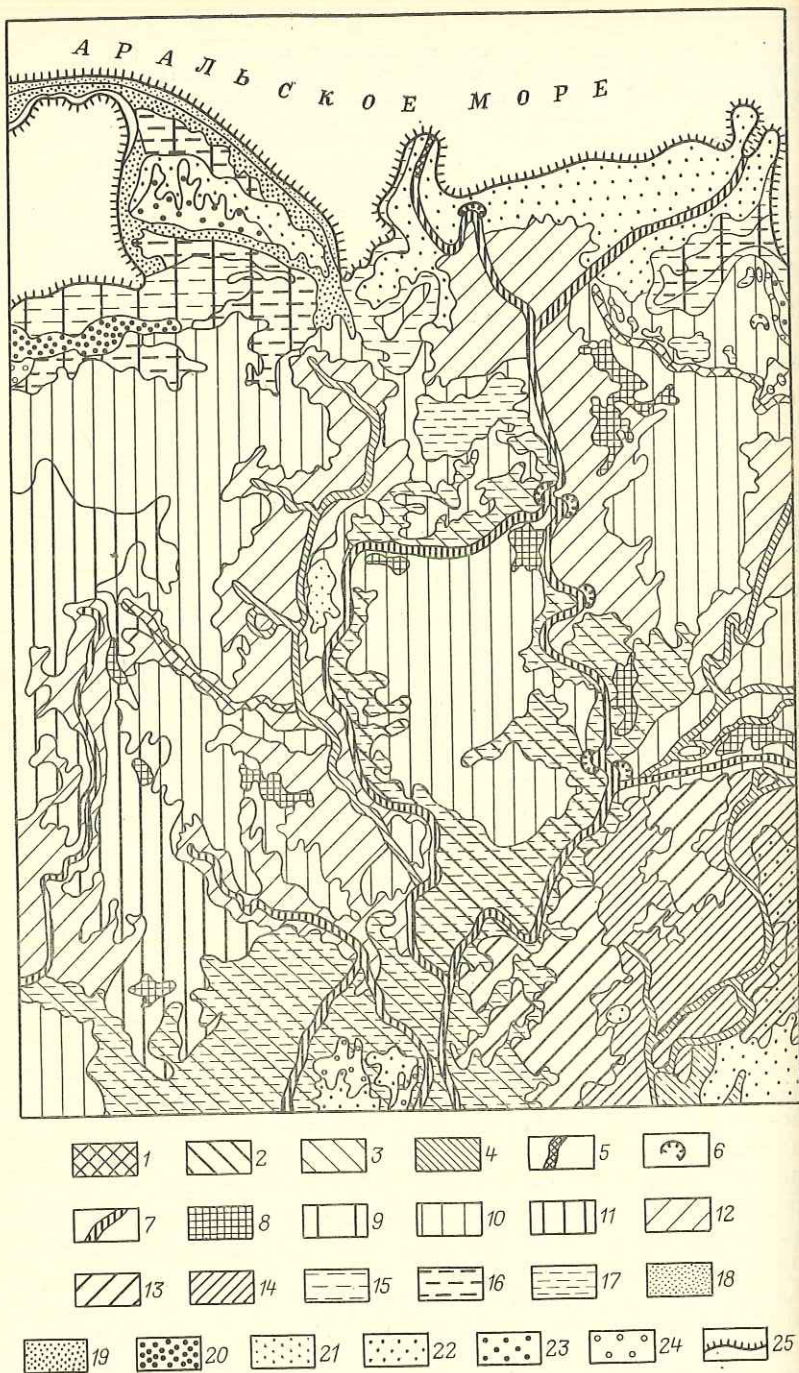
* Учтены только части административных районов, входящих в границы бассейна оз. Севан, нумерация условная.

отложений, высокая пасторальная депрессия и техногенная нарушенность растительного покрова). Эти районы являются наиболее селопасными. Однако сели, имея небольшие накопительные бассейны, не носят катастрофически-разрушительного характера. Их отрицательное разрушительное действие существенно лишь для дорог, проходящих у подножия Арегунского хребта, и частично для полей, расположенных на селевых конусах выноса (например, восточнее пос. Шоржа).

Значительная современная эрозия отмечается в устьях рек, где оживление эрозионных процессов вызвано резким понижением уровня воды в озере. На остальных участках, освободившихся из-под воды, местами происходят незначительное заболачивание и начальные стадии почвообразования, более интенсивные на участках, занятых искусственными лесопосадками.

Для высокогорий Гегамского и Варденисского хребтов характерны локально-распространенные процессы солифлюкции, приуроченные к выположенным переувлажненным днищам бывших ледниковых цирков. На основе составленной карты экзогенных процессов был проведен подсчет площадей, охваченных эрозионными процессами высокой и средневысокой интенсивности, по административным районам или их частям, входящим в границы Национального парка (табл. 19).

Карта экзогенных процессов района дельты Амударьи, где происходит активное обновление структуры ландшафтов, вызванное нарушением природного равновесия этой динамичной системы, является результатом анализа, изучения и сопоставления серии эко-



логических карт, составленных на эту территорию с использованием космической информации, фондовых и литературных источников, непосредственных полевых наблюдений и ландшафтного дешифрирования космических снимков. На основании предварительного анализа собранных материалов были установлены взаимосвязи между фотофизиономичными компонентами ландшафтов и стадиями и генезисом экзогенных процессов. По составленным ландшафтно-экологическим рядам были уточнены связи рельефа и растительности с видом экзогенных процессов; в то же время дешифрирование разновременной космической информации позволило выявить направление и скорость преобразования ландшафтов дельты, т. е. интенсивность экзогенных процессов. В итоге была составлена карта экзогенных процессов (рис. 16), на которой отражены участки распространения тех или иных их видов, формирующих в настоящее время облик территории и определяющих динамику земельных и растительных ресурсов. При выборе условных знаков к карте были учтены: интенсивность процессов, их генезис и морфологическая выраженность, а также характер определяющих их развитие факторов (состав отложений, степень покрытия растительностью, уровень грунтовых вод). Составленная по состоянию на 1976 г. карта может быть уточнена и дополнена при проведении дешифрирования новой космической информации

Рис. 16. Карта экзогенных процессов в дельте Амударьи (фрагмент). Составила Т. С. Козлова:

1—8 — процессы, связанные с деятельностью поверхностных вод (умеренный плоскостный смыв на склонах останцовых возвышенностей, сложенных плотными глинами и гипсами); 1—4 — линейная эрозия: 1 — сильная, 2 — умеренная (на склонах останцовых возвышенностей, сложенных плотными глинами и гипсами), 3 — слабая (на песчано-супесчано-суглинистых, переслаивающихся отложениях дельт прорыва), 4 — умеренная (на песчаных с суглинисто-супесчаными прослоями отложениях сухих русел проток Амударьи); 5—6 — речная эрозия: 5 — глубинная, умеренная (на песчано-суглинистых отложениях в устьях головных проток); 6 — боковая, сильная (песчано-суглинистых переслаивающихся отложений на крутых меандрах реки); 7—8 — аккумуляция: 7 — речная, сильная песчаных и супесчаных отложений в действующих руслах, 8 — хемогенно-озерная, умеренная супесчано-суглинистых отложений днищ озер; 9—11 — процессы, связанные с деятельностью поверхностных и подземных вод. Засоление: 9 — умеренное на илито-суглинистых отложениях морских равнин, заливов и приморских озер, с глубиной залегания грунтовых вод до 1 м, 10 — слабое на суглинисто-супесчаных с песчаными прослойками отложений межрусловых понижений, с глубиной залегания грунтовых вод 1—3 м, 11 — умеренное на супесчано-суглинистых отложениях межрусловых понижений, периодические подтапливаемых, с глубиной залегания грунтовых вод 0—3 м; 12—14 — процессы, связанные с деятельностью подземных вод (суффозионно-продолочные: 12 — слабые на песчано-супесчано-суглинистых переслаивающихся отложениях глив крупных проток, 13 — умеренные на супесчано-суглинистых отложениях межрусловых понижений; 14 — сильные на песчано-супесчано-суглинистых переслаивающихся отложениях внутренних дельт; 15—17 — процессы, связанные с деятельностью ветра. Дефляция: 15 — слабая на илито-суглинистых засоленных отложениях морских равнин с разреженным растительным покровом; 16 — сильная на илито-суглинистых с песчаными прослоями засоленных отложениях обсохших днищ морских заливов и приморских озер, лишенных растительного покрова; 17 — слабая на песчано-супесчано-суглинистых отложениях днищ обсохших озер, дельт прорыва с разреженным растительным покровом; 18—23 — перевенание: 18 — слабое на песчаных с суглинисто-супесчаными прослоями отложениях морских равнин, лишенных растительного покрова, 19 — умеренное на песчаных отложениях морских равнин с разреженным растительным покровом, 20 — сильное на песчаных отложениях морских равнин, лишенных растительности, 21 — слабое на песчаных и супесчано-суглинистых переслаивающихся отложениях формирующейся дельты с хорошо развитым растительным покровом по обсыхающим руслам, 22 — умеренное на песчаных отложениях останцовых возвышенностей с разреженным растительным покровом, 23 — сильное на песчаных отложениях останцовых возвышенностей с разреженным растительным покровом; 24 — аккумуляция: сильная на супесчано-суглинистых отложениях дельтовой равнины с разреженным растительным покровом; 25 — береговая линия Аральского моря в 1978 г.

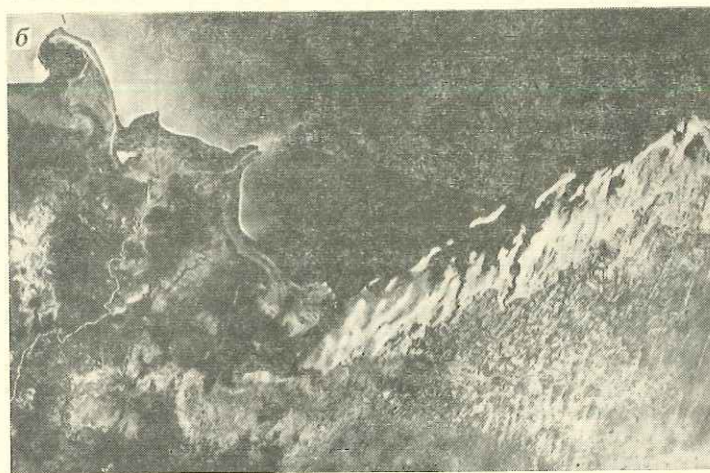
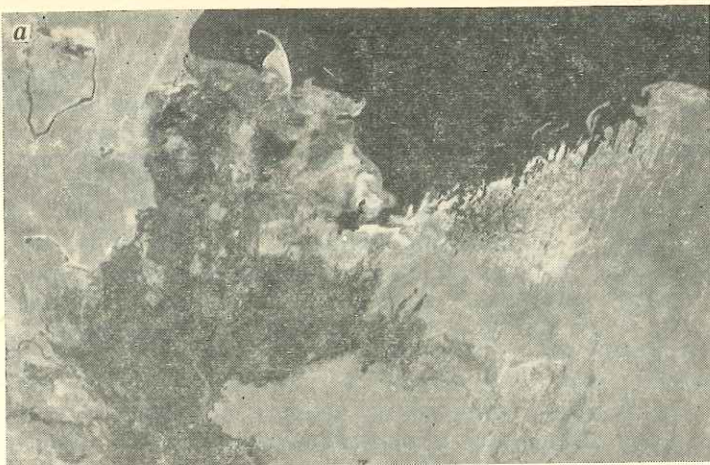


Рис. 17. Интегральные космические снимки Южного Приаралья и дельты Амударьи, полученные:
а — в 1976 г.; б — в 1983 г.

(рис. 17). Эти работы позволяют уточнить представление о характере рельефообразующих процессов, установить стадии и скорость их развития, что позволит приступить к составлению прогнозных карт этих процессов.

Карты прогноза возможного развития процессов содержат анализ динамических тенденций природных, природно-антропогенных и антропогенных процессов. На этих картах должны быть отражены возможное направление развития процессов, их интенсивность на прогнозируемый срок. При их разработке учитываются данные оперативных и долговременных карт динамики процессов

и планов перспективного хозяйственного освоения территории. На таких картах в пределах территорий, предрасположенных к возникновению и развитию тех или иных процессов определенной активности и направленности, выделяются участки: возможного возникновения активных форм тех или иных процессов и явлений; современной активизации процессов; умеренного развития процессов; перехода процессов в реликтовое состояние (давние отмершие формы проявления); невозможности развития определенных типов процессов. Непосредственно к прогнозным картам примыкают карты защитных мероприятий и рационального использования территории. Они должны отражать мероприятия по предотвращению процессов с целью сохранения благоприятной экологической обстановки.

В зависимости от назначения, содержания и дальнейшего использования карты экзогенных процессов могут составляться в различных масштабах.

Таким образом, возникновение и последующая динамика экзогенных процессов оказывают существенное влияние на экологические условия территории. Эти изменения экологических условий могут происходить как в результате развития природных процессов, так и в результате усиленного антропогенного воздействия на природную среду, ускоряющего или, наоборот, замедляющего ход естественного развития процессов. Для картографирования экзогенных процессов и изменений экологических условий, связанных с ними, требуется дешифрирование дистанционных фотоматериалов различных видов и масштабов для установления типов процессов, протекающих на изучаемой территории, форм их проявления, области распространения, стадии развития, влияния на природную среду.

По степени трудности опознания и дешифрирования процессы можно разделить на 4 группы: легкодешифрируемые, которые уверенно дешифрируются по прямым дешифровочным признакам; среднедешифрируемые, которые дешифрируются с помощью совместного использования прямых и косвенных дешифровочных признаков; труднодешифрируемые, идентификация которых возможна только по косвенным дешифровочным признакам; недешифрируемые, опознание которых по космическим фотоснимкам невозможно. Разделение процессов по степени трудности дешифрирования приводится в табл. 20.

Для получения точных и подробных сведений о развитии процессов и изменениях природной среды необходимо использовать одновременно как космическую фотоинформацию, так и аэрофотоснимки и наземные методы исследования.

Анализ снимков по условиям их дешифрируемости в почвенно-эрозионном отношении в Нечерноземной зоне показал следующее.

Как известно, дешифрируемость, информативность снимка в известной степени определяется физико-географическими особенностями территории, отображением которых является снимок. В этом отношении исследуемая территория вполне типична для

Таблица 20

Степень трудности дешифрирования экзогенных процессов по космическим фотоснимкам

| № п/п | Степень трудности дешифрирования | Процессы (и их стадии) |
|-------|----------------------------------|--|
| 1 | Легкодешифрируемые | 1. Карстовые (конечная стадия развития и промежуточные, близкие к конечной) 2. Оврагообразование (от начальной до конечной стадии развития) 3. Эоловые (от начальной до конечной стадии развития) 4. Плоскостная эрозия (конечная стадия) 5. Засоление (промежуточная и конечная стадия) |
| 2 | Среднедешифрируемые | 6. Суффозия (конечная стадия) 7. Линейная эрозия временных водотоков (конечная стадия) 8. Проседание земной поверхности над горными выработками (конечная стадия) 9. Плоскостная ветровая эрозия (конечная стадия) 10. Заболачивание (конечная стадия и промежуточные, близкие к конечной) 11. Осушение (конечная стадия и промежуточные, близкие к конечной) |
| 3 | Труднодешифрируемые | 12. Зарастание и заторфовывание водоемов (конечная стадия и промежуточные, близкие к конечной) 13. Обвалы-осыпные (конечная стадия) 14. Оползни (конечная стадия) |
| 4 | Недешифрируемые | 15. Все природные и природно-антропогенные процессы начальных стадий развития и промежуточных, близких к начальным стадиям |

большей части нечерноземной зоны Европейской части РСФСР и характеризуется сравнительно слабой сельскохозяйственной освоенностью. Пахотные земли приурочены здесь главным образом к положительным формам мезорельефа, как более дренированным. Поверхность почвенного покрова остальной территории скрыта естественной растительностью (лес, кустарник, луг и т. п.), поэтому возможность использования прямых дешифровочных признаков нарушенности почвенного покрова эрозией здесь отсутствует. Пахотные земли, в наибольшей степени подверженные эрозии, отличаются значительной мелкоконтурностью. Вследствие этого в некоторых случаях бывает невозможно отобразить картографически в данном масштабе снимка некоторые участки пашни.

Следует отметить, что мелкоконтурность пахотных угодий сама по себе является производной от особенностей почв и рельефа: в первую очередь распахивались более удобные и более плодородные участки, расположенные на склонах с лучшими условиями дренированности, а менее удобные, требующие при своем освоении каких-то мелиоративных воздействий, оставались на вторую очередь. В этом отношении степень мелкоконтурности пашни является своеобразным индикационным признаком почвенно-мелиоративных условий однородности почвенного покрова по естественному плодородию.

Естественно, небольшие размеры пахотных контуров затрудняют дешифрирование тех или иных особенностей почвенного покрова, в том числе и таких, как нарушенность почвенного покрова эрозией.

Другая особенность, затрудняющая дешифрирование эрозионных нарушений почв в данной зоне, заключается в том, что дерново-подзолистые почвы, имеющие здесь преимущественное распространение, довольно бедны гумусом, и поэтому использование такого важного индикационного физиономического признака степени смытости, как интенсивность гумусовой окраски, в значительной степени исключается. Полевое дешифрирование показало, что смытым почвам на черно-белом космическом снимке свойственны посветления фототона точечного рисунка, видимые лишь в лупу. Однозначным индикатором смытости почвы этот признак, видимо, принять нельзя, поскольку точечный характер посветления может быть обусловлен не только снижением гумусности почв, но и другими причинами, например неубранными копнами соломы, неспаханными участками (огрехами) со стерней и др. Идентифицировать эти точечные посветления с эрозионной нарушенностью не представляется возможным еще и потому, что эрозионный генезис этого признака трудно проконтролировать или подтвердить приуроченностью данного местоположения к тому или иному элементу склонового рельефа (приводораздельная, средняя или нижняя часть склона), поскольку рельеф представлен маловыразительными формами (моренные холмы и др.) без четко выраженного закономерного распределения их в пространстве в отличие от, например, ярко выраженного дендритовидного рисунка гидрографической и овражно-балочной сети в центральной черноземной области (ЦЧО), Поволжье и других районах.

С другой стороны, не везде эродированным почвам, наблюдавшимся в период полевого дешифрирования, был присущ этот признак на космическом снимке, т. е. он не является стабильным. Это легко объясняется неоднородным покрытием поверхности разных участков пашни: на одних полях поверхность почвы к моменту съемки могла быть обнаженной, а на других полях — замаскированной каким угодно растительным покровом или растительными остатками с различным проективным покрытием.

Линейные формы эрозии, такие как, например, овраги и балки, в отличие от плоскостного смыва, дешифрируются вполне уверен-

но как по своему характерному рисунку, так и по демаскирующей их древесно-кустарниковой растительности. Однако овражно-балочная сеть, как по данным литературы, так и по нашим визуальным наблюдениям, развита относительно слабо, имеет довольно небольшое распространение, а, главное, фаза активного оврагообразования в них отсутствует. Эпизодически происходящий рост оврага быстро сменяется стадией закрепления древесной или кустарниковой растительностью. В частности, в условиях известного весьма дождливого лета 1976 г. рост оврагов нами не наблюдался. Довольно значительное распространение имеют рытвины вдоль дорожной сети, однако по условиям генерализации в данном масштабе картографического отображения они получить не могут.

Таким образом, как видно из изложенного, прямых дешифровочных признаков на эродированность почвенного покрова снимок практически не содержит. Однако применение ландшафтного метода исследований с использованием некоторых косвенных признаков эродированности позволило в целом положительно решить вопрос о возможности использования космических снимков Нечерноземной зоны для картографирования нарушенности почвенного покрова эрозионными процессами.

Анализ ландшафтной карты, выполненной по космическим снимкам, показал возможность первоначальной качественной интерпретации космического снимка в этом отношении. Так, выделенные на карте водно-ледниковые равнины на палеозойском фундаменте, озерно-ледниковые песчаные и супесчаные равнины на палеозойском фундаменте, а также речные долины с современными и древнеаллювиальными отложениями не подвержены эрозии и неэрозионноопасны, если исходить главным образом из характеристики рельефа, представленного плоскими, местами отрицательными формами с современным аккумулятивным направлением рельефообразования. Холмистые моренные суглинистые равнины на палеозойском фундаменте вследствие расчлененности рельефа относительно высокого уровня распаханности территории эрозионноопасны и в настоящее время подвержены эрозии.

Чтобы полнее использовать информацию космического снимка, необходимо применять материалы аэросъемок наземных исследований. Но если аэроснимки сняты в летний период с развитым на пашне растительным покровом, то для почвенно-эрозионного дешифрирования они не могут быть использованы. В качестве дополнительных материалов применяются картосхемы почвенно-эрозионного районирования, составленные по материалам крупномасштабных почвенно-эрозионных исследований.

Исходя из условий дешифрируемости, по космическим снимкам были выделены градации выделов с количеством эродированных на пашне почв: менее 25, 25—50 и более 50%. Далее было принято, что в качестве косвенного, но достаточно достоверного дешифровочного признака для локализации этих трех градаций количества эродированной пашни в эрозионноопасных ландшафтах может служить такой достаточно физиономичный на космических

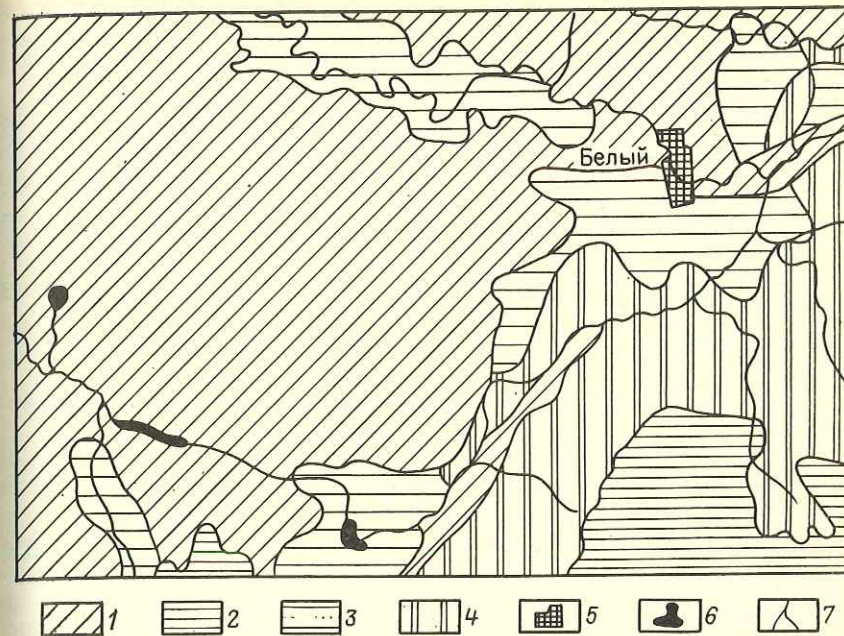


Рис. 18. Карта эрозионной опасности Бельского района Калининской области (фрагмент). Составил Г. А. Черенев:

1 — неэрозионноопасные почвы водно-ледниковых, озерно-ледниковых песчаных и супесчаных равнин и речных долин; 2—4 — эрозионноопасные почвы холмистых моренных суглинистых равнин: 2 — закреплены древесно-кустарниковой растительностью, эрозия почв отсутствует; 3 — коэффициент расчленения овражно-балочной сетью 0,26—0,40 км/км², эродированных почв от 25 до 50% от площади пашни; 4 — коэффициент расчленения овражно-балочной сетью 0,40—1,50 км/км², эродированных почв более 50% от площади пашни; 5 — населенные пункты; 6 — озера; 7 — реки

фотоснимках признак, как коэффициент расчленения территории овражно-балочной сетью. Выделение контуров с разным уровнем расчленения овражно-балочной сетью и последующий подсчет по снимку коэффициентов этого расчленения показал, что выделам с количеством эродированной пашни до 25% соответствует коэффициент до 0,26 км/км², выделам от 25 до 50% — коэффициент от 0,26 до 1,1 км/км² и выделам с эродированностью пашни более 50% — от 1,1 до 1,5 км/км² (рис. 18).

Специфика космической информации позволила отобразить принципиально новый аспект почвенно-эрозионной опасности, который практически невозможно получить наземными методами. В частности, были выделены потенциально эрозионноопасные почвы холмистых моренных суглинистых равнин. На них эрозия отсутствует ввиду того, что эти земли заняты древесно-кустарниковой растительностью. Следует отметить, что выделение на карте этих земель накладывает на карту прогнозный отпечаток, поскольку в самом названии этого выдела заложено своего рода прогноз-предупреждение: данные почвы эрозионноопасны, но не подвергаются эрозии до тех пор, пока не нарушена древесная и ку-

старниковая растительность. При условии же ликвидации этой растительности без необходимых противоэрозионных мероприятий здесь возможен смыв почвы.

Таким образом, среди неэрозионноопасных почв были выделены почвы водно-ледниковых равнин, озерно-ледниковых песчаных и супесчаных равнин и речных долин. Среди эрозионноопасных почв холмистых моренных суглинистых равнин выделены:

закрепленные древесно-кустарниковой растительностью с отсутствием эрозии почв;

с эродированностью до 25 % от площади пашни и коэффициентом расчленения овражно-балочной сетью (K) до $0,26 \text{ км/км}^2$;

с эродированностью от 25 до 50 % от площади пашни и $K = 0,26 - 0,40 \text{ км/км}^2$;

с эродированностью более 50 % от площади пашни и $K = 0,40 - 1,50 \text{ км/км}^2$.

Район исследований принадлежит к району краевых моренных образований с флювиогляциальными и аккумулятивными формами рельефа, поэтому механический состав почв отличается значительным разнообразием, и описать в отдельности каждый тип выдела не представляется возможным. Можно лишь отметить, что неэрозионноопасным почвам соответствуют зандровые равнины, сложенные валунным песком, древние озерные котловины, выполненные ленточными глинами, тонкозернистыми слоистыми песками, слонстыми суглинками.

§ 9. Картографирование антропогенных изменений экологических условий

Ландшафтно-индикационное дешифрирование аэро- и космической информации позволяет наиболее объективно и с охватом значительных площадей установить и отразить на картах виды, характер, степень и силу антропогенных воздействий, проявляющихся на этих территориях, а следовательно, анализ полученных результатов может способствовать наиболее эффективному планированию и проведению мероприятий по борьбе с явлениями опустынивания, проведению мелиорации и рекультивации земель. Изучение и картографирование на основе космической информации природных процессов (таких, как засоление, оползни, карст, суффозия, эрозия и другие, возникающие под воздействием экзогенных факторов) в настоящее время необходимо дополнять выявлением роли антропогенного воздействия на них, так как там, где это влияние значительно, оно заметно изменяет естественную динамику природных процессов, а в ряде случаев вызывает развитие таких процессов, которые ранее на исследуемом участке не были установлены.

Антропогенному нарушению природной среды в настоящее время подвержены почти все территории, но ответная реакция тех или иных ландшафтов на одно и то же воздействие часто сильно различается. Вследствие этого по ландшафтно-индикационным на-

блюдениям и дешифрированию материалов одноразовых космических фотосъемок можно достаточно достоверно определить результаты такого воздействия на отдельные компоненты или на ландшафт в целом, но трудно установить его «первоначальную силу» или постоянство воздействия. Для этого необходимы дополнительные исследования, с одной стороны, и анализ реакции разных типов ландшафтов на антропогенные воздействия, в том числе и на нарушения, — с другой. Подобный анализ аналогичен оценке ландшафтов по их устойчивости к изменению, на необходимость которого указывает А. Г. Исаченко [15].

Можно отметить, что на устойчивость ландшафта к тому или иному внешнему воздействию в первую очередь оказывают влияние сложность и развитость как отдельных компонентов, так и ландшафта в целом. Это выражается в том, что ландшафт тем устойчивее, чем более пенеппенизирован рельеф, развит почвенно-растительный покров (почвенный профиль достиг максимального выражения, растительный покров образован сомкнутыми, синусиально и ярусно сложными сообществами). Так, например, глинистые равнинные пустыни с минимальным эрозионным расчленением, развитыми бурами или серо-бурами почвами, с господством полукустарников и многолетних трав в растительном покрове будут более устойчивы, чем глинистые склоны, расчлененные многочисленными руслами, со смытым или слаборазвитым почвенным покровом и разреженными растительными сообществами из однолетних трав. Такой же ряд устойчивости ландшафтов можно проследить и для других типов пустынь, например для песчаных (от закрепленных растительностью песчаных равнин с господством полыней и многолетних злаков до развиваемых песков с единичными экземплярами псаммофитов). По сравнению с глинистыми пустынями песчаные всегда, очевидно, будут менее устойчивы к любому антропогенному вмешательству, что связано с более примитивным строением почв песчаных пустынь, лучшими инфильтрационными способностями песчаных грунтов, относительной открытостью псаммофильных сообществ. В связи с этим песчаные пустыни наиболее подвержены агрессии антропогенного воздействия, особенно техногенного. Аналогичные примеры можно привести и по другим физико-географическим зонам.

Однако следует отметить, что естественная устойчивость ландшафтов может быть оценена только по отношению к антропогенному воздействию при экстенсивном ведении хозяйства с минимальным техногенным вмешательством. Интенсивное хозяйственное использование земель, связанное с развитием водных мелиораций, промышленным или гражданским строительством и т. д., которые требуют использования современной мощной техники, приводит часто к необратимым нарушениям природной среды, независимо от естественной устойчивости ландшафта.

Безусловно, эта сторона проблемы — ответная реакция природной среды на антропогенное воздействие, требует специального исследования. Наиболее распространенные антропогенные процес-

Таблица 21

Антропогенные процессы, их сущность и факторы, их обуславливающие*

| Основные антропогенные факторы, обуславливающие возникновение процессов | Антропогенные процессы и явления | Сущность процесса |
|--|---|--|
| Горные выработки. Откачка подземных вод для водоснабжения. Сооружение карьеров, строительных котлованов. Глубинное искусственное выщелачивание горных пород нагнетанием в скважины агрессивных растворов | Проседание земной поверхности в местах горных выработок. Образование просадок, провалов, обвалов, провалов-суффозионных воронок, трещин, оседания. Поверхностное растрескивание пород. Деградация почв на полях над штреками шахт | Выемка грунта, добыча строительных материалов, полезных ископаемых открытым и закрытым способом. Вымывание питательных веществ из почвы над штреками шахт, приводящее к уменьшению биомассы растительности |
| Проведение осушительных мелиораций | Осушение болот, заболоченных земель, пойма | Понижение уровня грунтовых вод, приводящее к изменению почвенно-растительного покрова |
| Понижение уровня грунтовых вод при горных разработках и инженерно-строительной деятельности | Осушение, переосушение | Понижение уровня грунтовых вод, приводящее к изменению почвенно-растительного покрова |
| Выпас скота (пастыба) | Поверхностное переувлажнение. Заболачивание | Разрушение гумусового почвенного горизонта, уплотнение почвы, изменение ее водно-физических свойств |
| Сенокосение | Заболачивание почв | Уменьшение поступления органического вещества в почву. Появление олиготрофных условий |
| Рубка леса промышленного и местного значения | Переувлажнение. Заболачивание (при неглубоком залегании грунтовых вод), глееобразование | Повышение уровня грунтовых вод. Изменение водно-физических свойств почвы |
| Лесные пожары | Переувлажнение. Заболачивание (при неглубоком залегании уровня грунтовых вод) | Сильное уплотнение грунта. Повышение уровня грунтовых вод за счет снижения транспирации вследствие уничтожения леса. Изменение водно-физических свойств почвы |

Продолжение табл. 21

| Основные антропогенные факторы, обуславливающие возникновение процессов | Антропогенные процессы и явления | Сущность процесса |
|--|----------------------------------|---|
| Проведение строительных работ, осушительной мелиорации с последующей распашкой территории и т. п. | Ветровая эрозия | Выдувание и перенос почвенных частиц (пыльные бури) |
| Сооружение искусственных форм рельефа (насыпей, терриконов, дамб, карьеров и пр.) | Обвально-осыпные | Обвал земляных масс |
| Уничтожение растительного покрова, перераспределение поверхностного стока, снижение уровня грунтовых вод откачками и неправильным дренажем | Опустынивание (осушение) | Понижение биологического (экологического) потенциала (объединяет процессы деградации растительности водной и ветровой эрозии, накопление токсичных веществ в почве) путем формирования малопродуктивных растительных сообществ, образование такыровидных поверхностей |
| Чрезмерное орошение | Заболачивание, засоление | Поверхностное переувлажнение грунтов, образование органического вещества. Аккумуляция на поверхности легкорастворимых солей |

* Антропогенные изменения геологической среды детально рассмотрены в книге Котлова Ф. В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М., Недра, 1978.

сы и явления, основные антропогенные факторы, их вызывающие, и их сущность показаны в табл. 21 и на рис. 19.

Антропогенные процессы наиболее активны там, где проводится откачка подземных вод для водоснабжения, в местах горных разработок, сооружений, карьеров и строительных котлованов; в районах интенсивного промышленно-хозяйственного (строительство линейных сооружений, промышленных и хозяйственных комплексов, распашка естественных угодий) и сельскохозяйственного освоения; в районах развитого животноводства, где проводится сенокосение и выпас скота, а также в районах орошения и проведения осушительных мелиораций и промышленных разработок

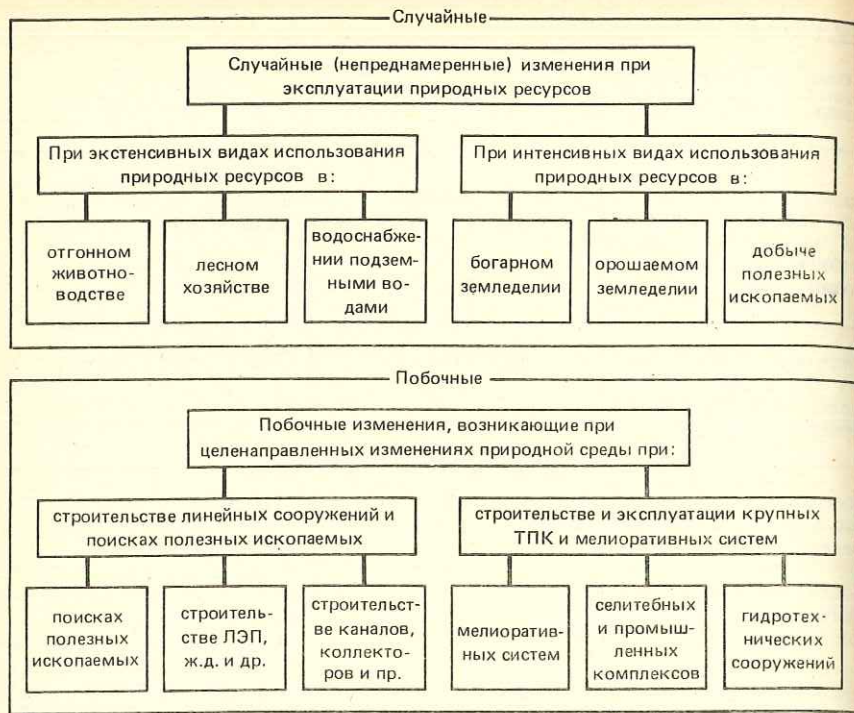


Рис. 19. Схемы случайных и побочных антропогенных воздействий на природную среду

торфа (см. табл. 21). В местах, где возникают антропогенные процессы, изменения экологических условий происходят более быстро, чем при развитии природных процессов, и часто носят необратимый характер.

Антропогенное воздействие на природную среду влечет за собой развитие новых или усиление уже имевших место экзогенных процессов. Для антропогенно-стимулированных процессов характерны локальность развития в связи с тесной взаимосвязью с вызвавшими их хозяйственными мероприятиями (объектами), высокая скорость и интенсивность развития, крайнее разнообразие типов процессов, порожденное сочетаниями природных и хозяйственных факторов. Эти особенности определяют специфику методики индикационного дешифрирования космических снимков при картографировании антропогенных изменений природных условий: необходимость дешифрирования техногенных объектов, как возможных факторов изменения природной среды, и необходимость использования приемов динамической индикации.

Динамика процессов, связанных с антропогенными изменениями природных условий, предопределяет необходимость использования различных по видам материалов космических съемок, вы-

полненных с определенной повторностью с периодами в месяц, сезон, год, десятилетие — в зависимости от характера изучаемого явления или процесса и интенсивности его воздействия на среду. Повторные космические снимки фиксируют антропогенные изменения и нарушения природной среды за установленный промежуток времени и позволяют выявить скорость развития процесса и прогнозировать его на будущее.

Дешифрирование космической информации при изучении и картографировании антропогенно-стимулированных процессов включает сопряженный анализ естественных и аномальных рисунков фотоизображения, обусловленных как природными факторами, так и деятельностью людей. Для правильной интерпретации этот анализ проводится с учетом ландшафтно-индикационных закономерностей и экономико-географических данных, раскрывающих как естественные природные условия, так и антропогенные изменения их. Значение тех или иных изменений компонентов ландшафта антропогенным фактором при изучении динамики природной среды может быть выявлено на основе всего комплекса внутриландшафтных связей, определении «нарушенного звена» этих связей и, следовательно, наиболее вероятных экологических последствий. При этом можно различить три степени или вида антропогенных воздействий, прямо или косвенно влияющих на природную среду. Во-первых, это слабое однократно или непостоянно действующее воздействие, не вызывающее перестройки ландшафтной структуры, характерное для территорий с экстенсивным ведением хозяйства. Ко второму виду относятся сильные, хотя и однократные, антропогенные воздействия на природную среду, дающие определенный толчок для развития природных процессов или ускорения их динамики, что приводит уже к перестройке всей структуры ландшафта. Третий вид — сильное многократно или постоянно действующее антропогенное воздействие, усиливающее или резко меняющее естественный ход природных процессов, приводящее к формированию новых, антропогенных ландшафтов.

Слабое антропогенное воздействие характеризуется тем, что изменение компонентов ландшафта не нарушает внутриландшафтных связей и вся система не выходит из состояния динамического равновесия, несмотря на вмешательство человека. Только очень длительное, непрекращающееся слабое антропогенное воздействие может в конце концов привести к постепенной перестройке внутриландшафтных взаимосвязей, которая воспринимается часто как естественное развитие, так как установить факт такого антропогенного вмешательства бывает довольно сложно. Примером могут служить территории, используемые при отгонном животноводстве под пастбища длительное время, но при строгом соблюдении норм выпаса.

Сильное однократное антропогенное воздействие на тот или иной компонент природной среды приводит к изменению многих внутриландшафтных взаимосвязей, а иногда и перестройке всей структуры ландшафта, с весьма длительным периодом восстанов-

ления первоначальных условий. В ряде случаев такие воздействия являются основным фактором для последующего развития ряда экзогенных процессов, которые могут рассматриваться как антропогенно стимулированные. Чем значительнее антропогенное воздействие по силе и площади охвата, тем глубже и длительней процесс перестройки или восстановления структуры ландшафта в целом. Антропогенные воздействия вызывают или усиливают и убыстряют течение таких экзогенных процессов, как оползни, просядки, заболачивание, засоление. Важной отличительной чертой этих процессов, стимулированных сильным однократным антропогенным воздействием, является то, что дальнейшая перестройка природных условий и развитие процесса может происходить аналогично ходу развития естественных экзогенных процессов. Примером таких однократных сильных воздействий могут служить вырубки лесов на больших площадях.

Но наибольшее значение имеет сильное антропогенное воздействие, многократно или постоянно действующее на природную среду, при котором формируются новые антропогенные ландшафты на участках прямого воздействия, например городá, каналы, водохранилища, горнопромышленные комплексы и т. д., а на прилегающих участках, испытывающих косвенное воздействие, активизируются природные и формируются антропогенно стимулированные процессы, часто приводящие к полной перестройке всей структуры ландшафта.

На рис. 20 приведен фрагмент карты нарушенности почвенно-растительного покрова, в легенде к которой отражено современное состояние земельных угодий в связи с характером и длительностью антропогенного воздействия.

Выраженность таких процессов в физиономичных компонентах ландшафта определяет возможность и целесообразность применения космической фотоинформации на основе ландшафтно-индикационного дешифрирования ее. Для этого весьма перспективными являются материалы многозональных космических съемок и полученных на ее основе составных цветокодированных изображений. Значительно расширяет возможности космической информации для изучения и картографирования антропогенно-стимулированных процессов использование различно увеличенных исходных материалов. Так, например, использование увеличенных снимков, полученных с долговременной орбитальной станции «Салют-4», позволило выделить в зоне влияния Каракумского канала участки с резко повысившимся уровнем залегания грунтовых вод. Там, где этот уровень поднялся выше критического, начались процессы вторичного засоления почв. Такие участки, требующие сооружения дополнительной дренажной сети, были выделены в Мургабском и Тедженском оазисах. Дешифрирование космических снимков всей трассы канала позволило проследить изменения гидрогеологических условий на прилегающих к нему территориях в зависимости от геолого-структурных и физико-географических условий трассы от первой до третьей очереди. Дешифрирование аналогичных

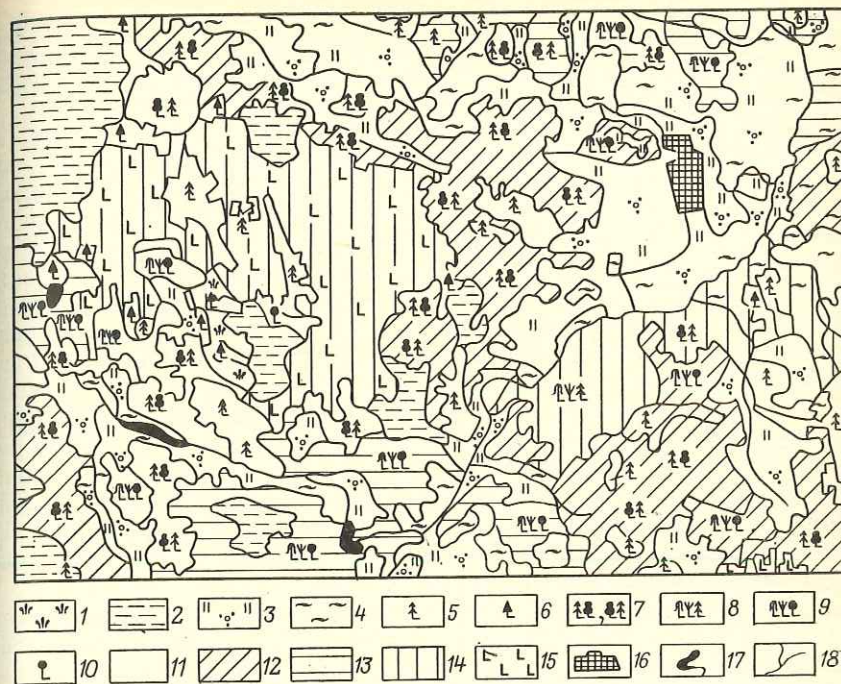


Рис. 20. Карта нарушенности почвенно-растительного покрова Бельского района Калининской области (фрагмент). Составила Л. А. Шевченко:

1—2 — угодья, ненарушенные или нарушенные кратковременным воздействием; 1 — луга низинные, 2 — болота неосушенные; 3—4 — угодья, нарушенные долговременным воздействием; 3 — луга суходольные, местами закустаренные, на месте хвойно-широколиственных лесов, 4 — пашни на месте хвойно-широколиственных лесов; 5—10 — леса: 5 — ненарушенные (условно-коренные) еловые, ненарушенные (условно-коренные) осиновые, 6, 7 — леса, нарушенные кратковременным воздействием (короткопроизводные) елово-мелколиственные и мелколиственно-еловые, 8 — леса, нарушенные долговременным воздействием (длительно-производные), осиновые с примесью ели, березовые и березово-осиновые с примесью ели, 9—10 — леса, нарушенные неоднократными долговременными воздействиями (устойчиво-производные): 9 — березовые и осиновые, березово-осиновые с примесью ольхи серой, 10 — сероольховые; 11—14 — степень нарушенности территорий: 11 — ненарушенные, 12 — слабонарушенные, 13 — средненарушенные, 14 — сильнонарушенные, 15 — сплошные вырубки; 16 — населенные пункты; 17 — озера; 18 — реки

снимков, выполненных со значительным увеличением, дало возможность проанализировать влияние водохранилищ на прилегающие участки и составить схемы дешифрирования подтопленных земель, выделив участки с различным режимом подтопления и уровнем залегания грунтовых вод, характеризующиеся различными стадиями процессов заболачивания и засоления.

При сильном постоянном или периодически возобновляемом антропогенном воздействии на окружающую среду реакция последней часто может вызвать катастрофические, т. е. очень быстрые и непредвиденные изменения природных условий, как, например, возбужденные или техногенные землетрясения, обвалы или оползни. Прогнозирование возникновения таких явлений и процессов чрезвычайно сложно. В этих случаях космическая ин-

формация может найти применение для оперативного слежения за ходом антропогенного воздействия (например, заполнения водохранилища) и для регистрации создавшегося положения на участках, подвергшихся тому или иному стихийному воздействию.

В настоящее время трудно выделить какой-либо участок, затронутый только одним видом антропогенного воздействия, приводящего к ухудшению экологических условий. Как правило, наблюдаются различные их сочетания в связи с внедрением интенсивных форм ведения хозяйства, особенно на территории, где ранее велось только экстенсивное использование земель и растительных ресурсов. Расширение используемых природных ресурсов, связанное с внедрением современных технических средств, приводит к образованию сложного сочетания различных видов антропогенной нарушенности ландшафтов, а следовательно, и различного современного состояния природной среды, находящего отражение на снимках. На любом участке в структуре ландшафта можно различить природные (экологические) и антропогенные (социально-экологические и социально-экономические) элементы. Это прослеживается на всех опытных участках, на которых проводились экспериментальные исследования по дистанционной индикации современного состояния экологических условий.

Так, например, ландшафтно-индикационное дешифрирование Юго-Восточного Устюрта дало возможность составить представление о размерах антропогенного воздействия на эту территорию в связи с разведкой и эксплуатацией полезных ископаемых и строительством дорог и трубопроводов. Первоначально по материалам аэро- и космических снимков была составлена ландшафтно-индикационная схема, по которой была установлена закономерная взаимосвязь физиономических компонентов современных природно-территориальных комплексов с геолого-тектоническими условиями, что нашло отражение в таксономическом подразделении выделяемых природно-территориальных комплексов.

Но уже при ландшафтно-индикационном дешифрировании оказалось невозможным избежать показа очень сильно измененных участков, связанных с промышленным освоением Устюрта и строительством трубопроводов. Помимо таких целенаправленно измененных участков, которые вызвали нарушение естественных экологических условий, на Юго-Восточном Устюрте отмечалось значительное количество разнообразных по характеру и степени выраженности антропогенных изменений природной среды. Они были вызваны в основном эксплуатацией кормовых ресурсов, либо являлись случайными, попутно возникавшими при проведении геологопоисковых и строительных работ. Это отразилось в первую очередь на растительном покрове этой равнинной каменисто-гипсовой пустыни. В противоположность естественному растительному покрову участки с техногенной нарушенностью растительности имели характерные прямые дешифровочные признаки. Интенсивные поисковые геологоразведочные, сейсмические, геофизические и гидрогеологические исследования, эксплуатационное бурение и

постройка газопроводов — все это привело к значительному нарушению, а в ряде случаев и полному уничтожению почвенно-растительного покрова, к существенному снижению продуктивности этих пустынных пастбищ.

На схеме техногенной нарушенности пастбищ Юго-Восточного Устюрта на фоне ландшафтно-геоботанических контуров выделены: сеть бессистемных грунтовых дорог, пересекающих территорию во всех направлениях; участки с нарушенным растительным покровом вокруг колодцев (пасторальная приколодезная дегрессия); участки с совершенно уничтоженной растительностью на промышленных территориях, на месте производства буровых работ и вдоль трубопроводов; участки с измененным растительным покровом у водоемов и ручьев, образовавшихся за счет самоизливающихся вод артезианских скважин. Сравнение схемы дешифрирования современного растительного покрова с учетом его техногенной нарушенности с картой типов пастбищ этой территории того же масштаба показало значительно бóльшую детальность контуров, выделенных по космическим снимкам на схеме дешифрирования, по сравнению с картой. Кроме того, эта схема позволяет проследить по площади различные виды и степень техногенной нарушенности пастбищ, а следовательно, облегчить дальнейшее планирование мероприятий по борьбе с опустыниванием. Для выделенных участков черносаксаульников (единственного здесь источника древесины), подвергшихся воздействию опустынивания из-за слишком интенсивной и бессистемной корчевки деревьев, установлено, что основные экологические условия произрастания саксаула, за небольшим исключением, не были кардинально затронуты. Нарушен только один компонент (растительность) при его неумеренной эксплуатации. Это дает основание полагать, что на таких участках возможно естественное восстановление нарушенного саксаульника. Для ускорения этого процесса, очевидно, следует провести подсев саксаула и создать там систему охранительных мероприятий.

Выполненные в этом районе наблюдения подтвердили широкое распространение экзогенных процессов, связанных не только с естественными причинами, которые неоднократно отмечались, но и стимулированных инженерной деятельностью. К таким «стимулированным экзогенным процессам» может быть отнесена интенсификация эоловой переработки песков, засоление за счет минерализованных вод самоизливающихся буровых скважин и др. Так, сооружение дорог и трубопроводов на участках песчаной пустыни приводит к образованию перевеваемых песков, к интенсивной эоловой переработке отложений, аналогичные воздействия на ландшафт глинистых и каменисто-глинистых пустынь приводят к активизации линейной эрозии, образованию глубоких эрозионных промоин. Это же «оживление» экзогенных процессов отмечали для этого района и А. В. Садов и А. Л. Ревзон [26] после проведения специальных инженерно-геологических исследований с использованием космической информации.

Для обширной территории полуостровов Мангышлак и Бузачи по зональному космическому снимку, полученному в зоне 600—700 нм, было проведено ландшафтно-индикационное изучение этой территории и составлена схема ее антропогенной нарушенности и перспектив улучшения. Следует отметить, что именно в этом регионе расположен отличный пример рационального целенаправленного изменения природной среды: г. Шевченко с его садами и расположенными вблизи него участками мелкооазисного орошения. Однако для обширных пастбищных угодий Мангышлака космическая информация указывает на еще не вполне благополучное положение, связанное с теми же факторами, что и на Юго-Восточном Устюрте. Хотя в настоящее время бессистемная автомобильная езда почти полностью прекращена в связи с постройкой асфальтированного шоссе, а на значительно нарушенных участках начаты работы по мелиорации и рекультивации земель. Поэтому можно ожидать скорого восстановления природного потенциала этих пастбищ. Кроме того, в этом регионе практикуется не только традиционное ведение мелкооазисного земледелия, базирующегося на грунтовых водах (преимущественно в предгорьях Каратау), но и орошение за счет частично опресненных морских вод. По космическим снимкам можно наметить ряд новых участков, пригодных для расширения мелкооазисного земледелия.

Ландшафтно-индикационное дешифрирование космических фотоснимков дало возможность проследить другой вид изменений экологических условий пустынных пастбищ, связанный с отсутствием рыхления верхнего горизонта песков,—распространение кара-харсангов (обрастаний *Tortula desertorum*) на обширных площадях Заунгузских Каракумов (рис. 21). Г. С. Каленов [17] связывает кара-харсанги с геологическим строением этого района, С. В. Викторов относит их к индикаторам поверхностного гипсового засоления, а с хозяйственной точки зрения такие участки представляют собой сильно обедненные пастбища, нуждающиеся в мелиорации.

Дистанционная индикация опустынивания наиболее целесообразна для получения информации о крупных регионах, занятых тем или иным видом хозяйственного использования. В первую очередь это относится к территориям, земли которых используются преимущественно в качестве пастбищ отгонного животноводства, как в пустынных регионах, так и в тундровых и лесотундровых. Но и в районах интенсивного земледелия дистанционная индикация позволяет выявить нерационально используемые (нарушенные) участки, а следовательно, и наметить наиболее эффективную систему мероприятий по восстановлению нарушенных экологических условий.

Так, например, в условиях сухостепного климата при богарном земледелии наблюдается значительная эрозионная расчлененность территории овражно-балочной сетью. Ландшафтно-индикационное дешифрирование позволило весьма точно выделить в одном из таких районов различные формы и стадии образования этой се-

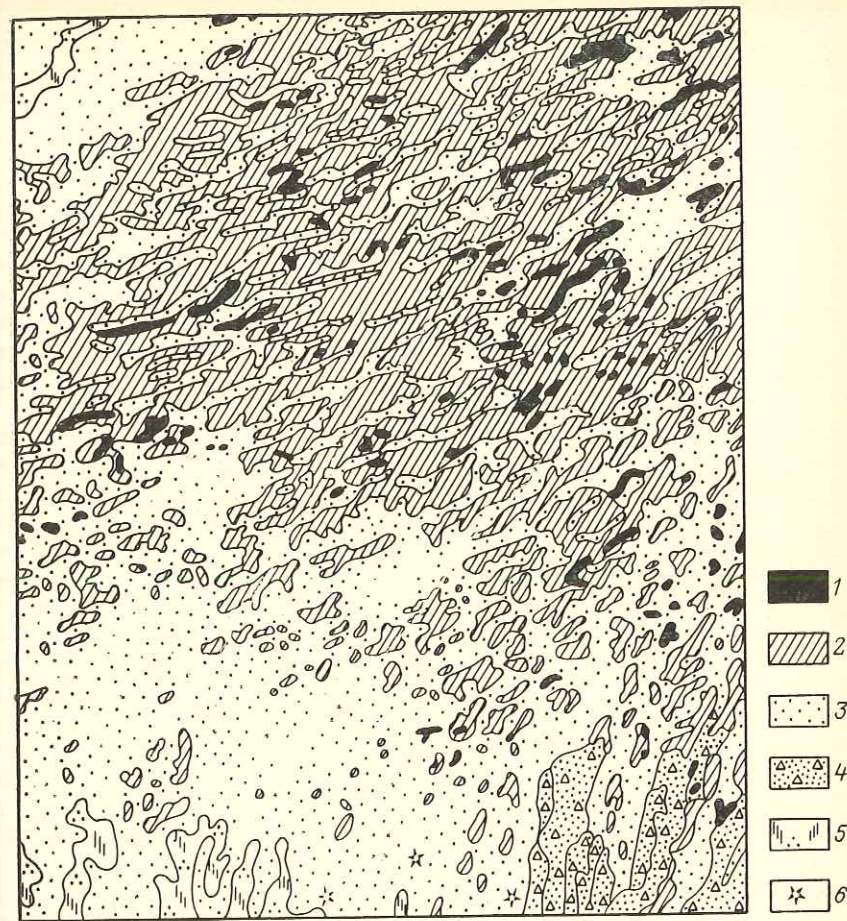


Рис. 21. Схема дешифрирования фрагмента увеличенного космического снимка Заунгузские Каракумы—пески, заросшие пустынным мхом—кара-харсангом. Составила Е. А. Востокова:

1— кара-харсанги—сообщества с доминированием *Tortula desertorum*, покрытие тортула от 60 до 100 %; 2— кара-харсанги, покрытие тортула до 60 %; 3— пески бугристые и грядовые, занятые сообществами с доминированием белого саксаула; 4— кыры—песчанощебнистые поверхности с разреженными сообществами полыни и тетыра; 5— песчано-солончаковые комплексы по руслу Узбоя и понижениям; 6— отдельные такыры, лишенные растительности

ти. Так, овраги и балки, осложненные в верховьях карстово-суффозионными формами рельефа, которые приурочены к неглубоко-залегающим карстующимся мергелисто-известняковым отложениям, дешифрируются по комплексу прямых признаков: комбинациям фототона, форме и размерам однотипного рисунка. Дополнительным косвенным признаком иногда служат четко различимые по фототону границы полей, которые оконтуривают склоны оврагов или балок. Эти овраги в верховьях характеризуются округлым

или овальным расширением, представляя собой как бы прорванную с одной стороны оврагом карстовую воронку, что и находят на снимках непосредственное отражение. Овраги, врезающиеся в толщу глинистых отложений, всегда имели сужающуюся к верховью каньонообразную форму и соответственно «тонкозаостроенный» треугольный рисунок фотоизображения.

Однако особый интерес представляет индикация слабовыраженных в рельефе начальных стадий образования оврагов и карсто-во-суффозионных просадок, которые еще не выражены в рельефе и дешифрируются на фоне возделываемых полей по несколько более темному фону и форме пятен, закономерно цепочкой расположенных. Благодаря этому дистанционная индикация представляет несомненный практический интерес, так как выявляет заметные еще при наземном обследовании участки, наиболее подверженные эрозии. Это позволяет принять комплекс противоэрозионных мер заранее, не допуская бесцельной потери пахотных земель. По использованным материалам космической съемки оказалось возможным выделить также все участки, на которых уже проведены различные противоэрозионные мероприятия: лесные полосы вдоль склонов оврагов и на полях, инженерные сооружения в верховьях некоторых оврагов и т. п. По космическим снимкам прослеживается государственная лесная полоса на всем протяжении от Куйбышева на севере до предгорий Кавказа на юге, причем выделяются участки с хорошим и ухудшенным состоянием древостоя на полосе. По увеличенному космическим снимкам в Ставропольском крае удалось проследить размещение и состояние лесных полос внутрихозяйственного и районного значения. В результате можно отметить общее снижение числа полос и ухудшение их состояния на северо-востоке края, где их значение, наоборот, возрастает в связи с увеличением засушливости климата и предрасположенностью территории к возникновению пыльных бурь. Направления движения таких эоловых потоков, выносящих с полей плодородный слой, отмечены с помощью космической информации А. А. Григорьевым [12]. С помощью ландшафтной индикации возможно выделить дополнительные участки, для которых необходимо проведение комплекса противоэрозионных мероприятий, в частности ползащитных лесных полос, фитомелиорации песков и др.

Немаловажное значение имеет космическая информация для констатации начальных явлений опустынивания при интенсивном ведении хозяйства — орошаемом земледелии, гидротехническом строительстве и мелиорации земель. При этом одним из важных документов для дальнейшего ведения хозяйства могут быть карты (или схемы) использования земель с показом на них современного состояния окультуренных и естественных участков и карты природно-мелиоративных условий. Опыт составления такой схемы с помощью дистанционной индикации был проведен для района западной Ферганы с интенсивным ведением орошаемого земледелия. Ландшафтно-индикационные исследования в этом районе прово-

дились по той же схеме, что и на других участках, т. е. вначале было осуществлено ландшафтно-индикационное дешифрирование снимков, затем составление схемы использования земель. Эта схема явилась основой для характеристики использования и современного состояния земель. Большинство хозяйственных объектов опознавались и интерпретировались на основе прямых дешифровочных признаков. При этом особо была проанализирована возможность дешифрирования полевых культур на староорошаемых землях путем использования снимков раннелетних (до второго полива хлопка) и позднелетних (в первый период уборки хлопка) съемок. Так, на раннелетних снимках хорошо выделяются темным тоном поля с посевами многолетних трав, преимущественно люцерны. В то же время на снимках этого залета чрезвычайно плохо различимы водотоки и галечниково-песчаные отмели, луга и рисовые поля на пойме или первой террасе. На снимках позднелетних съемок появился прямой дешифровочный признак хлопковых полей — характерный мелкий белый «крап», обусловленный копами собранного хлопка. Сопоставление таких одновременных снимков, но выполненных в один вегетационный сезон, очевидно, может дать точную картину расположения полей с разными культурами, что имеет определенное значение при планировании расхода воды на полив и ряд других мероприятий.

С помощью ландшафтно-индикационного дешифрирования снимков были выделены участки неиспользуемых земель, а также поля с признаками частичного засоления и подтопления. К неиспользуемым землям относятся естественные природно-территориальные комплексы, непригодные для орошаемого земледелия в силу неблагоприятных экологических условий, например адыры, сложенные гипсоносными породами. На основе анализа межландшафтных связей и пространственного расположения участков можно выделить вторично измененные природно-территориальные комплексы. К ним в первую очередь относятся подтопленные и вторично засоленные участки орошаемых земель.

На основе карты использования земель и современного состояния природной среды, составленной с помощью дистанционной индикации, можно рекомендовать некоторые природоохранные мероприятия для дальнейшего повышения эффективности хозяйства в дополнение к тем, которые уже осуществляются в этом районе.

Большое значение ландшафтно-индикационное дешифрирование космических снимков имеет при изучении антропогенных изменений и нарушений растительного покрова (табл. 22), который является наиболее «ранимым» компонентом ландшафта. В то же время нарушение растительного покрова влечет за собой развитие других неблагоприятных антропогенных или антропогенно-стимулированных процессов, таких как эрозия, плоскостной смыв, дефляция почв и пр. Весьма неблагоприятны побочные изменения растительного покрова, происходящие непреднамеренно при хозяйственном освоении новых земель, при целенаправленном использовании других природных ресурсов и строительстве, при осуществ-

Таблица 22

Систематизация антропогенных изменений растительности, выявляемых по космическим снимкам

| № п/п | Характер антропогенного воздействия | Изменения растительности |
|-------|--|---|
| 1 | Целенаправленные изменения и замена естественной растительности на культурную | Образование агроценозов на орошаемых участках; создание искусственных насаждений, посадка лесополос |
| 2 | Случайные изменения и нарушения естественного растительного покрова в связи с его эксплуатацией | Пасторальная дегрессия, не приведшая к смене растительных сообществ. Пасторальная дегрессия и антропогенная нарушенность, приводящие к сукцессионным сменам (преимущественно псаммофитной растительности). Пасторальная и антропогенная дегрессия, приводящая к замене естественной растительности на рудеральную |
| 3 | Побочные изменения и нарушения естественного растительного покрова, не связанные с его эксплуатацией | Техногенные регрессивные сукцессии растительности. Гидрогенные экологические сукцессии растительности, приводящие к господству сообществ фреатофитов. Абиотическая техногенная дегрессия |

лении широких мелиоративных мероприятий. Большой интерес в этом отношении представляет изучение антропогенной измененности почвенно-растительного покрова в районах нового освоения земель для правильной организации мероприятий по их охране от случайных нарушений. Так, разведка и освоение нефтегазовых месторождений севера Западной Сибири вызвали интенсивные изменения почв и растительности этого региона. В качестве примеров можно привести фрагменты карт растительных ресурсов на юге Тазовского полуострова, на Надымском и Сургутском участках, построенных по космическим снимкам. Два первых участка расположены в лесотундре со сплошным развитием многолетнемерзлых пород; Сургутский — в лесоболотной зоне без сплошного развития многолетнемерзлых толщ.

В лесотундре типичные тундровые растительные сообщества — ерниковые и мохово-лишайниковые — занимают большую часть водораздельных поверхностей. Днища долин и понижений заняты пушицево-кустарничковой тундрой и мохово-болотными сообществами. В понижениях на водоразделах локальное распространение получили плоско- и выпуклобугристые торфяники. Лесная растительность распространена на высокой и низкой пойме, местами на I и II террасах рек. Пологие склоны водоразделов заняты листовичными редколесьями и редианами, иногда с примесью ели и березы.

Карта участка, расположенного на юге Тазовского полуострова (рис. 22), отражает изменения, происшедшие в земельных угодьях и растительном покрове в результате прямых антропогенных воздействий, вызванных инженерным строительством. При составлении ее были использованы одновременные космические снимки, полученные с интервалом в два года (1977—1979 гг.). На карте выделены территории, подвергшиеся различным воздействиям: территории, отчужденные собственно под строительство объектов обустройства месторождения (трубопроводы, коллекторы, скважины, карьеры, дороги и т. п.); гари, появившиеся в результате неосмотрительного производства буровых и строительных работ; разбиваемые массивы песков, обусловленные нарушениями растительного покрова при освоении территории; заболоченные участки, появившиеся в результате подпруживания поверхностного стока построенными насыпями дорог и трубопроводов. Анализ одновременных снимков позволил проследить изменения, происшедшие с выделенными территориями в связи с увеличением интенсивности антропогенного воздействия при освоении месторождения. Так, все гари условно удалось разделить на три группы: старше 5 лет, от 2 до 5 лет, до 1 года. Было установлено, что одни и те же территории подвергались пожарам повторно. Рост интенсивности освоения земель вызвал резкое увеличение пожаров и соответственно расширение площадей гарей (примерно за два года их площадь увеличилась в три раза). Строительство дорог и трубопроводов вызвало заболачивание территории вдоль трасс. На карте-схеме показано увеличение заболоченных участков за рассматриваемый период. На ранее заболоченных участках стали развиваться вторичные мерзлотные процессы (термокарст, просадки грунтов).

Карты Надымского участка отображают изменения структуры использования земель и растительного покрова (рис. 23) за время интенсивного хозяйственного освоения этой территории. Для создания карты изменения использования земель проводилось сопоставление карты использования земель, составленной до интенсивного хозяйственного освоения газового месторождения (на период до 1952 г.), с космическими снимками 1977 г., отражающими все происшедшие изменения в структуре использования земель. На карте помимо показа изменений в использовании земель за этот промежуток времени приведены данные о потенциально пригодных землях для дальнейшего освоения.

Начиная с 1952 г. в связи со строительством железной дороги и геологоразведочными изысканиями эта территория вовлекается в интенсивный хозяйственный оборот. После открытия газовых месторождений освоение района приняло очень высокие темпы. Здесь выросли город Надым и многочисленные вахтовые поселки, базы, склады, проложены линии трубопроводов и бетонированных дорог. Растительный покров в связи с этим претерпел значительные изменения в результате прямого воздействия (сведение лесной и коренной нелесной растительности), а также в результате

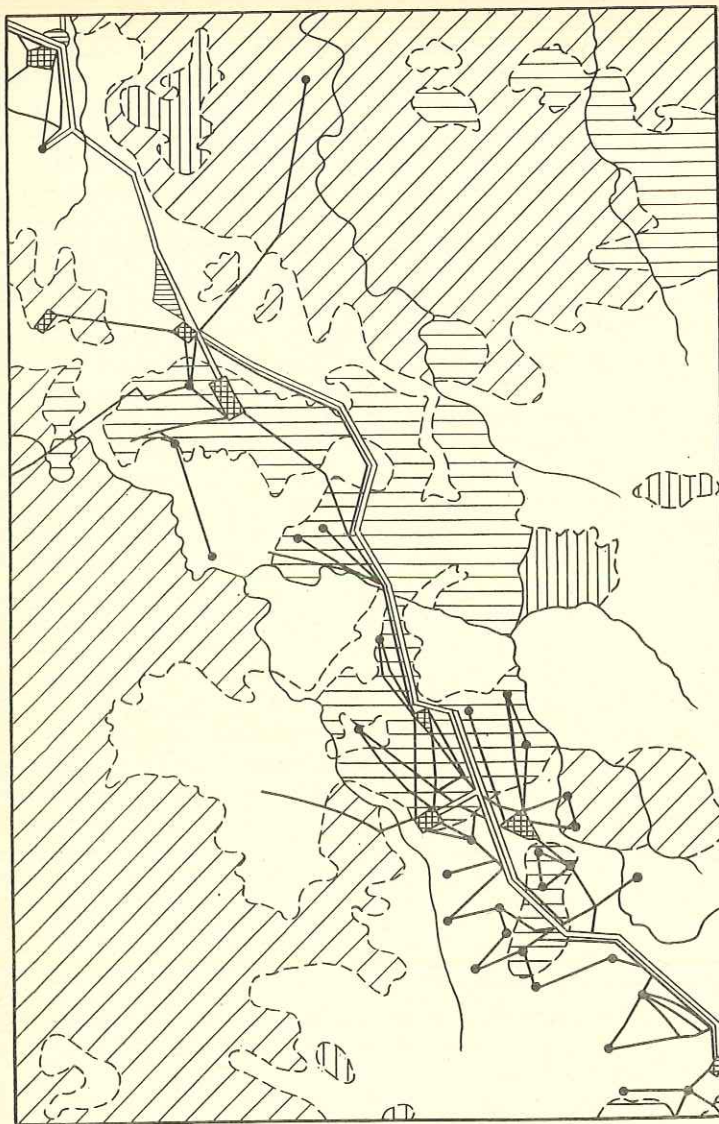


Рис. 22. Схема дешифрирования антропогенной нарушенности почвенно-растительного покрова тундры в связи с обустройством нефтяного месторождения. Составили А. П. Ворожейкин и М. С. Мотовилова:

1 — территории интенсивного освоения, отчужденные под обустройство месторождения (трубопроводы, коллекторы, скважины, карьеры, дороги и т. д.) с полностью измененным почвенно-растительным покровом; 2—4 — стадии восстановления растительности на гарях: 2 — восстановленная кустарничково-травянистая растительность, местами с березово-лиственничным подростом на гарях (старше 5 лет), 3 — частично восстановленная кустарничково-травянистая растительность на молодых гарях (2—5 лет); 4 — практически лишенные растительности свежие гари (моложе 1 года); 5—7 — территории, косвенно антропогенно измененные, заболачивающиеся участки в связи с прокладкой трубопроводов и дорог; 5 — участки с заболачиванием, начавшимся более 5 лет назад и вызвавшим протаивание, термокарст, просадки грунтов, 6 — территории, не подвергшиеся антропогенному воздействию; 7 — реки; 8 — границы гарей

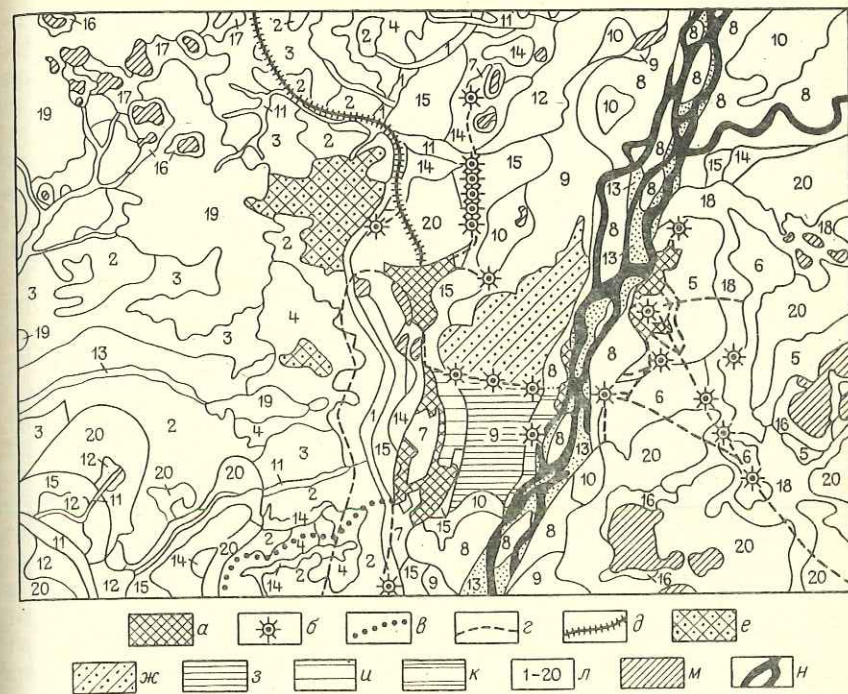


Рис. 23. Карта антропогенной динамики растительности Надымского участка (фрагмент). Составил В. А. Сушеня:

a—к — растительность, претерпевшая коренные изменения: *a—e* — участки, лишенные коренной растительности в связи со строительством и эксплуатацией промышленных объектов: *a* — селитбные застройки, *б* — очаги промышленно-хозяйственного освоения, *в* — линии магистральных трубопроводов, *г* — дороги, *д* — железнодорожная ветка, *е* — гари, вызванные неосмотрительной эксплуатацией объектов; *ж—к*: участки изменения состава и структуры растительного покрова в связи с изменением условий местообитания (в полосе поперечного пересечения долины реки насыщенной дамбой): *ж* — формирующийся комплекс осокново-вейниковых и елово-березовых сообществ в условиях относительного усиления дренажного режима местности за дамбой, *з* — формирующийся гидроморфный комплекс неустойчивых лесоболотных сообществ в условиях дополнительного увлажнения местообитаний перед дамбой, с выпадением древостоя (сухостой), *и* — усиление гидроморфных элементов в травостое елово-березовых лесов, снижение их продуктивности, *к* — болотные эвтрофированные осокново-кустарничковые сообщества; *л—н* — растительность, не измененная антропогенными факторами: 1 — кедровые кустарничково-лишайниковые леса, 2 — лиственничные редколесья, 3 — лиственничные редколесья с примесью ели мшисто-кустарничковые редколесья, 4 — лиственничные мшисто-лишайниковые реднины в сочетании с кустарничковыми тундрами, 5 — лиственничные кустарничково-мшистые реднины с участками комплексных тундр, 6 — лиственничные кустарничково-мшистые реднины с участками комплексных тундр, 7 — сосняки-беломошники, 8 — елово-березовые травяно-кустарничковые леса, условно-продуктивные, 9 — елово-березовые мшистые леса с участками сфагновых болот; 10 — елово-березовые осокново-вейниковые леса, заболоченные, 11 — приручейные травяно-мшистые леса, 12 — ерники, 13 — разнотравно-кустарничковые сообщества низкой поймы, 14 — комплекс кустарничковых и пушицево-сфагновых сообществ плоскобугристых торфяников, 15 — комплекс кустарничково-мшистых и осокново-сфагновых сообществ озерно-бугристых тундр, 16 — осокново-вахтовые заросли приозерных террас в комплексе с кустарничковыми зарослями, 17 — кустарничково-осокновые сообщества слабопроточных ложбин, 18 — осокново-сфагновые сообщества проточных ложбин, 19 — верховые болота, 20 — комплекс озерково-верховых болот, *м* — растительность бессточных водоемов, *н* — растительность проточных водоемов

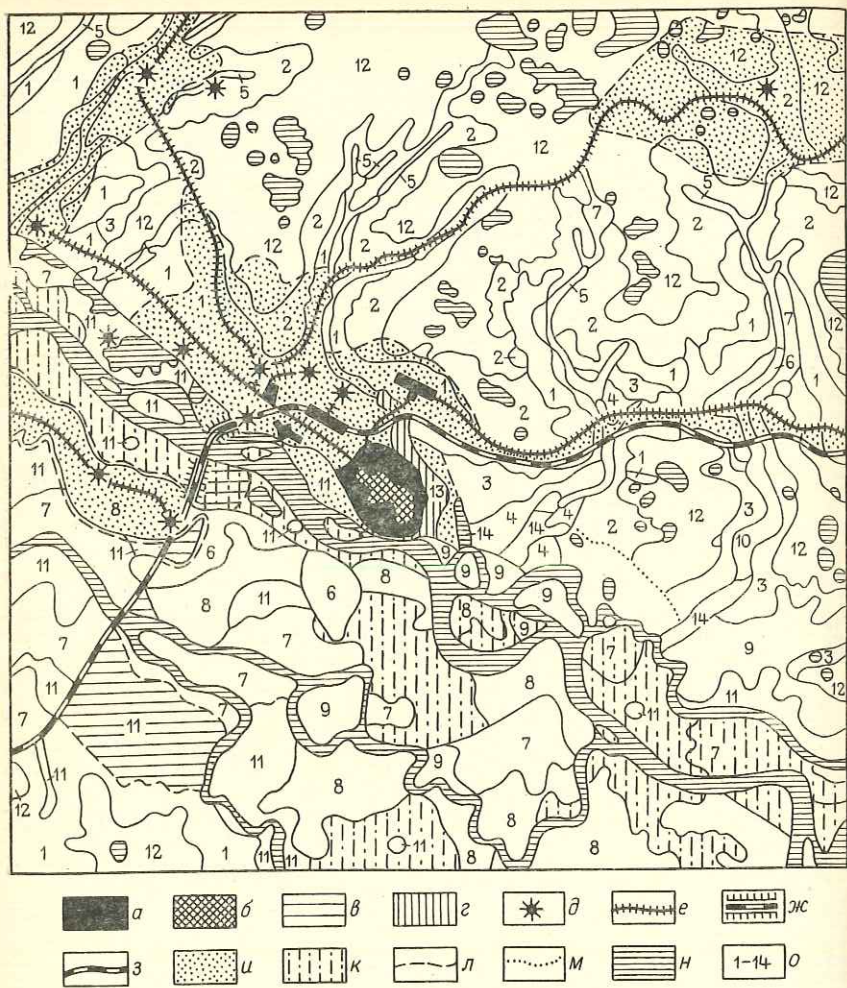


Рис. 24. Карта динамики лесных ресурсов района Сургута (фрагмент карты). Составил В. А. Сушняк:

а-к — растительность, претерпевшая коренные изменения под влиянием нефтепромыслового освоения (*а* — городские насаждения; *б* — травяно-болотные сообщества на месте грядово-мочажинного комплекса верхнего болота; *в* — гидроморфные лугово-болотные сообщества с участками деградации древостоя в условиях избыточного увлажнения, вызванного подпором грунтовых вод перед дамбой; *г* — водохранилище на месте долинных кедрово-березовых лесов; *д* — растущие очаги многофакторного воздействия промыслово-хозяйственных баз на месте сведенных коренных лесов; *е* — линейные трассы с укладкой бетонных плит с элементами адвентивных видов на месте коренных растительных сообществ; *ж* — возвышенные насыпные дамбы, не закрепленные растительностью; *з* — насыпные дамбы с пионерными группировками растений вдоль полотна железной дороги; *и* — ареал многофакторных влияний на растительность лесов и болот в результате нефтепромыслового обустройства; *к* — ареал влияния сельскохозяйственных факторов на структуру и состав лесолуговых сообществ); *л-м* — границы: (*л* — техногенных воздействий на растительность; *м* — нечеткого изображения на космическом снимке); *н* — водоемы; *о*: 1—14 — растительность, не измененная антропогенным воздействием (1 — сосняки дренарных местообитаний, условно-продуктивные; 2 — сосняки по верховому болоту, низкопродуктивные; 3 — сосняки заболоченных местообитаний с березой и кедром; 4 — сосняки разреженные на болотах переходного типа, низкобонитетные; 5 — ельники приречные, услов-

изменений экологических условий местообитания, что приводит к изменениям видового состава растительных сообществ (выпадение одних и внедрение других видов), сомкнутости и биологической продуктивности их. Как правило, временно или окончательно разрушаются коренные растительные сообщества, начинают развиваться позитивные или негативные процессы, приводящие к дальнейшим изменениям земельных и растительных ресурсов. Так, заболачивание лесов на террасе р. Надым вызвано сооружением на обширной плоской поверхности террасы дорожной дамбы, преградившей грунтовой и поверхностный сток вод. В то же время по другую сторону дамбы наблюдается относительное осушение вследствие увеличения времени оттока вод и вызвавшее другие преобразования растительного покрова. На карте приведены установленные изменения растительности, происшедшие на этой территории.

Карта динамики лесной растительности района г. Сургута (рис. 24), составленная в результате сравнительного анализа материалов 1962 и 1978 гг., отражает антропогенные изменения растительного покрова, обусловленные освоением территории в связи с вводом в эксплуатацию промышленных месторождений нефти и газа. Сургутский участок расположен в Среднем Приобье, в подзоне средней тайги, в условиях избыточного увлажнения. Грунты в долинах рек песчаные и песчано-глинистые, на междуречье — торфяные с переменной мощностью торфа (от 1 до 4 м). Растительность представлена сосновыми и сосново-кедровыми лесами средних бонитетов, с небольшим участием березовых и еловых лесов, приуроченных к долинам рек и перемежающихся с кустарниковыми зарослями ив и осоковыми болотами. Междуречья заняты исключительно болотами грядово-мочажинного и грядово-озеркового типов. На слабонаклонных участках и по днищам рек развиваются заболоченные угнетенные сосняки низкой производительности. С 1965 г. территория находится под интенсивным воздействием нефтепромыслового освоения и обустройства месторождений. Основные факторы, обуславливающие динамику растительности, разделяются на две группы: 1) промышленное воздействие (прямое — вырубки, рубки отвода, промышленные рубки; побочное — порубки, гари, карьеры; косвенное — подтопление, затопление, заболачивание местообитаний); 2) воздействие сельскохозяйственного производства (прямое — покосы, выпас; косвенное — иссушение, заболачивание).

В границах ареала 1-й группы воздействия временно или окончательно разрушаются лесные сообщества и их местообитания,

но-продуктивные; 6 — кедровники с сосной и осиной, продуктивные; 7 — комплекс лесоболотных сообществ в условиях паводкового затопления; 8 — комплекс лесоболотных сообществ более дренированных местообитаний, условно-продуктивный; 9 — леса, смешанные с участками болот, условно-продуктивные; 10 — березовые леса долинные, низкобонитетные; 11 — пойменные лугово-кустарниковые сообщества; 12 — массивы верховых грядово-озерково-мочажинных болот; 13 — растительность сорев; 14 — водная растительность рек и озер)

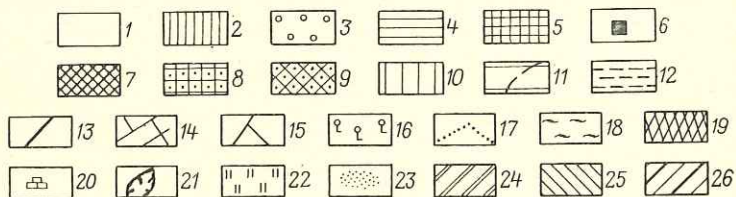
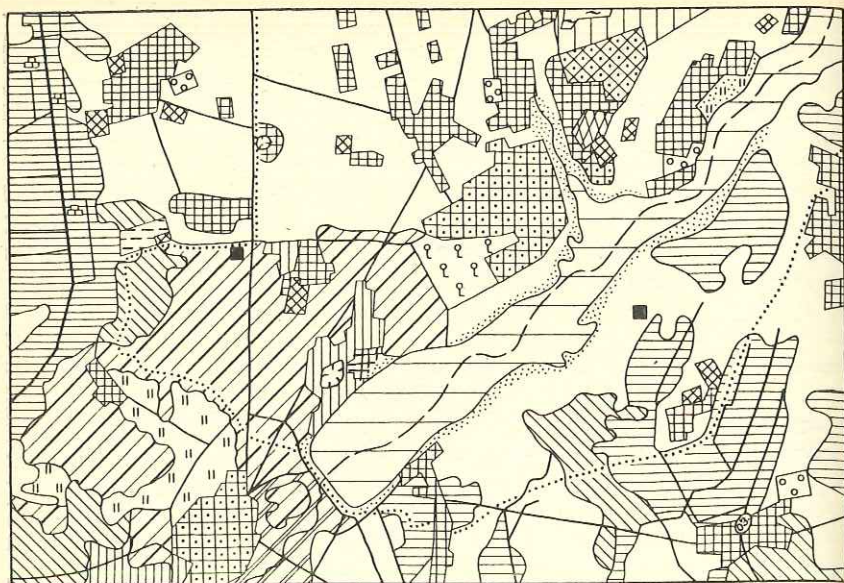


Рис. 25. Карта антропогенной перестройки ландшафтов Солигорского района (фрагмент). Составил В. А. Сушня:

- 1—23 — целенаправленно измененные и производственно преобразованные природные ландшафты интенсивного хозяйственного воздействия:
- 1—7 — территории ПТК, преобразованные агрохозяйственным воздействием, природные связи рационально изменены на научной основе: 1—3 — агроландшафты, природные ландшафты, испытавшие многократные преобразования и сменившие тип естественного биологического круговорота на «аграрный», преимущественно монокультурные агрофитоценозы; 1 — длительного сменного земледелия; 2 — новоосвоенные с применением севооборота; 3 — сады многолетнего земледелия; 4 — мелноративные агроландшафты, болотные ландшафты, испытавшие мелноративные преобразования, изменившие тип водообмена и растительности; 5 — агроселитбные комплексы — жилые усадьбы сельской застройки; 6 — техноселитбные комплексы — очаги концентрации сельскохозяйственной техники, складирования материалов и продуктов; 7 — животноселитбный комплекс — фермы, скотные дворы, подсобные постройки, инженерные коммуникации;
- 8—15 — территории ПТК, преобразованные интенсивным инженерно-технологическим воздействием: 8 — градопромышленные комплексы — урбанизированные застройки с густой сетью подземных и наземных коммуникаций; 9—10 — промышленные комплексы инженерно-технологических циклов производства; 9 — застройки горнорудных комбинатов; 10 — застройки вспомогательных служб и коммуникаций;
- 11—14 — водопромышленный комплекс — объекты, возведенные для обеспечения различных технологических циклов производства водой; 11 — водохранилища производственного назначения в долине реки; 12 — водоотстойники очистных сооружений; 13 — мелноративные спрямленные русла водотоков; 14 — мелноративно-дренажные каналы;
- 15 — дороги для автомобильного транспорта;
- 16—17 — территории ПТК, благоустроенные для отдыха трудящихся: 16 — городской парк культуры и отдыха; 17 — городская зеленая зона отдыха;
- 18—20 — территории ПТК, иррационально преобразованные технологическим воздействием, техногенные ландшафты с нарушенным экологическим равновесием — индустриальные и антропогенные пустоши: 18—19 — горноотвальные комплексы; 18 — солеотвалы, места складирования технологических отходов калийного производства, 19 — ванны шламохранилищ;
- 20 — торфяно-карьерный комплекс — поля торфоразработок;

прогрессируют процессы болотообразования, формируются леса угнетенного облика. В границах ареала 2-й группы идет формирование нелесного типа растительности. Карта дает информацию о происходящих изменениях основных лесопроизводительных площадей района.

Карты антропогенных изменений экологических условий могут составляться для каждого объекта наблюдений отдельно, но могут быть и комплексными. Так, например, на картах, отражающих динамику земель, как правило, показываются все изменения, вызванные как естественными, так и антропогенными причинами в характере использования земель, их культуртехническом состоянии, распределении угодий и их особенностях (засолении грунтов, деградации растительности и др.). На картах антропогенной динамики растительности отражаются изменения, связанные с нарушениями растительного покрова, т. е. изменения естественного растительного покрова в связи с хозяйственным использованием как непосредственно растительности, так и других природных ресурсов, эксплуатация которых вызывает изменения или нарушения растительного покрова или экологических условий его произрастания.

Разностороннее представление об изменении комплекса экологических условий, о динамике ландшафтов и его отдельных компонентов дает серия карт. Так, например, в Солигорском районе, для которого была составлена серия экологических карт, отражающих статические ситуации природной среды (см. § 7), была составлена также серия карт антропогенной динамики, куда вошли карты: антропогенной перестройки ландшафтов (рис. 25), динамики земельных ресурсов (рис. 26), динамики растительности болот (рис. 27) и лесов (рис. 28).

Территория Солигорского аграрно-промышленного района издавна густонаселена и интенсивно используется в сельском хозяйстве. Для повышения плодородия почв проведена осушительная мелиорация болот и заболоченных земель. Большая часть низинных и переходных болот в настоящее время осушена и используется в сельском хозяйстве в виде пахотных, пастбищных и луговых угодий. Верховые болота осушению не подвергались, но они претерпели косвенное осушение в результате мелиораций прилегающих территорий, потеряли первоначальный облик и начинают зарастать растительностью суходольных лесов. Современное заболачивание наблюдается в зоне подтопления водохранилищем, а

- 21 — территории ПТК, измененные косвенным влиянием вследствие размещения подземных разработок продуктивных калийных горизонтов, — антропогенно-просадочный комплекс, участки развития просадок, неглубоких сухих западин в местах подработки одного калийного горизонта;
- 22 — лугово-пастбищный комплекс; 23 — территории ПТК, измененные под влиянием водохранилища (подтопляемые земли);
- 24—25 — случайно измененные природные ландшафты, изменения носят обратимый характер. Условно-природные ПТК, хозяйственной деятельностью частично затронуты отдельные компоненты: 24 — низинно-пойменный комплекс; 25 — лесопоялочный комплекс; 26 — комплекс лесных массивов, слабо измененных прореживанием или рубками ухода

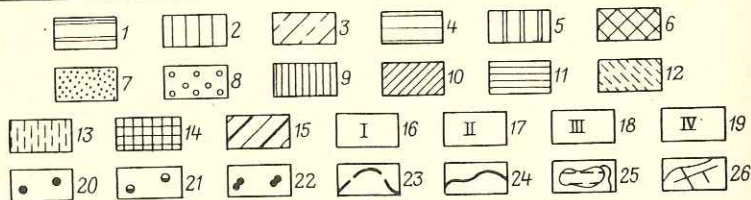
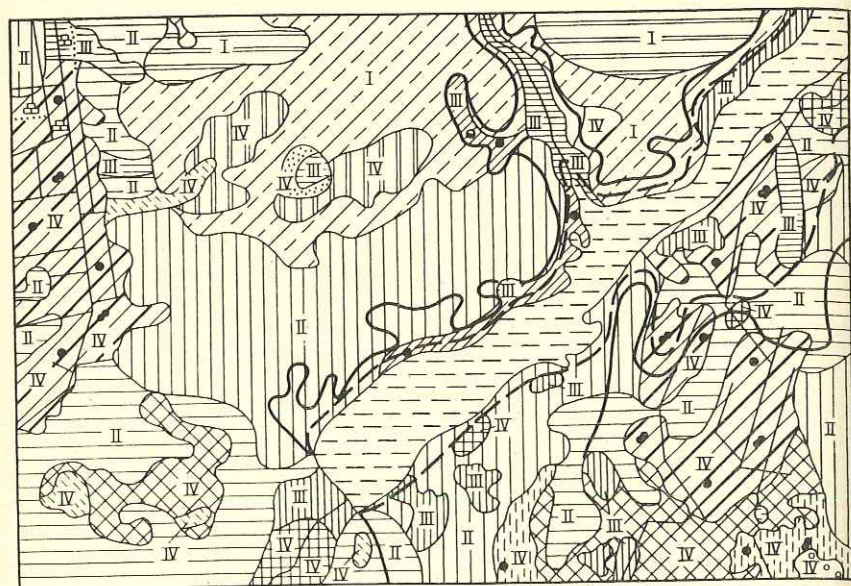


Рис. 26. Карта динамики земельных ресурсов под воздействием осушения Солигорского района (фрагмент). Составила В. И. Сомова:

1-15 — типы территорий по природным условиям осушения: 1-3 — нормального увлажнения, дренированные, с минеральными грунтами: 1 — при глубине залегания грунтовых вод более 3 м, лёссовидными суглинками, подстилаемыми на глубине 0,5-0,8 м песками; 2-3 — при глубине залегания грунтовых вод 1-3 м с грунтами: 2 — песчаными, 3 — суглинистыми; 4-5 — неустойчивого избыточного увлажнения, относительно дренированные, с нистыми; 4-5 — неустойчивого избыточного увлажнения, относительно дренированные, с глубиной залегания грунтовых вод 1-3 м, с грунтами: 4 — песчаными, 5 — суглинистыми; 6-8 — длительного избыточного увлажнения: 6-7 — слабодренированные, с глубиной залегания грунтовых вод 1-3 м, с минеральными грунтами; 6 — песчаными, 7 — суглинистыми; 8 — недренированные, с глубиной залегания грунтовых вод менее 1,0 м, с песчаными грунтами; 9-15 — постоянного избыточного увлажнения, недренированные, с глубиной залегания грунтовых вод менее 1,0 м, с торфяными грунтами, подстилаемыми песками: 9-10 — мощность торфа менее 0,3 м; 9 — неосушенные, 10 — осушенные; 11 — мощность торфа 0,3-1,0 м; 12-13 — мощность торфа 1,0-2,0 м; 12 — неосушенные, 13 — осушенные; 14-15 — мощность торфа более 2,0 м; 14 — неосушенные, 15 — осушенные; 16-19 (I-IV) — воздействие осушения на природную среду: 16 (I) — отсутствие воздействия; 17 (II) — слабое отрицательное воздействие; 18 (III) — сильное отрицательное воздействие; 19 (IV) — положительное воздействие; 20-22 — вероятные тенденции развития природных процессов на мелиорируемых землях: 20 — возникновение дефляции на землях осушаемого земледелия; 21 — ослабление гидроморфизма, ускорение процессов минерализации торфа, частичная сработка и пересушка слоя торфа, развитие биологической эрозии, формирование малопродуктивных песчаных почв; 22 — ослабление гидроморфизма, ослабление процессов торфонакопления и оглеения почв, улучшение водно-воздушного режима, развитие биологической эрозии, формирование потенциального плодородия почв; 23-24 — границы территорий, подтопленных водами водохранилища: 23 — сильное подтопление; 24 — умеренное подтопление; 25 — озера и водохранилища; 26 — реки и каналы

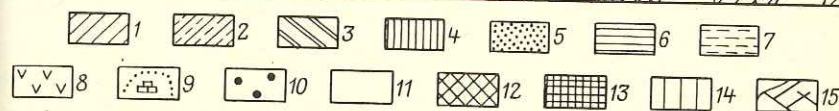
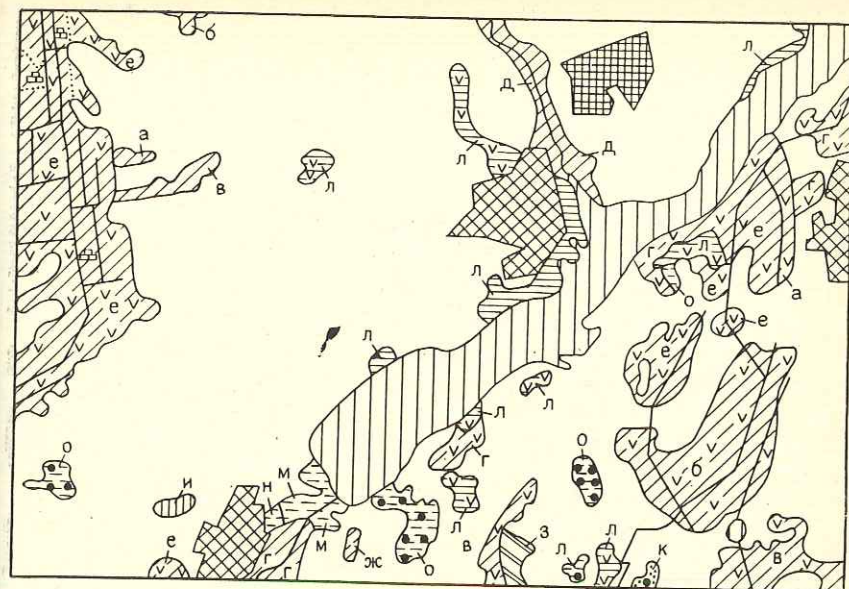


Рис. 27. Карта динамики растительного покрова болот и заболоченных земель под влиянием антропогенных преобразований в Солигорском районе. Составила Л. А. Шевченко:

1-5 — растительный покров болот до преобразований: 1-3 — болота эвтрофного типа водно-минерального питания: 1 — травяные (а — злаковые, разнотравно-злаковые с мощностью торфа 0,8-1,0, редко до 2,0 м; б — осоково-разнотравные и разнотравные с мощностью торфа 0,5-1,7 м; в — осоковые с мощностью торфа 0,5-1,5 м; г — разнотравно-осоковые и разнотравно-злаково-осоковые с мощностью торфа 0,5-3,0 м; д — злаково-осоково-разнотравные в сочетании с осоково-злаково-разнотравными с мощностью торфа 0,5-1,2 м; е — злаково-осоковые с мощностью торфа 0,7-3,0 м); 2 — мохово-травяные (жс — гинново-осоковые с мощностью торфа 1,0-1,5 м); 3 — лесные (з — березово-осоково-травяно-сфагновые с мощностью торфа 0,8-2,0 м); 4 — болота мезотрофного типа водно-минерального питания: травяно-моховые (и — осоково-сфагновые с мощностью торфа 0,9-2,0 м); 5 — болота олиготрофного типа водно-минерального питания: древесно-моховые (к — сосновые кустарничково-пушицево-сфагновые с мощностью торфа 0,9-2,0 м); 6-7 — растительный покров заболоченных земель до преобразований: 6 — низинные травяные луга (л — разнотравно-злаковые, отложения — оторфованные сусеси, реке мелкозернистые пески); 7 — заболоченные леса (м — черноольшаники осоково-травяные, отложения — оторфованные сусеси; н — черноольшаники осоковые, отложения — оторфованные сусеси; о — березняки осоково-травяно-сфагновые, отложения — оторфованные сусеси; п — сосняки сфагновых, отложения — оторфованные сусеси); 8-9 — болота и заболоченные земли, осушенные и освоённые под: 8 — сельско-хозяйственные угодья; 9 — торфоразработки; 10 — болота и заболоченные земли, косвенно осушенные в результате мелиораций прилегающих территорий (растительный покров после осушения: к — сосняки-черничники с участием сфагновых мхов, о — березняки осоково-разнотравные, л — сосняки-черничники с участием багульника и сфагновых мхов). 11-15 — агропромышленные и селитренные комплексы: 11 — сельскохозяйственные угодья; 12 — населенные пункты; 13 — застройки рудокомбинатов; 14 — водохранилища; 15 — реки и мелиоративные каналы

также в пределах шахтных полей рудокомбинатов и связано с просадками поверхности в результате «подработки» калийных солей.

Карта динамики растительности болот и заболоченных земель отражает изменения, которые произошли на территории после ме-

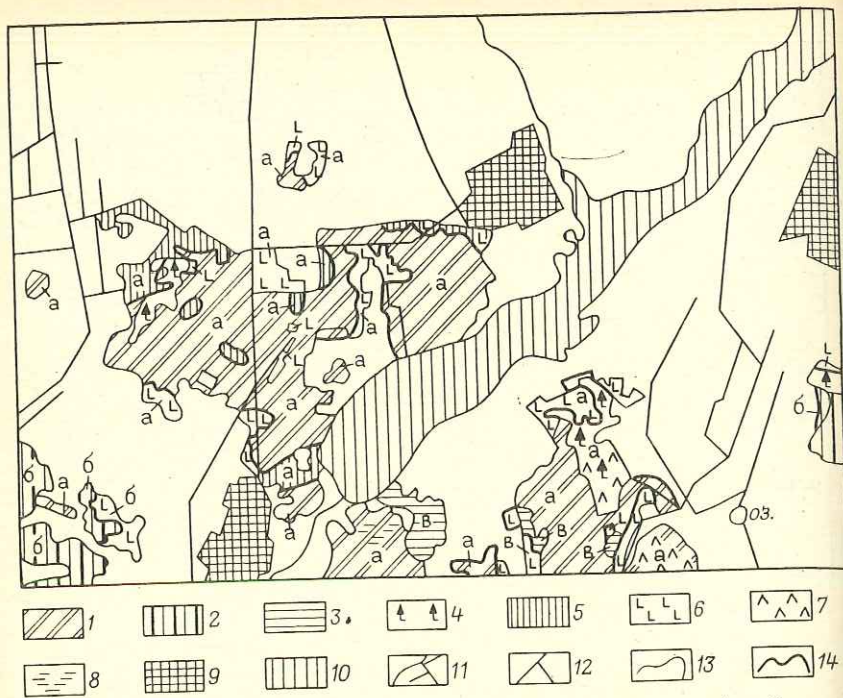


Рис. 28. Карта динамики лесов Солigorского района (фрагмент). Составила Л. А. Шевченко:

Леса: *a* — сосновые, *б* — березово-сосновые, *в* — березовые;
 1 — практически не подвергшиеся изменениям в силу их неиспользования или слабого хозяйственного использования, 2 — подвергшиеся незначительным изменениям в силу кратковременного антропогенного воздействия или естественных возрастных смен, 3 — возникшие в результате интенсивного хозяйственного воздействия, 4 — посадки леса на месте коренных в результате рубок; 5 — под промышленные и хозяйственные застройки, 6 — сведенные в результате рубок, 7 — для местных нужд, 8 — испытывающие переосушение в результате осушительных мелиораций окружающей территории, 9 — с развитием в результате естественного заболачивания и вызванными гидротехническими сооружениями процессами естественного заболачивания и вызванными гидротехническими сооружениями; 9 — населенные пункты; 10 — водохранилище; 11 — реки и каналы; 12 — шоссейные дороги; 13 — граница леса на 1975 г.; 14 — граница леса на 1979 г.

лиорации болот и заболоченных земель. Качественным фоном и индексами (или различными видами штриховки и индексами) показан восстановленный растительный покров болот и заболоченных земель (растительный покров до осушения). Выделяются низинные, переходные и верховые болота. Качественный фон (или штриховка) отражает стадию развития болот, а индекс указывает на вид болота. Основными картографируемыми единицами восстановленного растительного покрова, показанными на карте, являются виды болотных массивов, которые выделены по преобладающей растительности. Среди заболоченных земель указаны различные виды низинных травяных лугов и заболоченных лесов. На карте одновременно показаны современный растительный покров неосушенных территорий и состояние болот и заболоченных земель (осушенные, неосушенные) и их использование, т. е. те видоизме-

нения, которые произошли на заболоченных территориях после антропогенных преобразований.

Непосредственно с этой картой связаны также карты динамики земельных ресурсов, антропогенной перестройки ландшафтов, динамики лесов. На карте динамики лесов показаны современные лесные массивы района и все участки, где они подверглись тем или иным изменениям за 5 лет.

Назначение карты динамики лесов — показать изменения, которые произошли на лесных территориях в результате прямого и косвенного антропогенного воздействия за период интенсивного освоения.

Основное содержание карты составляют сложившиеся видоизменения в лесах за период картографирования. Показаны динамические типы лесной растительности, отражающие процессы разрушения коренных сообществ под воздействием антропогенных факторов и сформировавшиеся за длительный промежуток времени. Выделяются леса, которые практически не подвергались воздействию или эпизодически, слабо использовались в хозяйстве (условно-коренные), и производные от них, которые возникли в результате естественных возрастных смен либо в результате кратковременных антропогенных вмешательств, таких, как выборочные рубки и кратковременные низовые пожары (короткопроизводные), а также типы лесов, возникшие на месте коренных в результате интенсивного хозяйственного использования — интенсивных рубок и многократных пожаров (устойчивопроизводные). Устойчивопроизводные типы леса почти никогда не возвращаются самостоятельно к исходному коренному сообществу даже тогда, когда антропогенные воздействия полностью будут сняты. Короткопроизводные типы леса обычно самовосстанавливаются до коренного при условии отсутствия антропогенного фактора воздействия.

Кроме выделения динамических типов лесной растительности на карте показаны также результаты современных последствий деятельности человека. Отражены леса и лесные болота, сведенные за последние десятилетия в результате: осушительной мелиорации и перевода земель в сельскохозяйственные угодья; осушения и использования под торфоразработки; вырубок леса для местных нужд; вырубков под промышленное и хозяйственное строительство, водохозяйственные объекты, карьеры, линейные сооружения. Также показываются процессы, возникшие в лесах и на лесных болотах за период современного освоения территории, — это заболачивание, вызванное подтоплением водохранилища, и переосушение, вызванное непосредственно мелиорацией, и косвенным влиянием в результате осушения прилегающих к лесам территорий. На карте зафиксировано также изменение границ леса за период с 1975 г.

Легенда карты динамики лесов составлена по динамическому принципу. Основные картографируемые единицы — лесные сообщества — сгруппированы в легенде по стадиям антропогенного динамического ряда, что дает возможность проследить антропогенные смены лесов. Были использованы следующие динамические

категории, отражающие разную степень устойчивости структуры лесных сообществ: условно-коренные; короткопроизводные; устойчивопроизводные. Дальнейшее подразделение внутри этих крупных единиц производилось по типологическому принципу. Отдельно в легенде сгруппированы лесные болота. В красочном варианте карты динамической категории показываются цветом. Цифровые индексы обозначают ботаническую нагрузку, соответствующую современному лесному сообществу. Цвет вместе с индексом характеризует современный растительный покров лесных сообществ (в ранге формаций и класса формаций) и принадлежность к определенной стадии (категории) антропогенного динамического ряда. Леса и лесные болота, сведенные в результате тех или иных причин, обозначаются на карте красочным фоном, а причины их уничтожения — различными видами штриховки и внесштабными знаками. Протекающие в лесах экзогенные процессы указаны значками; изменения в границах лесных массивов — цветной непрерывной линией.

Несколько большее внимание антропогенной динамике лесов уделено в связи с большой ролью их в биосфере, с одной стороны, и хорошей дешифрируемостью на космических снимках — с другой. Помимо большого значения как растительного ресурса, лесная растительность выполняет функции в качестве защитного покрова от неблагоприятных процессов и явлений, таких, например, как эрозия почв, плоскостной смыв и пр. Особо велико значение лесов в горных районах для защиты от эрозии почв, а также для рекреаций. Однако именно в горных условиях изучение и картографирование древесной растительности сталкивается с большими трудностями, так как весьма трудоемко в связи со сложностью осуществления съемочных маршрутов. Также сложно выявление различных повреждений лесов, вызванных антропогенными или естественными факторами, особенно на значительных территориях или в удаленных и труднодоступных регионах. Поэтому для таких целей уже давно используются аэрометоды, а в настоящее время и космическая информация.

Изменения лесной растительности, как правило, связаны либо с непосредственной эксплуатацией лесных ресурсов, либо с побочным воздействием, явившимся следствием хозяйственных мероприятий, не относящихся к использованию ресурсов леса (см. рис. 20).

Наиболее масштабные изменения лесной растительности вызывают рубки леса. Если прореживание, изъятие сухостоя или больших деревьев приводят к улучшению лесного биогеоценоза, то сплошные эксплуатационные лесосеки наносят непоправимый ущерб не только лесной растительности, но и всей геосистеме в целом. Это выражается в усилении эрозионных процессов на склонах, особенно при применении метода трележки срубленных деревьев вниз по склону с помощью мощных тракторов, что приводит не просто к повреждению подроста и кустарникового яруса, но к полному уничтожению почвенно-растительного покрова по

путям такого движения стволов. На более выровненных участках, например на пологих вершинных поверхностях на лесосеке, часто развиваются процессы заболачивания, проявляющиеся в широком развитии гигрофильных злаков. Крупные лесозаготовки, проводимые, например, в горах Предбайкалья, как правило, сопровождаются организацией промежуточных складов, где также уничтожается полностью весь почвенно-растительный покров.

Помимо такого прямого антропогенного воздействия на лесную растительность, леса подвергаются значительному опустыниванию вследствие ряда побочных нарушений, связанных с использованием недревесных ресурсов леса (массовый сбор грибов, ягод, хвороста и особенно подстилки хвойных пород), использованием леса для целей рекреации (массовый отдых, туризм), а главное, использованием в связи с различными хозяйственными нуждами: строительством дорог и населенных пунктов, выпасом скота и т. д. Так, в результате массового туризма, а также нерегламентированного выпаса, на Северном Кавказе лесные дороги к перевалам превратились в широкие полосы с полностью уничтоженным подлеском и травянистым покровом. В результате между деревьями образуются промоины на месте троп, по которым после дождей вся вода вместе с частицами почвы устремляется вниз. Механизированная прокладка дорог по склонам гор в лесном поясе сопровождается не только вырубкой леса по трассе дороги, но и вдоль нее, так как такое дорожное строительство сопровождается образованием выемок на склонах, насыпей и т. д. Все это приводит, если не проводятся специальные склоноукрепительные мероприятия, к развитию интенсивных процессов эрозии как выше, так и ниже по склону от дороги.

Все эти виды антропогенного воздействия на лесную растительность приводят не только к ее деградации, но и значительно ухудшают лесорастительные условия в целом, способствуя развитию эрозии и опустыненности.

С силу своих специфических особенностей аэрометоды и космическая информация позволяют устанавливать характер лесной растительности и его изменения только по верхнему ярусу древостоя, так как проследить изменения, происшедшие под пологом леса, по этим материалам нельзя. Кроме того, в силу ограниченной, обусловленной разрешающей способностью дистанционных материалов, выявить на аэро- и космических снимках изменения в древесном ярусе леса можно только при определенных размерах таких изменений.

Так, лесосеки, практически любые, хорошо опознаются почти на всех снимках, выполненных в зоне 600—700 км или в широком диапазоне электромагнитного спектра. Они выделяются также на цветных и спектральных снимках и на цветных синтезированных изображениях, полученных по материалам многозональной съемки. Основным дешифровочным признаком служит почти правильная геометрическая форма контура с более однородным рисунком фотоизображения, чем рисунок леса. Однако отдельные

порубы и, конечно, изменения травянистого покрова и кустарникового полога на снимках не опознаются. Только в случае значительной изреженности древостоя возможно установить эти нарушения по увеличенным средне- или крупномасштабным снимкам. По таким снимкам вполне достоверно интерпретируются лесовозные дороги, места складирования древесины, пути трелевки по склонам и др.

Использование в дополнение к дешифрированию космических снимков результатов аэровизуальных наблюдений значительно повышает точность составляемых схем или карт. Так, например, аэровизуальные наблюдения, проведенные в Предбайкалье, и дешифрирование космических снимков позволили составить карту, отражающую весь комплекс антропогенных воздействий на горные леса в этом районе, где склоны сопки представляют собой сочетание полос с восстанавливающейся растительностью по лесосочетанию с полосами полностью уничтоженной растительности. Насколько другую картину антропогенного воздействия на горные леса можно было проследить с помощью дистанционных методов в районе Усть-Кута и Киренска. В этом районе наблюдается закономерное перемещение лесосечных площадей. Так, ранее в основной лесосеке располагались вблизи реки и населенных пунктов. На снимках и при аэровизуальных наблюдениях устанавливаются различные стадии восстановления лесной растительности на этих лесосеках. Пока констатируется только развитие разновозрастных мелколиственных лесов. На этих лесосеках еще не применялась тяжелая техника, поэтому особых нарушений почвенно-травянистого покрова дистанционными методами не выявлено. Однако в настоящее время лесосеки продвинулись вглубь и располагаются как по склонам, так и по вершинам сопки, соединенными широко транспортной магистралью — рекой многочисленными широко разъезженными лесовозными грунтовыми дорогами, где тяжелые машины полностью уничтожили почвенно-растительный покров вдоль дороги на ширину до 100 м.

Массовое сведение коренных лесов по склонам гор, широкое использование тяжелых автомашин и тракторов приводят к деградации лесорастительных покровов, вплоть до полной невозможности естественного возобновления не только леса, но и растительности вообще.

Дешифрирование космических снимков и аэровизуальные наблюдения, проведенные на Северном Кавказе, дали возможность проследить также за антропогенным воздействием на горные леса. Для работы использовались черно-белые и цветные спектрзональные увеличенные космические снимки. В этом районе антропогенные изменения лесной растительности носят локальный характер. Так, наибольшему воздействию подверглись леса нижнего горного пояса, особенно вблизи крупных населенных пунктов, где постепенно лесные местообитания занимают различными сооружениями или используются под пашню. В этом поясе в границах лесокантата и Урупского лесничества, в верховьях рек Уруп и Биж-

гон (левого притока р. Кяфар) и вдоль долины р. Кяфар выявляются значительные площади лесосек в пределах дубово-буковых лесов. Причем большинство лесосек расположено вдоль склонов, что, естественно, может привести к развитию процессов эрозии.

По верхней границе леса, образованной сосной, березой, иногда елью (на западе) и пихтой, были прослежены рекреационные нарушения лесных сообществ. Такое воздействие наиболее четко прослеживается на популярных туристских маршрутах и в местах массового отдыха. Так, например, в верховьях р. Архыз по дороге к перевалу до долины р. Пхия, вблизи верхней границы леса вдоль тропы, в лесных сообществах травянистый покров полностью вытопан, нет ни подроста, ни кустарников, лишь пока сохранились отдельные крупные деревья, корни которых обнажены из-за интенсивного вымывания почвы по эрозионным бороздам. Эти изменения лесной растительности прослежены как при наземных, так и при аэровизуальных маршрутах. На космическом снимке этот участок выражен достаточно хорошо и характеризуется сочетаниями мелких пятен лесной растительности на общем фоне безлесных участков с явными признаками интенсивной эрозии, выражающейся в струйчатом рисунке осветленного фототона.

Помимо такого выявления антропогенной нарушенности лесов по одновременным снимкам или односезонным аэровизуальным работам, большой интерес представляет антропогенная динамика лесной растительности, устанавливаемая путем сравнительного дешифрирования разновременной космической информации или анализа ранее составленных карт и соответствующих им по масштабу космических снимков. Такие работы были осуществлены на двух участках: на южных склонах Севанского хребта и Главного Кавказского хребта.

На Севанском хребте, помимо поясов альпийских и субальпийских лугов, горно-луговых и опустыненных степей, характерных для склонов гор, обрамляющих оз. Севан, выделяется также лесостепной пояс, где фрагментарно встречаются арчевые редколесья, дубравы и крупнокустарниковые заросли. Почти для всех лесных местообитаний характерна высокая щелбистость почв, что позволяет выделить сочетания лесной и петрофильной растительности. Верхнюю границу леса образуют арчевые редколесья, которые сохранились на самых крутых склонах. Ниже, собственно в лесостепном поясе, лесо-кустарниковая растительность представлена дубравами из дуба иберийского и крупнокустарниковыми сообществами, где доминируют рябины, встречаются также кизил, боярышник, барбарис и др. Дубравы сохранились лишь небольшими фрагментами, часто столь незначительными, что под пологом леса встречаются одновременно и лесные и степные представители травянистого покрова. Эти фрагменты сочетаются с горно-луговыми и типчаково-ковыльными степями, которые доминируют по площади.

Изучение современного состояния растительности южного склона Севанского хребта помимо установления экологической

Таблица 23

Изменения лесной растительности южного склона Севанского хребта под антропогенным воздействием за 50 лет

| Растительность на 1929—1933 гг. по данным Комиссии экспедиционных исследований АН СССР (КЭИ) | Вид антропогенного воздействия | Современная растительность по данным дистанционного картографирования (снимки 1980 г.) |
|--|--------------------------------|--|
| Можжевельные (арчевые) редколесья | Вырубка, выпас | Арчевые, можжевельные редколесья (но участки меньшей площади) |
| | | Разнотравно-типчачково-ковыльные степи с единичной арчей |
| | | Типчачково-ковыльные степи с тимьянниками |
| Дубравы и крупнокустарниковые сообщества | То же | Фрагменты дубравного кривоколесья |
| | | Фрагменты крупнокустарниковых сообществ |
| | | Сочетания степей и мелкокустарниковых зарослей (шибляка) |
| | | Сочетания степей и тимьянников |

приуроченности сочетаний растительных сообществ показало, что антропогенные воздействия на них весьма значительны и разнообразны. Это и выпас, и сенокосение, вырубка горных лесов на местные хозяйственные нужды, и строительство дорог и селитебно-промышленных комплексов. В результате в настоящее время на склонах хребта наблюдаются пастбищная дегрессия, опустынивание участков, ранее залесенных, сокращение площади оставшихся фрагментарных дубрав. Но помимо негативных явлений, обусловленных хозяйственной деятельностью, на территории Национального парка проведены большие работы по залесению опустынившейся полосы дна озера, в том числе и вдоль Севанского хребта, проводятся лесомелиоративные посадки на некоторых склонах и др.

Сопоставление картографических материалов, полученных в результате детальных исследований, проведенных в бассейне оз. Севан в 1920—1930 гг., с результатами дешифрирования космических снимков, позволило установить изменения в естественном растительном покрове, происшедшие за 50 лет и более. Эти изменения в части лесной растительности горных склонов Севанского хребта приведены в табл. 23.

Анализ результатов сопоставления этих материалов показывает, что наряду с рациональными и целесообразными изменениями, направленными на планомерное использование земельных и растительных ресурсов, наблюдаются нежелательные явления. К ним в первую очередь относятся антропогенные нарушения горных лесов, где необходимо срочно осуществить ряд фитомелиоративных и лесовосстановительных работ. При этом следует обратить внимание на необходимость учета экологических лесорастительных условий при подборе лесных культур и лесопосадках на склонах.

Изучение современного состояния лесной растительности экспериментального Шеки-Закатальского участка на южном склоне Главного Кавказского хребта по увеличенному космическому снимку дало возможность наметить основные закономерности антропогенного воздействия на леса.

По черно-белому космическому снимку, увеличенному до масштаба 1:400 000, на всем Шеки-Закатальском участке прослеживаются основные закономерности распределения лесной растительности южного склона Главного Кавказского хребта: до высоты 800 м над уровнем моря располагается пояс предгорий с разреженными участками леса и залесенными долинами рек Агрчай и Алазани; на высоте 800—1000 м над уровнем моря — нижнегорный лесной пояс; далее — среднегорный пояс буковых, грабово-буковых, дубово-грабовых и дубовых лесов; выше 1700—1800 м над уровнем моря расположен верхнегорный пояс комплекса луговой и лесной растительности. На космическом снимке в связи с мелким масштабом практически все леса имеют сходный рисунок изображения, но особенно четко вырисовывается характер рельефа: его расчлененность, крутизна склонов, формы рельефа вершин и т. д. Это позволяет по косвенным дешифровочным признакам выделить группы типов леса, относящиеся к тому или иному высотному поясу.

В пределах горного лесного пояса, включающего как дубовые, так и буковые леса по степени и характеру антропогенного воздействия выделяются три категории нарушенности лесных сообществ. К наименее нарушенной относятся широколиственные леса среднегорий. Эти леса, представленные в основном буковыми, грабово-грабовыми и лишь отчасти дубовыми лесами, подверглись наименьшему антропогенному нарушению. Хотя и в пределах этой группы выделяются на снимке различно восстановленные лесосеки, в целом безлесные территории интерпретируются как естественные обнажения, осыпи и вершинные поверхности, расположенные выше естественной границы леса. Эта часть лесного пояса гор обрамлена сверху и снизу сильно нарушенными лесами и участками, где лесная растительность частично уничтожена. Снизу к среднегорному поясу слабоантропогенноизмененных лесов примыкает пояс сильно нарушенных низко- и среднегорных лесов, преимущественно представленных дубравами и дубово-грабовыми лесами. Нарушенность лесов, судя по снимку и аэровизуальным наблюдениям, вызвана в основном двумя причинами:

1) техногенным воздействием, приводящим к полному уничтожению растительного покрова вдоль дорог и селитебно-промышленных комплексов;

2) нерациональным использованием растительных ресурсов, в том числе лесных и кормовых, что приводит к неправильно спланированным рубкам на сплошных лесосеках; нерегулируемому выпасу скота.

В результате таких воздействий в пределах этой полосы на снимке вырисовываются расположенные на крутых склонах вблизи населенных пунктов крупные лесосеки; склоны вокруг населенных пунктов остаются безлесными; придорожные выемки и карьеры лишены даже травянистой растительности. В свою очередь, нарушенный растительный покров не может укрепить и защитить склоны от эрозии, и в этой полосе можно наблюдать усиление эрозионных процессов, преимущественно линейной эрозии.

По верхней границе леса, выше выделяемой полосы наименее нарушенных широколиственных лесов, основные нарушения вносят нерегулируемый выпас скота в пределах верхнего лесного пояса. Бессистемный выпас приводит к замещению травянистой растительности леса на луговую, представленную часто дернинами белоуса. Это изменяет почвенно-экологические условия произрастания и возобновления древесной растительности. Кроме того, молодой подрост уничтожается и животными, которые поедают верхние побеги. Древесная растительность этой полосы уничтожается также бесконтрольными порубками для хозяйственных нужд. В то же время изреживание лесов по верхней границе их распространения приводит к увеличению ветровала. Такие поломанные ветром крупные деревья бука, граба, клена наблюдались в районе Илису. Нарушение лесной растительности у верхней границы ее распространения приводит к расширению площади, где может скапливаться селевой материал, что способствует формированию более разрушительных селевых потоков. О мощности селевых потоков можно судить по величине селевых конусов выноса с характерными грубообломочными поверхностными отложениями и широким галичниковым долинам водотоков. В настоящее время у наиболее крупных конусов выноса выстроены селезащитные плотины.

Динамика лесной растительности Шеки-Закатальского экспериментального участка отражена на карте-схеме, составленной на основе графического сопоставления одномасштабных материалов: топографической карты (1963 г.), карты растительности Азербайджана, составленной Л. И. Прилипко (1964 г.), и черно-белого интегрального космического снимка, полученного в 1984 г.

На карте-схеме динамики лесной растительности на горных склонах выделены неизменившиеся участки широколиственных лесов, а на предгорной равнине — участки мелколиственных и тугайных лесов. Значительные площади лесного фонда занимают нарушенные или измененные участки лесов, а также участки, где лесная растительность замещена луговой или растительный покров за

двадцать лет (с 1964 по 1984 гг.) полностью уничтожен или замещен сельскохозяйственными культурами.

На карте-схеме показаны границы лесной растительности в 1963—1964 и в 1984 гг. Следует отметить, что на использованных материалах в связи с их мелким масштабом возможно выделение только крупных объединений растительных сообществ ранга группы типов леса или в целом подпояса горно-лесного пояса, что соответствует мезохорам растительности.

Изменения почвенно-растительного покрова влекут за собой цепочку изменений взаимосвязанных с ними деципиентных компонентов ландшафта. Для изучения динамики экологических условий существование значение имеет установление антропогенных изменений гидросферы, в том числе изменений гидрогеологических условий в связи с эксплуатацией природных поверхностных и подземных вод, перераспределением поверхностного стока, включая водные мелиорации земель и связанные с ними нарушения структуры ландшафтов, а также интенсивным или нерациональным использованием подземных вод.

Если почти все антропогенные вмешательства в режим и распределение поверхностных вод обнаруживаются на космических снимках непосредственно по прямым дешифровочным признакам, то для установления динамики подземной гидросферы необходим ландшафтно-индикационный анализ.

При ландшафтно-индикационном дешифрировании материалов фотосъемки из космоса для изучения антропогенного изменения природных вод различаются: а) антропогенное нарушение условий формирования, распределения и режима природных вод; б) антропогенная загрязненность природных вод. Антропогенная нарушенность гидрологических и гидрогеологических условий связана преимущественно с водными мелиорациями и гидротехническим строительством; антропогенная загрязненность природных вод является следствием нерационального использования водных ресурсов (на производствах, потребляющих значительные количества воды и не имеющих достаточно мощных очистных сооружений) или следствием побочного воздействия (при непреднамеренном поступлении вредных веществ в воду из почвы или с поверхностным стоком). Эти виды антропогенных изменений природных вод выявляются на снимках несколько по-разному.

В настоящее время достаточно достоверно могут быть опознаны на снимках антропогенные изменения гидрологических и гидрогеологических условий. Эти изменения опознаются либо в результате установления причины, вызывающей такие изменения (мелиоративной системы, гидротехнического сооружения и т. д.), либо при достаточно длительном воздействии на окружающую среду по изменениям фотофизиономических компонентов среды. В первом случае используются преимущественно прямые дешифровочные признаки, причем для антропогенных сооружений характерна геометрическая правильность рисунков фотоизображения.

Во втором,— как правило, используется комплекс ландшафтных индикаторов на основе установления гидроиндикационных закономерностей. Так, например, в первом случае дешифровочными признаками могут быть плотина, канал и т. д., выделяемые непосредственно на снимках; во втором — изменения в ландшафте, связанные с этими сооружениями или объектами мелиорации (зоны влияния водохранилищ или крупных магистральных каналов, области воздействия на гидрогеологические условия крупных оазисов староорошаемых земель и т. д.).

Наиболее глубокие изменения природной среды связаны с воведением различных гидротехнических сооружений — плотин, водохранилищ, каналов и т. п. Эти целенаправленные изменения природной среды, предназначенные для улучшения хозяйственного использования земель, вызывают изменения во всем комплексе внутри- и межландшафтных взаимосвязей на территории, далеко превосходящей площадь самого сооружения. Эти воздействия и изменения природной среды, вызванные гидротехническими сооружениями, привлекают внимание многих исследователей и достаточно детально изучены. Ландшафтно-индикационное дешифрирование аэро- и космической информации территорий, сопряженных с теми или иными гидротехническими сооружениями и подверженных косвенному их воздействию, дает возможность точно установить площадь этих участков, оценить размеры причиненных неблагоприятных воздействий и нарушений природной среды, выявить основные тенденции природных процессов, стимулированных этими причинами.

Изменение природной среды пустынь в связи с антропогенным изменением условий увлажнения происходит не только при перераспределении поверхностного стока. Процессы заболачивания и засоления прослеживаются также на участках, прилегающих к буровым скважинам, вскрывшим артезианские воды. Очень часто такие буровые скважины не оборудуются и после окончания работ из такой скважины продолжает вытекать вода. Если эти самоизливающиеся воды сильно минерализованы, то они вызывают активные процессы засоления прилегающих участков; если артезианские воды пресные, то происходит заболачивание участка и лишь по периферии засоление поверхностных отложений повышается.

Первый случай наблюдался нами на Устюрте, где из скважины, расположенной на дне впадины, изливались соленые артезианские воды, образовав небольшой ручеек, вокруг которого разрослись мощные тамариксовые заросли. Но в данном случае такое изменение природной среды нельзя рассматривать как нарушение ландшафта солончаковой пустыни, так как самоизливающиеся воды этих скважин только улучшили его, создав условия для произрастания тамариксов и для сооружения небольшого бассейна.

Принципиально другое значение имеют брошенные скважины с самоизливающимися пресными водами, так как такой самоизлив

ведет к непроизводительному расходу пресных вод артезианских бассейнов. Конечно, вокруг таких скважин образуется небольшой водоем, на котором могут базироваться стада; но более рационально организовать водопой за счет этих же вод, но с регулируемой подачей воды.

Такое нарушение природной среды наблюдается в Северных Кызылкумах, где многочисленные скважины расположены по границе песчаного массива и Джана-Дарьинской древнедельтовой равнины. Первые скважины наблюдались нами еще в 1955 г. Эти скважины, вскрывающие пресные воды Сырдарьинского артезианского бассейна, функционируют уже так долго, что самоизливающиеся воды образовали вокруг них озерки и болота, которые отчетливо видны даже на мелкомасштабных космических фотоснимках. Эти участки выглядят на этих снимках как мелкие капельки, но при увеличении отчетливо прослеживаются более темная центральная часть, соответствующая водной поверхности, и несколько более светлая, но тоже достаточно темная, структурная периферийная, где, очевидно, доминируют заросли гидрофитов.

Сходные по рисунку фотоизображения с такими озерками имеют сбросовые озера Хивинского оазиса, в которые отводятся поливные воды с орошаемых полей. Это сходство обусловлено главным образом тем, что и в том, и в другом случае эти наливные искусственные озера расположены по окраине песчаных массивов, где пески на небольшой глубине подстилаются более тяжелыми отложениями. Основным признаком, по которому можно различить на снимках эти образования, является отводной канал или коллектор, который виден у озер, питающихся сбросовыми водами орошаемых земель, и отсутствует, если озеро образовано у скважины с самоизливающимися водами. Конечно, на крупномасштабных аэрофотоснимках таких различий можно выявить гораздо больше.

Дистанционная индикация антропогенных изменений и нарушения гидрологических и гидрогеологических условий может быть выражена картографически. Такие карты на основе ландшафтно-индикационного дешифрирования космических фотоматериалов были составлены как для гумидных, так и для аридных территорий (например, районов Смоленской и Бухарской областей, части Ферганской долины и др.). Методика составления таких карт в общей серии тематических карт природоохранной тематики в значительной степени отработана.

Выявление методами дистанционного зондирования загрязнения поверхностных вод находится еще в стадии экспериментальных разработок. Материалы спектральной и многозональной космической фотосъемки представляют возможность достоверного дешифрирования по прямым признакам изменений химического состава поверхностных вод. Так, на спектральных фотоснимках хорошо различаются соленые и пресные воды, по этим снимкам можно различить коллекторы, по которым сбрасываются в

реку сильноминерализованные (или загрязненные) воды. Однако пока эти наблюдения имеют только качественные характеристики. Требуется значительный объем экспериментальных работ на эталонных участках для определения количественных параметров загрязнения поверхностных вод по материалам дистанционного зондирования.

Ландшафтно-индикационное дешифрирование аэрокосмической информации при изучении загрязнения подземных вод основывается исключительно на использовании косвенных дешифровочных признаков. По космическим фотоматериалам возможно достоверное дешифрирование объектов, которые являются потенциальными источниками загрязнения подземных вод вредными веществами (участки складирования сырья и отходов, земледельческие поля орошения, орошаемые территории, участки скопления сточных вод, участки самоизлива минерализованных артезианских вод на поверхность и т. д.).

На снимках ландшафтно-индикационным методом помимо установления отрицательных антропогенных изменений можно выделить также и участки с положительным антропогенным воздействием на природные воды, которые приводят к увеличению запасов пресных вод, пригодных для хозяйственного использования (создание искусственных подпесчаных и подтакырных линз пресных вод в аридных областях; опреснение грунтовых вод благодаря интенсивному поливу земель опресненными морскими водами и т. д.). С помощью ландшафтно-индикационного дешифрирования аэрокосмической информации могут быть составлены также карты естественной защищенности подземных вод от неблагоприятных антропогенных воздействий; карты рациональных мероприятий по охране природных вод от загрязнения.

Приведенные различные примеры использования космических снимков при изучении опустынивания показывают, что процессы, связанные с хозяйственной деятельностью людей, нельзя рассматривать вне конкретной природной обстановки, с одной стороны, и вне конкретных видов хозяйственной деятельности — с другой. Только комплексный, ландшафтно-географический подход к рассмотрению этой проблемы может дать наиболее полную и объективную картину происшедших изменений. Космическая информация, в свою очередь, позволяет получить пространственное представление о территориях, охваченных теми или иными проявлениями опустынивания.

Анализ использования материалов космических съемок для познания таких антропогенных процессов позволяет установить закономерное изменение характера их дешифровочных признаков в зависимости от стадии развития процесса. Так, на начальных стадиях обнаружение таких антропогенных процессов возможно почти исключительно по косвенным дешифровочным признакам: на основе дешифрирования индикаторов — в основном растительного покрова и отчасти рельефа. На средних стадиях развития процес-

са доминирующую роль играет рельеф, как индикатор при дешифрировании снимков. Завершающие, «зрелые» формы того или иного процесса часто могут быть дешифрованы по прямым дешифровочным признакам — фототону, рисунку и текстуре фотоизображения.

В связи с тем, что на космических и мелкомасштабных аэроснимках растительность, как правило, имеет интегрированное отражение в фототоне и рисунке изображения, для индикации (опознавания) начальных стадий природных процессов, в том числе и антропогенных, большое значение приобретает выявление аномалий в фототоне или рисунке и структуре фотоизображения. Таким образом, аномальное, резкое изменение фототона изображения может быть обусловлено антропогенной нарушенностью природно-территориальных комплексов и может послужить отправной точкой для индикационного анализа территории. Следует отметить, что участки с антропогенной нарушенностью природно-территориальных комплексов вообще и гидрогеологических условий в частности, связанные с инженерной деятельностью, кроме аномальных рисунков и фототона обычно характеризуются правильными геометрическими контурами. Наличие геометрически правильных конфигураций аномальных рисунков фотоизображения почти безошибочно указывает на антропогенное их происхождение, тогда как начальные стадии природных процессов характеризуются аномальными рисунками различных форм.

Ландшафтно-индикационный метод дешифрирования аэрокосмической информации при изучении опустынивания аридных областей обеспечивает получение достоверных характеристик площадей, охваченных этим процессом, определение вида и степени антропогенного нарушения природной среды для выявления основных экологических и географических факторов, благодаря которым имеет место та или иная реакция природной среды на антропогенное воздействие, дает основание утверждать также, что явления опустынивания выражаются в тесно взаимосвязанных изменениях, как правило, всего ландшафтного комплекса. Даже слабое изменение одного компонента ландшафта — растительного покрова — тут же влечет за собой те или иные изменения всего комплекса — почв, их водно-солевого режима, иногда рельефа и грунтовых вод. Если же изменению подверглись сразу почвы и растительный покров, то непременным следствием такого нарушения выступает изменение гидрогеологических условий. Еще более глубокое внедрение в ландшафтную сферу (сопровожаемое нарушением рельефа или динамики и режима грунтовых вод) влечет за собой изменение внутриландшафтных связей не только в нарушенном участке, но и на прилегающих территориях, изменяя межландшафтные взаимоотношения. Таким образом, анализ современного состояния природной среды, установленного с помощью дистанционной индикации, дает основание для последующего прогнозного построения возможных изменений ландшафтов.

ПРОГНОЗ И МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

§ 10. Ландшафтно-индикационный подход к прогнозированию динамики экологических условий и прогнозные карты

Тематические карты широко используются для прогнозирования различных явлений природы и экологических условий и их возможных изменений. При этом карты служат для показа прогнозируемого размещения изучаемых явлений и объектов в пространстве, оценки их состояния и изменений во времени, связанных с естественным ходом развития природной среды или с тем или иным антропогенным воздействием. Соответственно можно различать пространственный и пространственно-временной географические прогнозы. К первому можно отнести прогноз нахождения того или иного объекта на территории, не обследованной непосредственно, а лишь на основе экстраполяции построенных. Ко второму — прогноз пока еще не существующих изменений экологических условий, но возможных при осуществлении тех или иных мероприятий или при естественном ходе развития природной среды.

Под прогнозными картами динамики природной среды можно понимать карты двух типов [5]:

1) карты, отражающие распределение в пространстве какого-либо индикатора природных процессов, на основании чего можно прогнозировать наличие этих процессов, стадии и скорости их развития на всей площади исследования;

2) карты, отражающие возможное состояние природной среды в будущем при тех или иных условиях антропогенного воздействия или естественного развития ландшафтов.

Прогнозные карты первого типа могут быть названы «пространственными», второго — «пространственно-временными» (табл. 24).

Карты пространственного прогноза могут отражать состояние динамики территории в целом (карты экзогенных процессов, миграционных потоков, антропогенной перестройки ландшафтов и пр.) или характеризовать ход развития какого-либо одного процесса или явления (карты динамики лесов, карты почвенной эрозии, антропогенной измененности гидрогеологических условий и пр.). Такие карты пространственного прогноза, как было показано выше (см. гл. 3), широко составляются ландшафтно-индикационным методом преимущественно для отражения динамики тех компонентов природной среды, которые другими методами картографировать сложно или трудоемко. Другой тип карт пространственного прогноза составляют карты, отражающие потенциальную возможность возникновения стихийных или катастрофических явлений, таких, например, как селевые потоки, лавины, крупные оползни. На таких картах находит отражение комплекс природных условий, предопределяющих возможность такого явления, а также вероятность их

Таблица 24

Прогнозные карты динамики природной среды

| Вид географического прогноза | Факторы динамики природной среды | Прогнозные карты | Примеры |
|--|--|---|--|
| Пространственный (на неизученную территорию) | Естественное развитие | Индикационные карты распространения динамических явлений природы | Карты экзогенных процессов |
| | Антропогенное воздействие | | Карты инженерно-геологических процессов |
| Пространственно-временной (на заданный срок) | Существующее антропогенное воздействие | Комплексные (ландшафтные) и покомпонентные карты динамики природной среды в будущем | Карты будущего развития экзогенных процессов |
| | Возможное (планируемое) воздействие | | Карты прогноза динамичности территории |
| | | | Карты возможных негативных антропогенных процессов |

возникновения. Важной предпосылкой составления таких карт является оценка природных условий с точки зрения прогнозируемого явления.

Во всех случаях построения карт пространственного прогноза динамики природной среды аэро- и космическая информация является важнейшим исходным материалом. Осуществляя ландшафтно-индикационное дешифрирование снимков, возможно составить наиболее точную и объективную карту на значительную территорию, при этом наземное изучение и картографирование объектов и явлений может быть сосредоточено на небольшом числе экспериментальных или эталонных участков или, что целесообразнее, на нескольких ландшафтных профилях (см. гл. 2 и 3).

Однако наибольший интерес в настоящее время активного воздействия хозяйственной деятельности людей на природу и планирования еще более масштабных ее изменений представляют карты пространственно-временного прогноза динамики природной среды под воздействием антропогенных факторов. Собственно, именно такому прогнозу в настоящее время уделяется наибольшее внимание и именно такой прогноз составляет сущность комплексного экологического прогнозирования.

Проблема экологического или географического прогноза динамики природной среды начала особо широко разрабатываться в

связи с планированием крупных гидротехнических сооружений и мелиорацией земель. Этим вопросам посвящено большое число как теоретических, так и практических исследований.

Важной частью таких разработок является картографическое обеспечение географического прогнозирования антропогенных изменений природной среды, а также построение прогнозных экологических карт.

Для правильной организации практических мероприятий, направленных на ликвидацию неблагоприятных последствий хозяйственной деятельности людей, приводящей к опустыниванию, необходимы объективные представления о дальнейших возможных изменениях природной среды. Эти представления могут отражать возможные изменения экологических условий при сохранении существующего характера эксплуатации природных ресурсов или же при проведении тех или иных мелиоративных или природоохранительных мероприятий. Эти представления обычно выражаются в виде экологического пространственно-временного прогноза.

Научное прогнозирование антропогенных изменений экологических условий как в результате воздействия современного уровня хозяйственного воздействия на среду, так и с учетом возможного последствия вновь планируемых хозяйственных мероприятий может основываться только на комплексном изучении всех компонентов ландшафта в их взаимосвязях и взаимозависимостях.

Экологический пространственно-временной прогноз, отражающий возможные изменения природной среды через те или иные промежутки времени, как правило, строится либо на основании наблюдений изменений тех или иных ландшафтов или их компонентов за определенный промежуток времени и затем прогнозирования выявленных закономерностей на перспективу, либо проводятся наблюдения таких смен в пространстве, а затем выявленные закономерности экстраполируются во времени. Эти два пути обычно применяются при традиционных исследованиях как для экологического прогноза, так и при картографировании динамики природной среды. При использовании аэро- или космических фотоматериалов возможен еще один путь: сравнительный анализ разновременных материалов. Эти направления были применены нами при построении экологического прогноза с помощью схем дешифрирования, отражающих происшедшие ландшафтные изменения на различные сроки наблюдений, и позволяющие прогнозировать их дальнейшие изменения или при стабилизации режима, вызвавшего эти изменения, или при детерминированном его изменении.

Такой экологический прогноз возможен с помощью ландшафтно-индикационных построений, аналогичных по своему содержанию индикационным исследованиям природных процессов [26]. Как показывает опыт работ по осуществлению региональных географических прогнозов, такие исследования должны быть обеспечены сериями тематических карт, отражающих геолого-структурные и физико-географические экологические условия региона, для которого должен быть разработан прогноз возможных изменений

природной среды с учетом альтернативных вариантов антропогенного воздействия на нее (в том числе и при сохранении существующего уровня и характера использования природных ресурсов).

Работы по составлению таких карт проводятся в несколько этапов, каждый из которых должен завершаться разработкой специфических карт (табл. 25). В результате всего комплекса таких работ региональный географический и экологический прогноз динамики природной среды под воздействием антропогенных факторов получает полное картографическое обеспечение в виде серии взаимосопреженных и согласованных карт. В состав таких серий входят инвентаризационные карты, карты динамики природных и антропогенных процессов и динамических тенденций развития территории, карты существующих и планируемых антропогенных воздействий, наконец, прогнозныи карты возможных изменений природной среды при альтернативных вариантах воздействия на нее. Для прогноза изменений природной среды наиболее важной является ландшафтная карта, с помощью которой могут быть получены необходимые исходные данные для построения прогноза.

В табл. 26 приведен усредненный перечень тематических карт, которые могут входить в серию для обеспечения прогнозных построений. Причем в качестве заключительной весьма целесообразно составление карты рекомендуемых мероприятий по охране и рациональному использованию природных ресурсов, что возможно выполнить на базе составленной серии с использованием космической информации.

Использование ландшафтной индикации позволяет применить для изучения и прогнозирования природных процессов аэро- и космические снимки, которые, отличаясь широким единовременным охватом территории и большой генерализацией изображения, могут дать ряд дополнительных сведений о природных процессах, так как позволяют проследить развитие их на обширной территории.

Ландшафтно-индикационный метод изучения некоторых экзотических процессов был применен при дешифрировании увеличенных космических снимков для определения и прогнозирования распространности и развития процессов опустыненности, связанных главным образом с изменением гидрогеологических условий. Так, последствия перераспределения стока Амударьи были прослежены в ее современной дельте. Резкое уменьшение количества воды, поступающей в эту область, привело к понижению уровня грунтовых вод, обсыханию озер, уменьшению площади пресноводных болот и увеличению засоленных участков и солончаков. Космические снимки позволили достаточно достоверно выделить не только территорию, охваченную этими процессами, но и конкретные участки образования солончаков на вышедших из-под вод моря территориях и т. д. На космическом снимке очень хорошо по рисунку фотонизображения прослежены полоса осушенного дна моря и высохших заливов, авандельта, образовавшаяся в результате отложений речного иллука и отступления моря, а также участки мелководья, которые в ближайшее время будут осушены. Таким образом, даже по

Таблица 25

Этапы построения серии карт для обоснования комплексного географического прогноза динамики природной среды

| Содержание работ | Исходные материалы | Результат |
|---|--|--|
| Изучение современного состояния территории и использования ее природных ресурсов | 1. Аэро- и космическая информация 2. Обновленные топографические карты 3. Натурные наблюдения | Карты современного состояния природной среды, в том числе современного использования земель |
| Изучение динамики природной среды и ее естественных тенденций | 1. Разновременная аэро- и космическая информация 2. Ранее составленные тематические и топографические карты | Карты динамики природной среды |
| Установление возможного или планируемого антропогенного воздействия | Проектные материалы | Карты размещения планируемых мероприятий |
| Изучение устойчивости ПТК к антропогенным воздействиям и возможной реакции на них | 1. Традиционные материалы по свойствам отдельных компонентов среды, их взаимосвязям и возможной реакции (на основании аналогий) и пространственных рядов 2. Разновременная аэро- и космическая информация | Оценочные карты устойчивости ПТК Схемы ландшафтных взаимосвязей Предварительные прогнозные карты |
| Разработка карт прогноза динамики природной среды | 1. Данные по исходным показателям срока прогноза 2. Составленные на предыдущих этапах карты (современного состояния, динамики, планируемых воздействий, оценочные, предварительные прогнозные) 3. Аэро- и космическая информация (используется в качестве основы для карт) | Альтернативные прогнозные ландшафтные карты динамики природной среды Прогнозная ландшафтная карта оптимального варианта планируемых воздействий |

Таблица 26

Перечень карт, составляемых с использованием аэро- и космической информации для обеспечения пространственно-временного прогноза динамики природной среды

| Серии карт | Комплексные карты | Покомпонентные карты |
|---|--|---|
| Инвентаризационные | Ландшафтная Экзогенных процессов или динамики природной среды Антропогенных ландшафтов | Геолого-структурная Состава поверхностных отложений Подземных вод Рельефа Почвенная Эрозионная Растительности Использования земель |
| Оценочные (или предварительные прогнозные) при определенном типе антропогенного воздействия | Устойчивости ландшафтов Тенденций динамики природной среды | Устойчивости отдельных компонентов и тенденций их динамики |
| Прогнозные | Прогнозная ландшафтная карта динамики природной среды | Прогнозные покомпонентные (динамики рельефа и растительности и др.) |

единичному снимку возможен прогноз ожидаемых изменений (при условии сохранения того же уровня воздействия).

В пределах современной дельты бросается в глаза резкое уменьшение озер, увеличение солончаков и засоленных земель и усыхание тростниковых зарослей в связи с понижением уровня грунтовых вод и увеличением их минерализации.

Прямым дешифровочным признаком этих изменений является доминирование на снимке светло-серых и серых тонов и очень незначительная площадь темно-серых и почти черных, которые характерны для открытых водных поверхностей и густых тростниковых зарослей.

Правильность интерпретации рисунков фотоизображения контролировалась по геоботаническим наблюдениям последних лет. Так, А. Бахиев [3] отмечает, что на южном берегу Аральского моря высохло за последние годы 30 озер (7 тыс. га); тростниковые заросли в 1975 г. сократились по сравнению с 1960 г. в шесть раз и занимают площадь около 100 тыс. га. Лугово-болотные площади засоляются, обсыхающие участки зарастают тамариксом (*Tamarix pentandra*) и галофитами, очень расширились также джантаковые и акбашевые заросли (сообщества с доминированием *Alhagi pseudalhagi* и *Karelinia caspica*). Тополево-ивово-лоховые

тугаи почти повсеместно усохли и сохраняются только узкой полосой вдоль русла. В целом отмечается тенденция смены гидрофильной растительности на галофильную.

Все эти материалы позволили в итоге составить вариант прогноза дальнейших изменений дельты при сохранении этих тенденций. По космическому снимку была составлена ландшафтно-индикационная схема, которая далее была проинтерпретирована в прогнозную схему. Для этого была составлена таблица, в одной стороне которой приводились существующие условия, в другой — прогнозируемые условия изменения экотопа и растительности. Эта таблица явилась легендой к прогнозной схеме.

Параллельно такому обсыханию современной дельты Амударьи наблюдается увеличение площади Сарыкамышских озер, которые теперь образуют единое озеро—море, изменяя гидрогеологические условия на прилегающих к нему территориях. Скорость заполнения впадины водой и рост озера можно проследить по снимкам, выполненным с интервалом в один год (1974, 1975 гг.) и десять лет (1974—1984 гг.). Эти изменения зашли так далеко, что по более стабильным участкам наблюдается появление небольших зарослей тростников, на большой площади отмечено усыхание кыровых черносаксаульников. В настоящее время вся Сарыкамышская впадина заполнена водой и при дальнейшем сбросе вод можно ожидать их прорыва в Ассаке-Ауданскую впадину или в долину Узбоя. Изменения гидрогеологических условий в этом районе могут повлечь за собой также оживление карстовых процессов на участках, прилегающих к Сарыкамышской впадине. А. С. Кесь провела сравнение геоморфологической схемы, опубликованной в 1960 г., с материалами космической фотосъемки и показала динамику изменения Сарыкамышья в ближайшие годы, что в целом находит подтверждение на снимках 1984 г. Следует заметить, что активнейшие русловые процессы — обвалы подмытых берегов, интенсивная эрозия — прослеживаются по этим же снимкам в низовьях Дарьялыка, по которому в настоящее время осуществляется сброс воды в Сарыкамышскую впадину.

Но наиболее нуждаются в экологическом прогнозе территории, находящиеся в зоне влияния крупных гидротехнических сооружений.

Сооружение крупных водохранилищ в равнинных условиях влечет за собой существенные изменения в сфере ландшафтных взаимосвязей. Так, могут быть выделены гидрологические, гидрогеологические, климатические, гидрохимические и гидробиологические изменения как непосредственно в котловине, занятой водами водохранилища, так и на прилегающей территории. Наиболее существенны гидрогеологические и гидрохимические изменения при сооружении крупных водохранилищ на прилегающих территориях, которые в свою очередь вызывают смену почвенно-растительного покрова. Так, воды водохранилища способствуют изменению глубины залегания и степени минерализации грунтовых вод, их режиму и условий аэрации, в результате чего активизируются процессы

заболачивания и засоления почв. Это приводит к появлению в растительном покрове болотных и галофильных видов, с одной стороны, и выпадению других, более требовательных к аэрации почв и не переносящих повышенное засоление — с другой. Такие изменения установлены и изучаются уже давно; при этом определяются зоны (области) подтопления, намечаются пути хозяйственного использования таких земель, выявляются инженерно-геологические процессы и т. д. Эксплуатация водохранилища (особенно меняющийся график сработки и затопления его) изменяет скорость и направленность естественных экзогенных процессов, начавшихся под воздействием подпора грунтовых вод. Это значительно усложняет всю картину взаимообусловленных явлений и их динамики.

Тесная взаимосвязь физиономических компонентов ландшафта (рельефа и почвенно-растительного покрова) с гидрогеологическими и гидрохимическими условиями в зоне влияния водохранилищ позволяет применить ландшафтно-индикационное дешифрирование космических снимков для прогнозирования характера процессов, протекающих в этой зоне. Для прогнозных построений анализируются закономерные смены ландшафтных гидроиндикаторов (их топоэкологические ряды) в пространстве и установленные особенности динамики ландшафтов экстраполируются во времени.

Анализ возможностей дистанционной индикации при изучении и прогнозировании динамики процессов в зоне влияния водохранилищ на окружающую территорию позволяет утверждать, что наиболее эффективно применение ее для установления изменений гидрогеологических и почвенно-гидрохимических условий и для картографического отражения динамики и прогноза возможных изменений этой зоны.

В целом основой такой прогнозной карты является ландшафтная, точнее — ландшафтно-индикационная карта, на которой объектами индикации являются литология и засоление поверхностной толщи отложений, глубина и минерализация первого от поверхности водоносного горизонта.

Ландшафтно-индикационные прогнозные исследования и картографирование могут быть применены как на стадии проектирования водохранилища, так и при изучении зоны влияния уже сооруженного и заполненного водохранилища и прогнозировании ее возможных изменений.

При использовании ландшафтно-индикационного метода с применением дистанционных материалов на начальных стадиях проектирования основными объектами индикации являются литология и засоление поверхностных отложений, глубина залегания и степень минерализации грунтовых вод. Так как будущие изменения гидрогеологических и гидрохимических условий в единичных климатических условиях территории зависят главным образом от состава, засоления и водопроницаемости пород, слагающих прибрежную полосу, а также от рельефа этой территории и уровня залегания грунтовых вод, то эти компоненты ландшафта изучаются в первую оче-

редь. Немаловажное значение имеет и направление движения грунтовых потоков.

Ландшафтно-индикационное дешифрирование материалов космических съемок позволяет очень быстро получить картину распределения литологических разностей и характера засоления поверхностных отложений, размещения участков, различающихся по глубине залегания и степени минерализации грунтовых вод и т. д. Хотя эти исследования уже довольно широко используются в практике работ и даже включены в специальные методические руководства, но до сих пор они почти не использовались при исследованиях, связанных со строительством гидротехнических сооружений. Поэтому может быть следует несколько подробнее остановиться на особенностях применения этих наблюдений на стадии рекогносцировки природных условий строительства планируемых гидротехнических сооружений — каналов, водохранилищ, мелиоративных систем.

Основной особенностью ландшафтно-гидроиндикационных наблюдений для этих целей можно считать необходимость индикации динамических ситуаций и прогнозирование возможных изменений как статических явлений, так и динамики естественных и антропогенных процессов. При построении прогнозной карты возможных изменений природной среды в связи с возможным прохождением канала по равнинам аридных областей мы исходили из: геолого-геоморфологических условий участка, состава поверхностных отложений, современного почвенно-растительного покрова, отражающего эти условия, глубины залегания, степени минерализации грунтовых вод и направления движения грунтовых потоков на участках с неглубокозалегающими грунтовыми водами. На основе комплексного анализа этих материалов был составлен прогноз изменений в биосфере при условии повышения уровня залегания грунтовых вод в одних условиях и увеличения дренажа и понижения уровня грунтовых вод — в других. Методическим приемом такого комплексного анализа явилось составление сводных индикационных таблиц (таблиц взаимосвязей), обоснованных картотеккой основных индикаторов природно-территориальных комплексов, которые входили в территорию влияния канала. Результатом комплексного регионального анализа и прогноза явилась мелкомасштабная прогнозная карта, составленная с использованием космической информации, ландшафтно-индикационной схемы, топографической и обзорных тематических карт. В легенде к этой карте нашли отражение как современные ПТК, так и их производные, появление которых предполагается после изменения гидрогеологических условий в течение ближайших десяти лет. Использование материалов космических съемок значительно уточняло контурную часть составленной прогнозной карты.

Можно предположить, что и при рекогносцировочных исследованиях на территории проектируемых водохранилищ возможно построение аналогичных прогнозных карт, которые могут содейство-

вать дальнейшему проектированию и практическому использованию земель, прилегающих к будущему водохранилищу.

При изучении зоны влияния уже созданного водохранилища приобретает значение установление с помощью дистанционной индикации начальных стадий антропогенных процессов, вызванных строительством. Среди них можно выделить процессы, связанные с повышением уровня залегания грунтовых вод, степени и характера засоления грунтов зоны аэрации, которые могут быть опознаны по начальным стадиям сукцессионных смен в растительных сообществах — индикаторах. Эти наблюдения позволяют объективно выделить зону активного влияния водохранилища.

При ландшафтно-индикационном подходе к изучению зон активного влияния водохранилищ наиболее целесообразно использование различных по масштабу аэро- и космических снимков. Как правило, участки, подверженные непосредственному техногенному воздействию, как и другие антропогенные нарушения, выявляются на аэро- и космических снимках по прямым признакам и характеризуются аномальным тоном и относительно геометрически правильным рисунком изображения. По таким признакам безошибочно выделяются даже на мелкомасштабных снимках собственно гидротехнические сооружения (плотины, дамбы, водораспределительные сооружения головных каналов и т. д.). Детали таких сооружений опознаются на аэрофотоснимках относительно крупного масштаба. Но кроме этих участков непосредственного техногенного нарушения, по косвенным ландшафтно-индикационным признакам дешифрирования можно проследить зону влияния этих сооружений на окружающую среду, в первую очередь на грунтовые воды и почвенно-экологические условия.

Так, по анализу тона и рисунка на космических снимках, полученных с орбитальной станции «Салют-4», ландшафтно-гидроиндикационным методом дешифрирования были установлены различные области влияния Кайраккумского и Чардаринского водохранилищ на р. Сырдарье и Арнасайского «моря». Для более детального дешифрирования зон влияния водохранилищ были использованы увеличенные снимки.

Ландшафтно-индикационное изучение зоны влияния Кайраккумского водохранилища дало основание выделить на снимках четыре области, различающиеся по степени воздействия вод водохранилища на экологические условия и почвенно-растительный покров (рис. 29).

1. Область периодического затопления и осушки, где условия среды подвержены наиболее сильным изменениям в связи с динамикой вод водохранилища при его наполнении и сработке, растительный покров отсутствует.

2. Область очень сильного подтопления и частичного затопления, где формируются растительные сообщества на болотных и местами солончаковых почвах.

3. Область сильного и умеренного подтопления с развитыми засоленными почвами с группировками галофитов, а также участ-

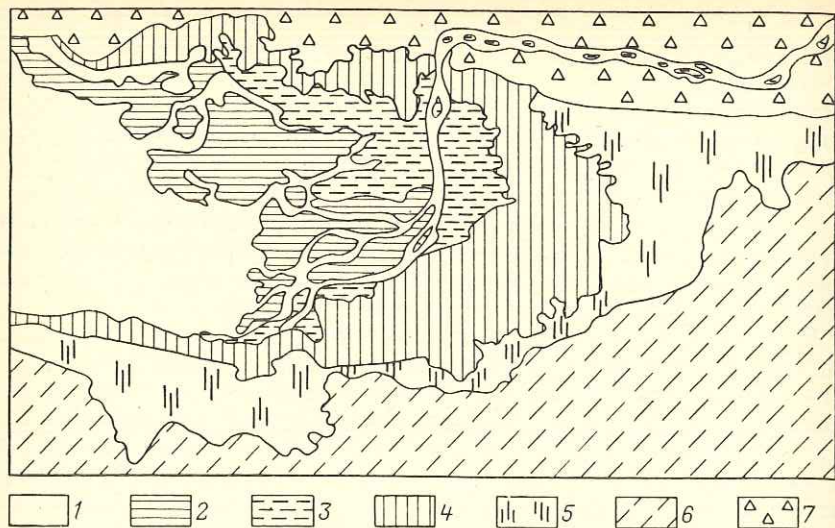


Рис. 29. Картограмма зоны влияния Кайраккумского водохранилища и прогноз их возможных изменений:

1 — открытая водная поверхность водохранилища и реки; 2—5 — зоны влияния водохранилища: 2 — область переменного затопления и осушения; 3—5 — зоны подтопления: 3 — сильного, 4 — умеренного, 5 — слабого (при снижении уровня воды в водохранилище первоначально увеличение поверхностного засоления, формирование пухлых солончаков с галофитной однолетней растительностью); 6 — участки подпора грунтовых вод (при снижении уровня воды в водохранилище постепенное рассоление вторично засоленных земель; при сохранении существующего положения — увеличение засоления как по площади, так и по глубине); 7 — низкотерра, не испытывавшие влияния водохранилища

ками барханных подвижных песков, лишенных растительности.

4. Область умеренного и слабого подтопления, где развито преимущественно орошаемое земледелие, т. е. доминирует культурная растительность, лишь местами отмечаются некоторые изменения на староорошаемых землях (повышение поверхностного засоления почв в связи с повышением уровня залегания грунтовых вод и замедленным их оттоком, возникшими в результате подпора грунтового потока водами водохранилища).

Космический снимок дает возможность проследить влияние инженерной деятельности человека на природные процессы и явления. Здесь прослеживаются стадии формирования псевдodelты при впадении реки в водохранилище, нарастание суши в области осушки, вызванные сукцессиями растительного покрова. В области очень сильного подтопления прослеживается формирование гидрогалофитного экологического ряда растительности, сменившего погбишие под влиянием вод водохранилища коренные пустынные сообщества. В области умеренного и слабого подтопления изменение растительности происходит в основном под влиянием значительно повышения уровня грунтовых вод и измененного их режима, а также повышения содержания солей в поверхностных горизонтах почв. Каждая из этих областей характеризуется определенными глубинами залегания грунтовых вод, режим которых в значитель-

ной степени контролируется режимом затопления и сработкой водохранилища. В то же время они различаются по доминирующему тону и рисунку фотоизображения. Для области периодического затопления типичны почти все гомогенные рисунки, разделенные очень темными линейно-полосчатыми фотоизображениями русла реки и многочисленных проток. Таким образом, эта область по фотоизображению и, очевидно, по тем процессам, которые доминируют в ее пределах, очень сходна с дельтовыми областями, т. е. в этом случае можно наблюдать формирование «промежуточной дельты», стимулированной искусственно созданным водоемом, в который «впадает» река. Растительный покров почти отсутствует. В области очень сильного подтопления и частичного затопления можно наблюдать уже некоторую мозаичность рисунков фотоизображения. Для затопляемых участков характерны гомогенные рисунки темных тонов; для сильно подтопленных участков, где формируются тростниковые заросли, рисунок еще более темного тона, по периферии участка границы несколько расплывчаты, чем отличаются от фотоизображения водных поверхностей; в виде небольших включений встречаются куртины тамариксов, имеющие слабоструктурный рисунок темного фототона. Для области слабого и умеренного подтопления характерен четкоструктурный рисунок, усугубленный фотоизображением полей, садов, населенных пунктов, т. е. хозяйственным использованием территории. В этой зоне значительные площади занимают рисовые поля и небольшие населенные пункты. Но наиболее типичным для этой области является распространение засоленных участков, сформировавшихся по периферии зоны влияния водохранилища, в связи с подпором грунтового потока, фильтрующегося в аллювиально-пролювиальных отложениях конусов выноса. Область сильного и умеренного подтопления, промежуточная по положению, имеет и промежуточные характеристики фототона и рисунков фотоизображения. В целом сочетания почвенно-растительных группировок столь характерны для каждой из областей, что выделение их на снимке не представляет собой особых затруднений. Границы между областями вырисовываются довольно отчетливо.

Влияние водохранилищ в засушливых регионах сказывается также на формировании в областях подтопления выпотного режима в зоне аэрации, что приводит, как правило, к формированию солончаков. Примером могут служить зоны подтопления Чардаринского водохранилища и Арнасайского «моря».

На схеме дешифрирования зоны влияния Чардаринского водохранилища выделены:

1) область периодического затопления и осушения (образована песчано-илистыми отложениями, лишенными растительности);

2) область очень сильного подтопления и частичного затопления, где различаются тростниковые заросли, комплекс тростниковых и тамариковых зарослей, сочетания мокрых солончаков без растительности и с сообществами галофитов, сочетания барханных песков и солончаков;

3) область сильного и умеренного подтопления (включает сочетания солончаков, почти лишенных растительности, и барханно-бугристых песков, тугайные и лугово-болотные сообщества по понижениям и старым руслам; часть территории занимают поля с культурой риса);

4) область умеренного и слабого подтопления (захватывает площади орошаемых полей и залежей, где отмечается вторичное засоление на поверхности почвы).

Для Чардаринского водохранилища характерна неширокая полоса зоны влияния вод водохранилища, значительная часть прилегающей территории испытывает только косвенное влияние в результате повышения уровня залегания грунтовых вод и увеличения засоления поверхностных горизонтов почв Арнасайским «морем».

Арнасайское «море» образовалось в результате сброса паводковых вод Сырдарьи из Чардаринского водохранилища во впадину солончака Айдар и поддерживается постоянным сбросом поливных вод по коллекторам с поливных земель Голодной степи. Арнасайское «море», длиной 200 и шириной 30 км, легко опознается на всех космических снимках, включая телевизионные снимки метеорологических спутников. Повышение уровня грунтовых вод на прилегающих территориях в связи с подтоплением водами водохранилища привело к расширению площади солончаков по берегам «морья». Все это способствовало образованию специфических рисунков фотозображения, основной фон этих слабоструктурных рисунков образуют белые выцветы солей на поверхности почвы. Небольшую структурность и мозаичность рисунков фотозображения придают более темные пятна галофильной растительности.

Дешифрирование космического фотоснимка дало объективную картину распределения засоленных земель с сильноминерализованными водами, залегающими близко от поверхности.

Установленные изменения экологических условий в зоне влияния водохранилищ дают основание для прогноза их динамики в ближайшем будущем. Наиболее практически важным является вывод о возможном значительном увеличении площади засоленных земель в области умеренного и слабого подтопления (рис. 30).

Возможности составления по материалам аэро- и космических фотосъемок с помощью ландшафтно-индикационного дешифрирования схем и карт изменений гидрогеологических условий, вызванных водохранилищами, а также прогнозных карт возможных изменений в будущем при строительстве новых, могут служить дополнительным материалом для планирования природоохранных и мелиоративных мероприятий и для рационального использования подтопленных земель.

На природную среду пустынь оказывают существенное воздействие не только такие мощные гидротехнические сооружения, как водохранилища. Аналогичные изменения природной обстановки вызывают и сооружения оросительных каналов или коллекторов для сброса вод с орошаемых массивов. Уже давно было установ-

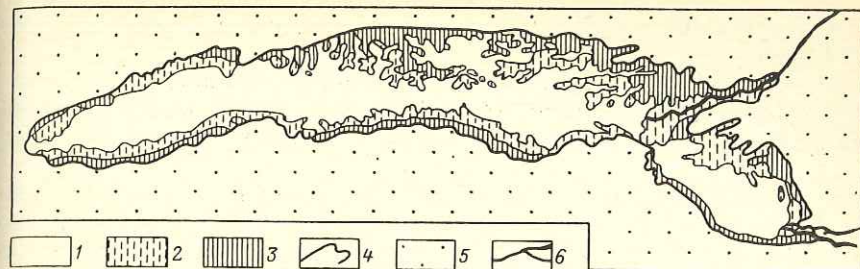


Рис. 30. Схема дешифрирования увеличенного космического снимка Арнасайского «морья» летом 1975 г. и прогноз его изменений. Составила Е. А. Востокова:

1 — открытая водная поверхность; 2 — мелководья, которые обсохнут в ближайшем будущем при прекращении дополнительного стока; 3 — обсохшие участки, превращающиеся в солончаки; 4 — граница максимального заполнения впадины; 5 — незатопаемые участки пустыни; 6 — водотоки, впадающие в Арнасай и быв. оз. Туз-кане

лено формирование пресных подканальных линз, которые могут использоваться как дополнительные источники пресных вод. Формирование таких линз, конечно, небесследно и вызывает соответствующие изменения экологических условий и растительного покрова, что определяет возможность аэроландшафтной индикации таких линз. Установленный традиционными исследованиями ландшафтно-гидроиндикационный ряд позволяет судить о стадии образования подканальной линзы: начальных этапов фильтрации из каналов, устойчивых сформированных линз и угасающих истощенных или засоляющихся линз.

Вполне очевидно, что чем больше оросительный канал, тем большее воздействие на природную среду он оказывает, и не только в период строительства, когда происходит механическое изменение многих компонентов ландшафта, вплоть до рельефа и стратификации отложений, связанной с большой выемкой грунта. Но канал видоизменяет прилегающие к нему территории преимущественно уже после начала его функционирования, т. е. после пропуска воды по нему.

Пример воздействия строительства и функционирования крупного канала на природную среду представляет собой Каракумский канал.

Наиболее бросающееся в глаза влияние канала наблюдается на отрезке первой очереди, пересекающей песчаную пустыню. На этом отрезке канала, благодаря интенсивной фильтрации вод, потеря на которую, по данным Б. В. Сапарова*, составляет от 95 до 98% общих потерь, формируется зона активнейшего влияния. О. Ниязов, изучавший режим грунтовых вод в зоне влияния канала, отмечает, что ее ширина достигает 6—8 км в неосвоенных районах, т. е. вне оазисов. Собственно фильтрационная вода растека-

* Сапаров Б. В. Вопросы орошаемого земледелия в Туркменистане. Ашхабад, Ыльым, 1971.

ется в довольно узкой полосе, а далее сказывается гидростатический напор.

Изменения гидрогеологических условий, состояния поверхностных отложений и рельефа (бульдозерами, автомашинами, выбросами пульпы и т. д.) приводят к формированию измененных природно-территориальных комплексов.

Эти измененные участки столь физиономичны, что находят непосредственное отражение на аэро- и космических снимках, что дает основание применить дистанционную индикацию при изучении суммарного изменения природной среды Каракумским каналом.

Особенно характерное фотоизображение имеет болотно-озерный комплекс Келифской части канала. Этот комплекс с разной степенью детальности дешифрируется на всех снимках, начиная от крупномасштабных аэроснимков и кончая мелкомасштабными телевизионными космическими снимками. По увеличенным космическим снимкам, имеющим достаточно хорошее разрешение и обзорность, можно установить площади, занятые открытой водной поверхностью и зарослями фреатофитов, на долю которых приходится до 60 % расхода воды на эвапотранспирацию, составляющую 400 млн. куб. м в зоне первой очереди Каракумского канала.

Разграничение участков, занятых тростниковыми зарослями, гидрофильными солянками и сорняками, в зоне влияния каналов поможет правильно планировать и проводить работы для уменьшения непроизводительных расходов пресных вод на эвапотранспирацию.

Повышение уровня грунтовых вод в зоне влияния канала имеет и положительное значение. Так в Юго-Восточных Каракумах черносаксаульники, расположенные в зоне разгрузки Карабильской подпесчаной линзы, в связи с улучшением для них условий увлажнения (опреснением грунтовых вод) отличаются увеличением молодого подроста. На аэроснимках это дешифрируется по увеличению плотности фототона, обусловленного меньшей спектральной яркостью подроста черного саксаула. Это отмечено и при традиционном изучении черносаксаульников Юго-Восточных Каракумов Н. Ягдыевым, который имел возможность сравнить современное состояние этих лесов пустыни со своими наблюдениями их до пропуска воды по каналу в 1958 г.

Очень большое влияние оказал канал на изменение природных условий в освоенных человеком территориях — в оазисах. Наряду с положительным фактором — увеличением посевных площадей — в ряде мест наблюдается неблагоприятное изменение водно-солевого режима, появление вторичного засоления на полях. Использование материалов космической фотосъемки позволило выделить площади с вторичным засолением или предрасположенные к нему — в Мургабском и Тедженском оазисах, а также наметить участки, которые могут быть дополнительно использованы для расширения земледелия в песчаной пустыне. Это в первую очередь площади распространения мелкобугристых маломощных песков, нанесен-

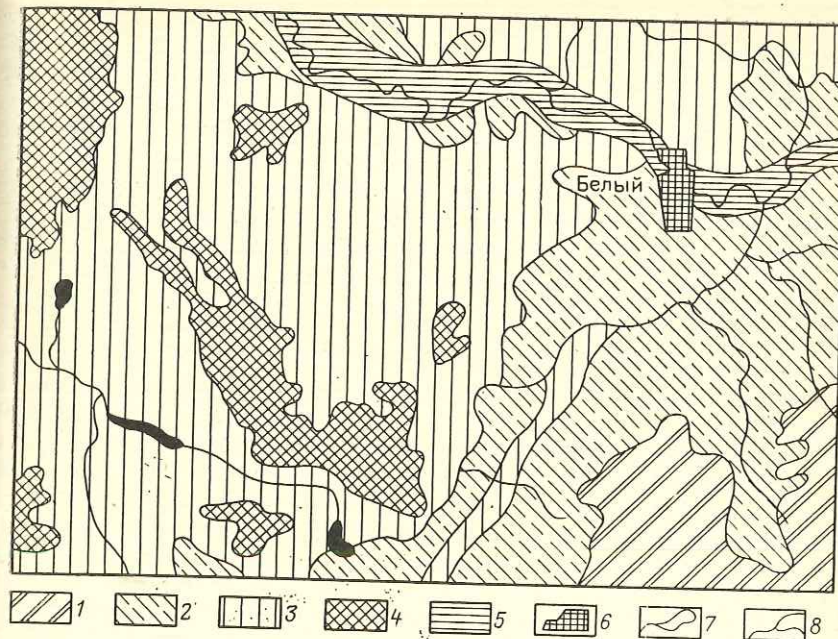


Рис. 31. Карта природно-мелиоративных типов земель Бельского района (фрагмент). Составила В. И. Сомова:

1—4 — ландшафты с преобладанием земель: 1 — не нуждающихся в осушительных мероприятиях при сельскохозяйственном использовании земель, 2 — выборочно нуждающихся в осушительных мероприятиях, 3—4 — нуждающихся в проведении осушительных мероприятий: 3 — слабодренлируемые, 4 — недренлируемые; 5 — выборочного использования в сельском хозяйстве; 6 — населенные пункты; 7 — озера; 8 — реки

ных на такыры, которые рекомендуются под бахчевое овощеводство с предпосевным поливом.

Рассмотрение этих примеров показывает, что при оценке антропогенной нарушенности гидрогеологических условий по материалам аэро- и космических фотоснимков возможно составление специальных схем, позволяющих полнее оценить происшедшие изменения на всей изучаемой территории и построить прогнозные карты.

Для разработки прогнозных карт большое значение может иметь комплексная оценка экологических условий территории, которая находит отражение на картах природно-мелиоративных типов земель. Так, например, в результате ландшафтного дешифрирования космических снимков была составлена карта природно-мелиоративных типов земель района Калининской области (рис. 31). На карте нашли отражение природно-территориальные комплексы с различными сочетаниями экологических условий: увлажнения, характера поверхностных отложений и почв, требующих при сельскохозяйственном освоении определенных мелиоративных мероприятий. Так, выделены:

1. Ландшафты с преобладанием земель, не нуждающихся в осушительных мероприятиях при сельскохозяйственном использовании, (лишь в отдельные годы нуждаются в орошении многолетние травы и овощные культуры);— пригодны под все сельскохозяйственные культуры (это холмистые моренные равнины нормально увлажненные, в сухие годы недостаточно увлажненные, преимущественно атмосферного характера водного питания, периодически промывного и промывного типов водного режима; хорошо дренированные; с глубиной залегания грунтовых вод более 3,0 м, с дерново-подзолистыми почвами разной степени оподзоленности, местами перекрытые покровными суглинками, супесчаные и суглинистые).

2. Ландшафты с преобладанием земель, выборочно нуждающихся в осушительных мероприятиях при сельскохозяйственном использовании, характеризуются возможностью возделывания всех культур, кроме озимых зерновых и садовых деревьев с глубокой корневой системой, (к ним относятся пологоволнистые моренные равнины на короткое время избыточно-увлажненные, местами длительно избыточно-увлажненные; атмосферного и грунтового характера водного питания, периодически промывного и застойно-промывного типов водного режима; хорошо дренированные, в понижениях рельефа слабодренированные; с глубиной залегания грунтовых вод 1,0—2,5 м; с дерново-подзолистыми глубокооглееными и глееватыми легко- и среднесуглинистыми почвами).

Ландшафты с преобладанием земель, нуждающихся в проведении осушительных мероприятий при сельскохозяйственном использовании, подразделяются на две группы:

плоские и слабоволнистые водно-ледниковые равнины длительно избыточно-увлажненные; смешанного характера водного питания; периодически промывного и застойно-промывного типов водного режима; слабодренированные; с глубиной залегания грунтовых вод менее 1,0 м, с дерново-подзолисто-глеевыми, торфянисто-подзолисто-глеевыми и торфянисто-глеевыми супесчаными и песчаными почвами;

недренируемые понижения, занятые низинными, верховыми и переходными болотами; постоянно избыточно-увлажненные; грунтового и атмосферного характера водного питания; застойного типа водного режима; с глубиной залегания грунтовых вод 0,0—0,5 м, с торфяными почвами. Осушение почв верховых и переходных болот с зольностью торфа менее 10 % нецелесообразно.

Кроме того, на карте выделены ландшафты с преобладанием земель, выборочно используемых в сельском хозяйстве. Не рекомендуется распашка пойм малых рек, а наиболее целесообразно их использовать в качестве сенокосных угодий. Суглинистые и супесчаные разновидности почв после осушения могут использоваться как пашни. К ним отнесены плоские и слабоволнистые поймы крупных рек с разнообразными условиями увлажнения; намывного и грунтового характера водного питания; периодически промывного и застойного типов водного режима; слабо- и очень слабодрени-

рованные; с глубиной залегания грунтовых вод 0,2—1,3 м, с пойменными дерновыми слоистыми, дерновыми зернистыми разной степени оглеения и торфянисто-глеевыми почвами супесчано-суглинистого механического состава.

В основу разработки содержания прогнозных карт динамики природной среды (экологических условий) могут быть положены следующие принципы:

- 1) системный подход к построению прогнозных карт;
- 2) учет региональных особенностей, обуславливающих естественное развитие природных процессов, их скорость и территориальный охват;
- 3) учет существующих и планируемых хозяйственных мероприятий, оказывающих или могущих оказать существенное влияние на природную среду, ход развития естественных экзогенных процессов или стимулировать развитие новых, ранее в исследуемом районе не существовавших;
- 4) учет устойчивости территории к фактору воздействия и возможному проявлению тех или иных экзогенных процессов;
- 5) учет требуемого срока для временного прогноза;
- 6) особенности аэрокосмической информации, используемой для создания прогнозных карт динамики и карт, их обосновывающих.

Системный подход к построению прогнозных карт динамики природной среды выражается:

в составлении серий взаимосвязанных карт, отражающих природные условия, предопределяющие возникновение природных процессов, современное распределение стадий развития всех или основных экзогенных процессов, направленность хозяйственного использования и степень антропогенного воздействия, которые оказали или могут оказывать определенное влияние на динамику природной среды;

в комплексном изучении взаимосвязей между природными компонентами ландшафта или его морфологическими элементами, получающими на снимках непосредственное отражение, и стадиями тех или иных экзогенных процессов;

в последовательном изучении возможных негативных изменений экологических условий при различных видах хозяйственного использования природной среды;

в последовательности составления и согласованности содержания карт серий;

в последовательности этапов составления каждой карты серий, начиная от проектирования работ и разработки программ серий и кончая редактированием составляемых карт.

Учет региональных особенностей необходим в связи с тем, что одни и те же природные или антропогенные факторы могут привести к разным результатам в зависимости от геолого-географических условий. Например, такой фактор динамики экологических условий, как подтопление земель водохранилищами в гумидных районах, вызовет в первую очередь развитие процессов заболачи-

вания и вымокания спонтанной растительности, развитие процессов оглеения почв, а в аридных районах — преимущественно будет способствовать развитию процессов засоления и т. п. В разных регионах также различны ведущие ландшафтообразующие факторы, обуславливающие динамику природной среды.

Анализ направленности хозяйственной деятельности людей и перспективных планов развития народного хозяйства на конкретный промежуток времени дает возможность судить об интенсивности существующего или возможного антропогенного воздействия на динамику природной среды на той или иной конкретной территории. Для реализации в прогнозных пространственно-временных построениях знаний закономерностей развития экзогенных процессов, обусловленных как естественными факторами, так и стимулированными антропогенным вмешательством, необходимы сведения о тех мероприятиях, которые будут направлены на использование природных ресурсов, мелиорацию или рекультивацию территории, а также нужны сведения о возможных сроках осуществления таких мероприятий, с одной стороны, и сроков, на которые необходимо разрабатывать карты пространственно-временного прогноза динамики природной среды, — с другой. В зависимости от таких сроков изменяется не только детальность прогнозных карт, но и степень достоверности прогноза. В общем можно сказать, что чем ближе срок, на который составляется прогнозная карта динамики экологических условий (природной среды), тем она может быть детальнее разработана и тем достовернее может быть сам прогноз; чем удаленнее срок прогнозируемых явлений, тем детальность карты и достоверность прогноза будут ниже.

Степень и характер предполагаемых изменений экологических условий будут зависеть от силы и продолжительности воздействующего фактора. При однократных и кратковременных воздействиях антропогенных факторов (например, таких, как выборочные рубки, низовые пожары, однократные пожары, эпизодический выпас и т. п.) экологические условия могут быстро восстанавливать свое исходное состояние, т. е. изменения природной среды будут носить обратимый характер. При многократном или непрерывном воздействии (например, подтопление земель водохранилищами, осушительные мелиорации, добыча полезных ископаемых и т. п.) нарушения экологических условий будут носить необратимый характер, эти постоянные нарушения препятствуют восстановлению прежнего состояния природных территориальных комплексов, постепенно происходит последовательная серия смен неустойчивых экологических состояний, не повторяющих друг друга и приводящих к образованию природных территориальных комплексов с совершенно иными экологическими условиями по сравнению с первоначальными. Такие антропогенные воздействия, связанные с необратимыми нарушениями природной среды, часто приводят к образованию антропогенных модификаций ландшафта.

При определении устойчивости природно-территориальных комплексов к антропогенным воздействиям следует иметь в виду, что

при современном уровне технической вооруженности можно говорить только о естественной гипотетической устойчивости геосистем, т. е. современные технические средства могут изменить не только такие «легкоранимые» компоненты ландшафта, как почвенно-растительный покров, но и собственно литогенную основу. Примером такого воздействия могут быть открытые разработки полезных ископаемых, приводящие к полной перестройке всей геосистемы, так как сопровождаются уничтожением почвенно-растительного покрова, нарушением почвообразующих пород, выносом на поверхность глубокозалегающих отложений, часто токсичных для животного и растительного мира, дренированием и загрязнением водоносных горизонтов и т. п. Безусловно, при таком антропогенном воздействии знание естественной устойчивости ландшафтов ничего не может дать для построения карт пространственно-временного прогноза.

Космическая фотоинформация в силу своих особенностей (достаточная разрешающая способность, отображение в рисунках фотоизображения расположенных только на земной поверхности объектов, оптическая генерализация и др.) дает возможность изучать и картографировать стадии развития тех или иных природных процессов или их индикаторов, используя закономерные взаимосвязи, существующие между физиономическими и скрытыми компонентами ландшафта. При этом целесообразно применение различных видов космических фотоснимков — черно-белых, спектральноналичных, выполненных в узких зонах электромагнитного спектра при многозональной съемке, синтезированных изображений, а также некоторых других специально подобранных вариантов синтеза материалов многозональной съемки, маскирование для увеличения контраста изучаемых объектов и др. Изучение различных видов космической информации может повысить достоверность распознавания изучаемых процессов и явлений или их индикаторов. Это в конечном счете значительно повышает эффективность использования космической информации для создания карт пространственно-временного прогноза динамики природной среды.

В силу естественной ограниченности космической фотоинформации, которая отражает только современное на данный момент съемки распределение и состояние изучаемых объектов, использование ее для построения карт пространственно-временного прогноза возможно только при достаточно точном установлении природных закономерностей, отражающих взаимосвязи динамики процессов и их индикаторов (стадий развития), распознаваемых на снимках. Это позволяет прогнозировать в пространстве их будущее распределение при сохранении существующего уровня антропогенного воздействия. Эти же сведения о природных внутри- и межландшафтных взаимосвязях дают основание для построения карт пространственно-временного прогноза при условии того или иного антропогенного вмешательства, оказывающего воздействие на динамику природной среды.

Таким образом, для составления прогнозных карт динамики природной среды (изменений экологических условий) прежде всего необходимо:

установить факторы, обуславливающие изменения природной среды;

определить объект прогнозирования*, т. е. тот компонент или несколько компонентов ландшафта, на которые будет направлен процесс исследования. Такими объектами прогнозирования могут быть растительность, почвы, грунтовые воды, геоморфологические объекты и т. п. или целые природные территориальные комплексы различного ранга;

установить предмет прогнозирования, т. е. те свойства природных территориальных комплексов или их отдельных компонентов, которые будут характеризовать эти изменения. Такие свойства могут быть выражены как в качественных, так и в количественных показателях;

установить зависимость между факторами, формирующими изменения, и параметрами предполагаемых изменений;

установить возможные «цепные» реакции в природе при условии прямого воздействия на один из компонентов ландшафта;

как правило, хозяйственные воздействия обычно направлены на один или два компонента ландшафта (чаще на растительность, либо почвы, грунтовые воды), с которых и начинается перестройка природных территориальных комплексов, но опосредствованно, через систему ландшафтных взаимосвязей происходит трансформация и остальных природных компонентов, в результате чего частично или полностью происходит преобразование экологических условий;

выявить возможное косвенное воздействие антропогенных факторов на природно-территориальные комплексы или их отдельные части, которые непосредственным преобразованиям не подвергались (например, с вырубкой лесов в речных бассейнах связаны катастрофические разливы рек, с осушением болот — обмеление рек, с вырубкой горных лесов и опусканием их верхней границы создаются условия для схода лавин, развития эрозии, оползней и т. п.);

определить сущность прогнозируемого процесса;

иметь необходимую исходную информацию (физико-географическую, космическую, картографическую).

Конкретный состав серий карт, необходимых для построения и обоснования карт пространственно-временного прогноза динамики природной среды определяется:

физико-географическими и геолого-геоморфологическими условиями региона исследований;

доминирующими факторами (природными или антропогенными), предопределяющими динамику природной среды в определенных физико-географических условиях.

* Емельянов А. Г. О принципах и методике комплексного физико-географического прогнозирования изменений природы.— В сб. Изучение динамических процессов в геосистемах. М., 1980, с. 3—10.

В зависимости от характера изменений экологических условий могут составляться прогнозны карты как покомпонентного прогноза динамики природной среды, когда прогнозируются изменения одного или двух компонентов природной среды, так и комплексного прогноза, отражающие изменения нескольких компонентов природной среды или всей среды в целом. Так, например, для гумидных районов в состав прогнозных карт динамики природной среды можно включить комплексные карты: прогноз динамики природных территориальных комплексов или суммы отдельных компонентов; прогноз динамики экзогенных процессов и карты процессов, обуславливающих динамику природной среды. Покомпонентные карты: прогноз динамики растительного покрова; прогноз динамики почвенного покрова; прогноз динамики подземных вод; прогноз динамики геоморфологических объектов. В аридных районах, кроме перечисленных карт могут составляться также покомпонентные карты прогноза динамики эоловых процессов, засоления, опустынивания и т. п.

Изменения природной среды в целом или ее отдельных компонентов могут быть выражены на картах в оценочных категориях как количественных, так и качественных. Количественные оценки включают прогноз изменений площадей объектов прогнозирования, отдельных числовых значений их количественных характеристик (например, продуктивность насаждений, природ по диаметру и т. п.). Качественные оценки дают общие описания ожидаемых направлений изменений, тенденций, характера и степени развития отдельных прогнозируемых компонентов природы или среды в целом.

При качественных оценках прогноза выявляются территории, где объекты прогнозирования будут испытывать слабые, средние и сильные изменения или не испытывать никаких изменений. Для каждого объекта прогнозирования определяются свои критерии таких оценок. Например, для растительного покрова под слабыми изменениями можно понимать такие, которые произойдут в составе травяного яруса без смены доминантов и эдификаторов, т. е. без смены растительных сообществ, заметного изменения фитомассы травяного яруса и продуктивности лесных насаждений. Средними можно считать изменения, связанные с увеличением или уменьшением продуктивности лесов в пределах одного класса бонитета, но без смены главной древесной породы. Сильные изменения связаны со сменой ассоциаций, изменением продуктивности древесных насаждений и травяного яруса, сменой коренных типов леса на вторичные.

Критерием прогнозных оценок изменений природно-территориальных комплексов в целом служит степень перестройки их пространственной (горизонтальной) и вертикальной структуры. К сильно измененным природным территориальным комплексам, видимо, надо относить такие территории, где полностью (или почти полностью) произойдет смена экологических условий необратимого характера: изменится режим почвенно-грунтовых вод, направление

почвообразовательного процесса, водно-воздушный режим почв, свойства почв, состав и продуктивность растительного покрова, возможно формы рельефа и литогенная основа. К средним изменениям можно отнести такие, когда произойдет частичная трансформация экологических условий, например, будет изменяться уровень режим почвенно-грунтовых вод, некоторые свойства почв, частично произойдут изменения в видовом составе фитоценозов и т. п. Происходящие преобразования могут иметь обратимый характер. Слабые изменения связаны только с частичной трансформацией некоторых компонентов природных территориальных комплексов или их свойств и обычно не приводят к коренному изменению экологических условий, а происходящие в них процессы имеют обратимый характер.

Составление прогнозных карт состоит из трех этапов: 1) подготовительного; 2) аналитического; 3) собственно картографического.

На подготовительном этапе первоначально изучается и анализируется природная обстановка района исследований, особенности его хозяйственного использования, текущие и перспективные планы развития. Затем выявляются факторы воздействия на природную среду (как природно-антропогенные, так и антропогенные), имеющие место на данной территории, определяется основной воздействующий фактор, обуславливающий наиболее значительные изменения экологических условий. В дальнейшем прогноз может строиться в зависимости только от этого фактора без учета второстепенных. Далее определяются объекты и предметы прогнозирования.

Для обеспечения этих работ выполняется: подбор мелкомасштабных топографических карт; подбор и при необходимости составление серий карт, обосновывающих прогнозные построения, в масштабах, близких к масштабу прогнозного картографирования, (карт природных условий, динамики природной среды, в том числе карт оценки устойчивости природной среды к антропогенному воздействию). Производится отбор и анализ космической фотоинформации, позволяющей определить физиономичное отображение природных комплексов на изучаемой территории, выделить участки, подвергающиеся нарушению в текущий момент и, следовательно, требующие повышенного внимания при составлении прогнозных карт, а также участки, активно вовлекаемые в хозяйственную деятельность. Подбираются также опубликованные, фондовые и статистические материалы, дающие комплексные характеристики состояния природной среды и описания отдельных ее компонентов. Анализируются данные, позволяющие оценить уровень хозяйственной деятельности человека, степень влияния на состояние и изменение природной среды, развитие или деградацию определенных факторов воздействия.

Для подтверждения, дополнения и детализации полученных представлений о районе могут проводиться рекогносцировочные обследования, состоящие из аэровизуальных наблюдений по мар-

шрутам, охватывающим все многообразие существующих природных территориальных комплексов, а также наземные работы на участках, испытывающих значительные изменения.

В итоге выполняется сопоставление и анализ полученных данных. Это позволяет уточнить виды прогнозных карт, которые будут в дальнейшем составляться.

Изучение планов развития исследуемого региона и комплексных региональных программ, предусматривающих развитие и рациональное использование природных ресурсов нашей страны, позволяет наметить сроки прогноза.

Все собранные в подготовительный период материалы и составленные обосновывающие карты природных условий используются в дальнейшем на втором этапе работы.

На втором — аналитическом этапе строится концепция развития природной среды района на определенный прогнозируемый период, анализируется необходимый исходный материал для ее обоснования, в том числе карты современного состояния природной среды и ее компонентов, карты динамики природной среды; уточняются виды прогнозных карт и сроки прогнозов, осуществляется дешифрирование космической фотоинформации, проводится интерпретация данных, полученных в результате анализа всех материалов.

Для любого вида прогнозной экологической карты нужна исходная, аналогичная по содержанию карта, фиксирующая состояние (определенную степень развития) картографируемого объекта или явления на какой-то момент времени, которая будет служить как бы отправной точкой отсчета для прогноза изменений экологической среды.

Одновременно с анализом обосновывающих тематических карт проводится анализ разновременных и разномасштабных космических фотоснимков. Правильно подобранные космические фотоснимки позволяют определить направление и скорость изменения прогнозируемых объектов (подбираются снимки, выполненные с определенной периодичностью, в определенные сезоны года), что позволяет составить карты динамики природной среды, отражающие не только качественные, опознанные непосредственно на снимках, но и количественные изменения, происшедшие с объектами прогнозирования за определенное время.

Детальный совокупный анализ карт природных условий, характеризующих состояние и взаимоотношение объектов и явлений в пространстве, и карт динамики природной среды, отражающих изменения картографируемых объектов в пространстве и во времени, позволяет составить схемы пространственно-временных экологических рядов прогнозируемых природных территориальных комплексов или их компонентов, т. е. схемы закономерно сменяющих друг друга во времени объектов при существующем уровне воздействия на природную среду.

Представив картину причинной пространственно-временной связи прогнозируемых объектов и явлений, определив их динамическое

состояние и скорость преобразования, наметив тенденции динамики природных комплексов, окончательно устанавливается вид прогнозных карт и сроки прогноза.

Третий, собственно картографический этап включает составление прогнозных карт: разработку легенд и условных знаков, контурную рисовку и оформление авторских оригиналов карт.

Карты пространственно-временного прогноза могут содержать прогнозные изменения природной среды при учете существующего уровня воздействия и при осуществлении запланированных хозяйственных мероприятий.

Карта пространственно-временного прогноза, составляемая при учете существующего уровня воздействия на природную среду, может представлять собой карту, содержание которой соответствует содержанию одноименной обосновывающей карты динамики природной среды. Ее количественные и качественные показатели даются в соответствии с выявленными пространственно-временными связями и экстраполируются на определенное время вперед. Нагрузка ее может быть усложнена путем показа некоторых элементов с других карт динамики природной среды.

Карты пространственно-временного прогноза, отражающие возможные изменения природной среды при осуществлении запланированных хозяйственных мероприятий, будут отличаться большей схематичностью и меньшей обоснованностью, так как в прогнозных характеристиках будет заложена большая доля умозаключений, чем в картах первой группы. В них количественные данные будут даны с меньшей точностью, чем качественные. В основу разработки прогноза положены представления о природных особенностях района, знание истории его развития. Достоверность составляемых карт будет в значительной степени зависеть от опыта и эрудированности интерпретатора. При построении таких карт непременным условием является знание планируемых хозяйственных мероприятий, которые могут обусловить те или иные изменения природной среды и смену экологических условий. Сроки прогноза этих карт диктуются перспективными планами развития территории.

Таким образом, методика создания пространственно-временных прогнозных карт динамики природной среды сводится к:

- 1) разработке программы карты, где подробно приводятся сведения о природных условиях района, факторах, способствующих нарушению природной среды, объектах и предметах прогнозирования, а также способах изображения объектов и оформления карты;
- 2) камеральному изучению региона с целью установления природных условий, выявления экзогенных процессов и природных предпосылок развития тех или иных процессов, устойчивости территории к тем или иным видам воздействия;
- 3) анализу составленных ранее по космической фотоинформации картографических материалов на район прогнозирования, в том числе карт динамики;
- 4) разработке предварительной легенды карты;
- 5) подбору картографической основы;

6) составлению предварительного макета прогнозной карты;

7) полевому исследованию в районах, требующих прогноза, с целью выявления современного состояния и их природных особенностей, факторов воздействия и имеющихся нарушениях природной среды;

8) полевому исследованию в аналогичных районах, которые подвергались воздействию аналогичного фактора в прогнозируемом районе и претерпели изменения от его воздействия с целью экстраполяции данных на прогнозируемую территорию;

9) составлению авторского макета и окончательной легенды карты;

10) оформлению авторского макета карты, составлению объяснительной записки и редакционных указаний.

Данная методика приемлема для любого региона.

Например, при построении прогнозной карты динамики природной среды (экологических условий) в результате проведения осушительных мелиораций в лесо-болотных районах гумидной зоны в виде обосновывающего прогноз материала необходимы тематические карты: грунтовых вод, болот и заболоченных земель, растительности, почв, ландшафтов, которые желательно составлять в единой серии по одновременной космической фотоинформации. Эти карты обеспечивают необходимый уровень информации о природной среде, ее особенностях и отдельных компонентах, которую необходимо иметь для прогнозных построений при установленном факторе воздействия — осушительной мелиорации. Причиной нарушения экологической среды при этом является изменение гидрогеологических условий значительной территории. Ландшафтная карта в этой серии обеспечивает реализацию принципа системного картографирования.

Типизация территории по степени устойчивости к изменению гидрогеологических условий проводилась по сходству геолого-геоморфологических, гидрогеологических и почвенно-растительных условий. Наиболее устойчивыми по отношению к фактору осушения в этих районах будут территории возвышенных холмистых моренных равнин с глубокооврезанными долинами и глубокозалегающими грунтовыми водами с дерново слабо- и среднеподзолистыми почвами суглинистого и супесчаного механического состава. Такие территории заняты в основном пашнями с остатками мелколиственных и елово-мелколиственных лесов. Эти территории в мелиорации не нуждаются. При проведении осушительной мелиорации на прилегающих к ним участках они не будут испытывать никаких изменений экологических условий.

Наименее устойчивые к фактору осушения и наиболее изменяемые в гумидных районах — гидроморфные и полугидроморфные ландшафты зандровых и слаборасчлененных пологоволнистых моренных равнин. Это территории постоянного избыточного и длительного избыточного увлажнения, которые нуждаются в разумных пределах в проведении мелиоративных мероприятий для более рационального их использования. Но здесь не надо забывать, что

осушительные мелиорации не всегда приносят положительные результаты и способствуют улучшению экологических условий. Проводимые в больших объемах, они не только изменяют природные условия непосредственно мелиорируемых территорий, но могут повлиять и на природную среду в целом, привести к нарушению экологического равновесия в природе и отрицательным последствиям.

Содержание прогнозной карты динамики природной среды в результате проведения осушительных мелиораций для юго-западной части Калининской области может быть представлено в следующем виде: проведена дифференциация территории по степени и характеру предполагаемых изменений; степень изменения характеризуется качественными и частично количественными оценками. На карте показываються типы территорий, которые будут испытывать различную степень изменения природной среды. Выделяются территории, испытывающие: сильные, средние, слабые изменения и без изменений. Отдельно показываються также территории с локальными сильными, локальными средними и локальными слабыми изменениями. Внутри каждого типа выделяются подтипы территорий по характеру предполагаемых изменений. Качественным фоном на карте может быть показана степень изменения природных территориальных комплексов, индексами — предполагаемое (прогнозируемое) состояние после осуществления мелиоративных мероприятий (характер предполагаемых изменений) и современное состояние природной среды. Легенда строится в табличной форме, в которой указываються современные факторы экологической среды (растительность, почвы, или их свойства и т. п.), степень изменения природного территориального комплекса в целом и прогнозируемое состояние современных факторов экологической среды.

Внемасштабными знаками на карте можно показать территории, требующие проведения мелиоративных мероприятий, на которых можно ожидать улучшения экологических условий, и не требующие таких мероприятий. К последним могут быть отнесены как автоморфные хорошо дренированные ландшафты, не нуждающиеся в осушении, так и гидроморфные (болота), осушение которых нецелесообразно в виду их водоохранного или почвозащитного значения, либо сильного отрицательного воздействия на окружающую территорию, или неэффективности использования после осушения.

Схема легенды карты прогноза динамики природной среды при проведении осушительных мелиораций для гумидных районов приводится в табл. 27.

Таким образом, картографическое обеспечение региональных географических прогнозов и составление прогнозных карт динамики экологических условий тесно взаимосвязано с комплексным тематическим картографированием природных условий и динамики природной среды, выполняемым с использованием космической информации, и с картографическим обеспечением природоохранных мероприятий.

В настоящее время составлены только мелкомасштабные прогнозные пространственно-временные карты динамики природной

Таблица 27

Схема легенды карты прогноза динамики природной среды (при проведении осушения)

| Современное состояние ландшафтов | Степень изменения | Прогнозируемое состояние | | |
|---|-------------------|---|---|--|
| | | водного режима | растительного покрова | почвенного покрова |
| Гидроморфных (водный режим, почвенно-растительный покров) | Сильная | Характеризуется по изменению уровня режима почвенно-грунтовых вод | Характеризуется по изменению состава и продуктивности растительного покрова | Характеризуется по изменению направления почвообразовательного процесса, свойств почв, водно-воздушного режима |
| Полугидроморфных (водный режим, почвенно-растительный покров) | Средняя | То же | По частичному изменению видового состава и продуктивности фитоценозов | По изменению некоторых свойств почв, водно-воздушного режима |
| Полугидроморфных (водный режим, почвенно-растительный покров) | Слабая | —,— | По ослаблению влаголюбивых видов в фитоценозе и незначительному изменению прироста деревьев | По изменению свойств почв нижних горизонтов |
| Автоморфных (водный режим, почвенно-растительный покров) | Иногда слабая | —,— | То же | То же |
| | Без изменений | Изменений не отмечается | | |

среды под воздействием гидротехнического строительства. Вполне очевидно, что для прогнозирования динамики природной среды в связи с менее масштабными проектами ее изменений потребуются прогнозные карты более крупных масштабов, а на отдельные, наиболее опасно-динамичные участки должны быть составлены еще более крупномасштабные карты. Для разработки этих карт перво-степенным является использование космической информации, включая увеличенные снимки и синтезированные изображения.

Составленные региональные мелкомасштабные карты географического прогноза строились с ограниченным использованием аэро- и космической информации: только для уточнения конфигурации

некоторых контуров на исходной ландшафтной карте, отражающей распределение современных природно-территориальных комплексов. Легенда к прогнозной карте строилась в сравнительно-географическом плане, в которой один и тот же условный знак отражает совокупность трех позиций: современное состояние ландшафтов, прогнозируемые природные процессы, прогнозируемые природные комплексы [14]. Легенда составлена в табличной форме, что позволяет наиболее полно отразить причинно-следственные связи прогнозируемых изменений природной среды.

В настоящее время при наличии большого числа различного вида космических снимков и материалов их первичной обработки можно ставить вопрос о более широком применении этой информации в прогнозном картографировании динамики природной среды.

Отражение на картах географического прогноза ожидаемого развития процессов или состояния природной среды при определенных уровнях антропогенного воздействия может иметь большое народнохозяйственное значение. Эти карты строятся с учетом всех подстилающих карт, составляемых при комплексном тематическом картографировании на основе космической информации, а также с использованием дополнительных данных о планируемых хозяйственных мероприятиях и о сроках прогноза.

В настоящее время разработаны основные положения использования космической информации для создания карт динамики природной среды, но эти разработки не нашли пока широкого производственного использования в прогнозном картографировании.

Картографирование прогноза динамики природной среды на основе космической информации раскрывает дальнейшие пути практического использования космических фотоснимков и имеет большое значение для рационального планирования использования земель и охраны природы.

§ 11. Периодический контроль за состоянием экологических условий

В настоящее время определились основные направления в картографировании состояния и динамики природной среды в целях ее охраны и рационального использования: 1) комплексное рассмотрение антропогенного воздействия на все компоненты ландшафта, включая нарушения и загрязнения природной среды; 2) картографирование состояния и динамики природной среды на основе изучения внутриландшафтных взаимосвязей; 3) картографическое отражение прогнозируемых изменений природной среды в связи с планированием тех или иных хозяйственных мероприятий; 4) создание преимущественно комплексных карт состояния и динамики природной среды или серий сопряженных частных (покомпонентных) карт; 5) использование космических фотоматериалов для составления карт природных условий, карт современного состояния и динамики природной среды; 6) создание на их основе

результатирующей рекомендационной комплексной карты рационального использования природных ресурсов.

Комплексные карты современного состояния и динамики природной среды, составляемые при помощи аэро- и космической информации, должны не только быстро составляться и передаваться потребителю, но и регулярно возобновляться. Такие карты, очевидно, должны войти одной из составных частей в систему глобального мониторинга. Наиболее рационален путь организации этой службы на базе комплексирования космических, ландшафтно-индикационных, картографических, экономико-математических (оценочных) методов.

Система такого контроля должна, видимо, состоять из следующих элементов:

- 1) банка данных исходной информации;
- 2) регулярно (периодически) восполняемого банка дистанционных материалов;
- 3) системы оперативного дистанционного наблюдения.

Банк данных исходной информации включает основные материалы, отражающие природные условия, их современное состояние и динамику природной среды. Для этого банка очень большое значение могут иметь как комплексные (ландшафтные), так и покомпонентные карты. Эти карты и аэро- и космическая информация служат эталонами дешифрирования и начальными «точками отсчета», т. е. «базовыми картами», при осуществлении периодического оперативного контроля. К базовым картам относятся:

а) серия карт природных условий (ландшафтные, почвенные, геоботанические, гидрогеологические и т. д.);

б) комплексная карта и серия частных карт современного состояния и динамики природной среды, включая карты хозяйственного назначения (лесохозяйственная, состояния лесного фонда, нарушенности лесов вырубками и пожарами и т. д.— по лесным ресурсам; карты нарушенности земель промышленными разработками полезных ископаемых открытым способом, почвенно-эрозийные, карты засоления почв и материнских почвообразующих пород, карты мелиорации земель и др.— по земельным ресурсам; карты современного состояния или антропогенной нарушенности пастбищно-сенокосных угодий и ряд других карт — по различным природным ресурсам и компонентам природной среды);

в) серия оценочных и прогнозных карт (карты оценки природных ресурсов, кадастровые карты, карты планируемых мероприятий и ожидаемых изменений окружающей среды и т. д.).

Большинство «базовых» карт строится на основе аэро- и космической информации, особенно карты современного состояния и динамики природной среды, которые практически невозможны без использования информации из космоса. В связи с этим в банк данных исходной информации обязательно должны входить материалы дистанционного зондирования. Для получения карт современного состояния природной среды, необходимых при дальнейшем контроле, большое значение имеет ландшафтно-индикационное де-

шифрование аэро- и космических фотоснимков и составление на их основе требуемых картографических документов.

Для обеспечения оперативного получения таких материалов на крупные регионы банк данных исходной информации должен быть обеспечен комплексом наземных исследований и экономико-математическим обоснованием намечаемых хозяйственных и природоохранных мероприятий.

Комплекс наземных исследований включает:

- а) наземное обеспечение составления комплекса базовых карт;
- б) сведения об изменении природной среды под воздействием хозяйственной деятельности, применяемые для целей составления моделей и прогнозов.

Математическое моделирование и экономико-математическое обоснование намечаемых мероприятий предусматривает:

- а) составление экономико-математических моделей региона и программ для математической обработки исходной информации;
- б) разработку методов экономической оценки использования природных ресурсов и экономической эффективности системы космического мониторинга;

в) разработку методов машинного составления карт мониторинга и эколого-экономических расчетов, включая программы для автоматического дешифрирования и вычерчивания карт.

Для действительного обеспечения проблемы глобального мониторинга дистанционной информацией в ряде стран созданы специальные центры по сбору, хранению и первичной обработке материалов дистанционных съемок.

Оперативный контроль за состоянием природной среды может заключаться в периодическом установлении происшедших изменений, в оценке эффективности предпринятых природоохранных мер или мелиоративных мероприятий. В этом случае можно различать следующие элементы этой системы:

- 1) составление карт периодического контроля за состоянием природной среды, использованием земельных, водных, лесных и других природных ресурсов на основе фотоинформации из космоса, получаемой ежегодно или раз в 2—5 лет;
- 2) оперативный контроль за быстро изменяющимися явлениями и процессами, проводимый с помощью телевизионных сканирующих систем ИСЗ;
- 3) экономическая оценка происшедших изменений;
- 4) внесение корректив в ранее составленные прогнозные карты на основании периодических и оперативных карт дистанционного мониторинга.

Вполне понятно, что разработка системы и осуществление космического картографического мониторинга в пределах одной страны представляет собой сложную задачу, решение которой возможно только в результате совместных усилий организаций различных ведомств. Для создания системы глобального экологического мониторинга на основе космических методов картографирования требуется уже международное сотрудничество.

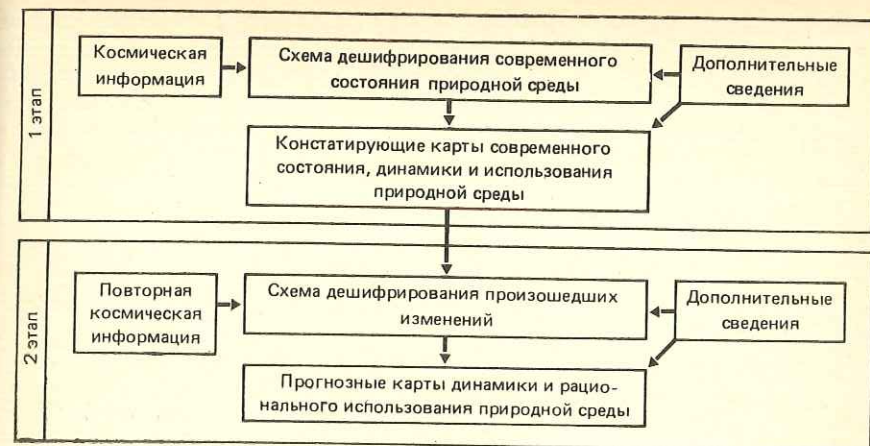


Рис. 32. Схема ландшафтно-индикационного контроля изменений природной среды

Значение и роль ландшафтно-индикационного контроля за состоянием природной среды, естественно, значительно меньше. Этот контроль сводится к периодическому досоставлению комплексных ландшафтно-индикационных карт состояния природной среды, отражающих происшедшие в ней изменения за тот или иной промежуток времени. Схема такого контроля приведена на рис. 32.

Собственно картографический мониторинг природной среды [5] заключается в последующем периодическом составлении дежурных карт, отражающих происходящие изменения экологических условий и наблюдаемых объектов. Такой мониторинг включает: периодическое получение космической информации на изучаемый район с заранее установленными интервалами съемки, выполняемой в определенных условиях; сравнительный анализ систематически получаемой видеoinформации; картографическое оформление результатов сравнительного дешифрирования разновременной космической информации.

Для периодического картографического мониторинга природной среды необходимым условием, помимо периодически получаемой космической информации, является наличие предварительно составленных тематических карт, отражающих состояние природных условий и ресурсов на начальный срок наблюдений, т. е. необходима исходная база для последующего систематического слежения за состоянием природной среды. В связи с этим картографирование динамики природной среды рассматривается как последующий этап за тематическим инвентаризационным картографированием.

Так, для осуществления картографического мониторинга за динамикой природной среды с помощью периодически составляемых на основе космической информации оперативных карт, очевидно, необходимы карты: современного состояния земель (с характеристикой их использования и функционального распределения), сов-

ременного растительного покрова (топоэкологические сочетания и комплексы растительных сообществ), экзогенных процессов и др. Полный состав серии тематических карт позволяет наиболее точно определить динамичные объекты, нуждающиеся в систематическом слежении за их состоянием, т. е. в картографическом мониторинге.

По материалам разновременной последовательно выполняемой космической съемки установление текущих изменений земельных, водных и растительных ресурсов осуществляется путем сравнительного дешифрирования снимков одной и той же территории, полученных в результате съемки, выполненной с определенным временным интервалом. Снимки, полученные в результате съемок, проведенных с интервалом в один год и более, применялись для установления изменений природной среды, обусловленных хозяйственным использованием природных ресурсов или процессами, стимулированными техногенным воздействием на природную среду. Так, например, по разновременной космической информации на основе ее сравнительного дешифрирования устанавливались тенденции динамики побережья Аральского моря в южной и юго-восточной частях акватории; прослеживались стадии заполнения водой Сарыкамышской впадины; устанавливались изменения в характере и интенсивности использования земель.

Для обеспечения такого круга задач мониторинга экологических условий необходимо установление перечня исходной космической и картографической информации, а также определение необходимой периодичности наблюдений. Для этого были осуществлены исследования «фоновой» территории, т. е. наименее антропогенно измененной. В качестве примера «фоновой» территории были проведены исследования в замкнутой (бессточной) впадине озера Убсу-Нур. Природно-экономические условия этого района, отраженные на картах ландшафтов и использования земель, дали основание для разработки перечня необходимых экологических карт и осуществления специального районирования территории всего бассейна по требуемой периодичности мониторинга. Для изучения современного состояния и динамики природных условий для уточнения величины и характера антропогенного воздействия было выполнено ландшафтно-индикационное дешифрирование аэро- и космических снимков.

Схема дешифрирования черно-белого снимка, полученного с «Салют-4», охватывает всю центральную часть бассейна оз. Убсу-Нур, т. е. среднее и нижнее течение р. Тэс-Хем, песчаные массивы и равнины, расположенные между долиной р. Тэс-Хем и оз. Убсу-Нур, и окаймляющие его с севера и юга горные хребты. На этой территории нашли отражение почти все виды ландшафтов, кроме высокогорных пустынь (рис. 33 и табл. 28). Поэтому эта схема дешифрирования служила ключом для составления ландшафтной карты и уточнения ее контуров.

С помощью космических снимков были составлены также: карта использования земель, подтвердившая правильность выбора тер-

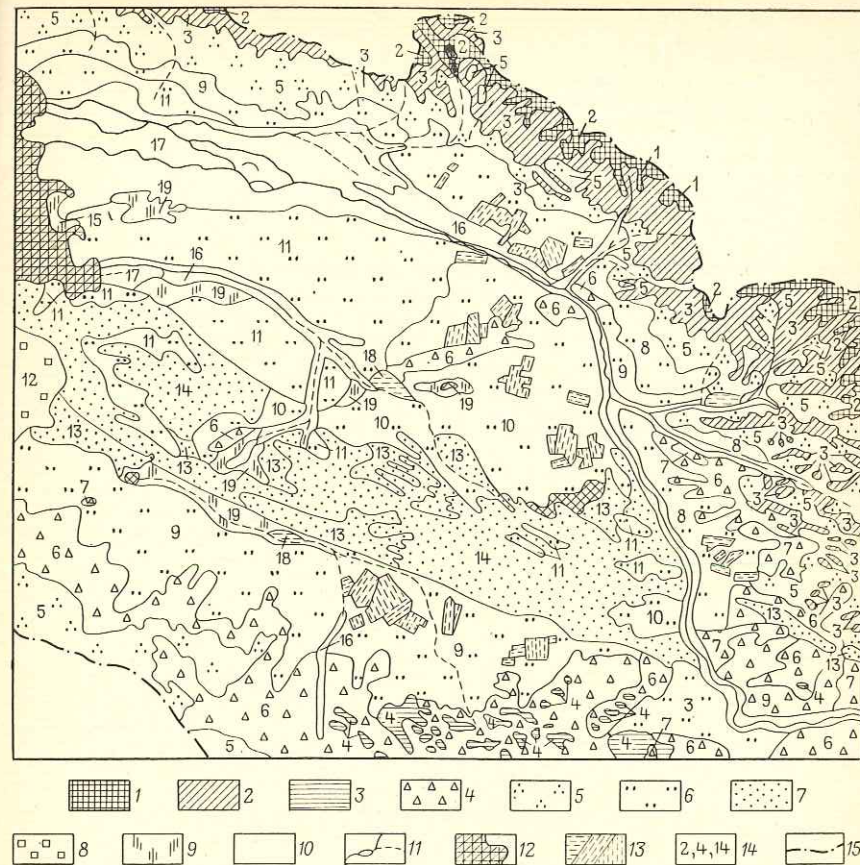


Рис. 33. Схема дешифрирования космического снимка. Ландшафты центральной части бассейна оз. Убсу-Нур. Составила Е. А. Востокова:

1 — тундровые ландшафты высокогорий; 2 — горные лиственнично-темнохвойные леса среднегорий; 3 — низкогорные остепненные лиственничные леса; 4 — скалистые низкогорья с петрофитно-сухостепной растительностью; 5 — горные луговые степи нижнего пояса гор; 6 — предгорные и равнинные сухие степи; 7 — песчаные массивы с разреженной псаммофильной растительностью; 8 — таровые (гас-биюргуновые) пустыни щебнистых равнин; 9 — солончаки с сообществами галофитов или лишённые растительности; 10 — долины и дельты рек с болотами, лугами и пойменными лесами (уремами); 11 — постоянные и временные водотоки; 12 — озера; 13 — поля с культурной растительностью; 14 — индексы природно-территориальных комплексов; 15 — граница изучаемого региона (водораздельная линия)

ритории, как незначительно антропогеннонарушенной, и карта растительного покрова, как наиболее раннего компонента ландшафта, требующего первоочередного слежения за его состоянием.

Анализ информации, полученной с помощью визуального дешифрирования аэро- и космических снимков, показывает, что изучаемая территория (бассейн оз. Убсу-Нур) все же неоднозначна по характеру использования земель и, следовательно, по интенсивности антропогенного воздействия на природную среду. В связи с этим вполне очевидно, что для целей мониторинга и изучения динамики природной среды необходим дифференцированный подход

Таблица 28

Природно-территориальные комплексы Убсу-нурской котловины
(легенда ландшафтной карты)

| Группа типов ландшафтов | Тип ландшафта | Вид ландшафта | |
|---------------------------|---|--|-----------------|
| | | Краткая характеристика (физиономичных компонентов) | Индекс на карте |
| Ландшафты гор и предгорий | Высоко- и среднегорья, сложенные изверженными, метаморфическими, сильнодислоцированными породами, с преобладанием денудационных процессов | Структурно-экзарационные вершины и скалистые склоны, нивальные пустынные или с фрагментами горных тундр (с осоково-кобрезиевыми, ерниковыми и другими сообществами на горно-тундровых почвах) | 1 |
| | | Структурно-денудационные увалистые вершины с лишайниковыми травянистыми горными тундрами, местами в сочетании с ерником, на горно-тундровых, мерзлотно-торфянистых почвах | 2 |
| | | Денудационные холмисто-увалистые вершины и денудационно-эрозионные склоны, часто со скалистыми выходами, с сочетанием лишайниково-травянистых горных тундр на горно-тундровых почвах, лиственничных и лиственнично-кедровых кустарничково-моховых лесов на мерзлотно-таежных почвах и горных разнотравно-злаковых лугов | 3 |
| | | Денудационно-эрозионные и эрозионно-денудационные средне- и низкогорья и склоны средней крутизны, реже крутосклонные (преимущественно северных экспозиций) с лиственничными, березово-лиственничными кустарничково-травянистыми и остепненными лесами на серых лесных почвах, иногда в комплексе с горными злаково-разнотравными степями | 4 |
| | | Эрозионно-денудационные склоны с разнотравно-злаковыми и злаково-разнотравными луговыми степями на горных черноземах | 5 |

Продолжение табл. 28

| Группа типов ландшафтов | Тип ландшафта | Вид ландшафта | |
|---------------------------|--|--|-----------------|
| | | Краткая характеристика (физиономичных компонентов) | Индекс на карте |
| Ландшафты гор и предгорий | Низкогорья (мелкосопочники), сложенные сильнодислоцированными породами, и предгорья (бэли) с рыхлыми отложениями, преобладают аккумулятивно-денудационные процессы | Структурно-эрозионные, структурно-денудационные мелкосопочные низкогорья, иногда куэсты, с разнотравно-осочковыми и осочково-тырсовыми степями с участием караганы на каштановых почвах | 6 |
| | | Структурно-эрозионные низкогорья и скалистые останцы с петрофитно-разнотравными типчаковыми сухими степями, часто с участием караганы на щебнистых каштановых и светло-каштановых почвах | 7 |
| | | Выполженные предгорья (бэли) с тырсово-разнотравными степями на темно-каштановых почвах или холоднополюнно-типчаково-тырсовыми сухими степями с участием караганы на щебнистых каштановых почвах | 8 |
| | | Наклонные, иногда холмистые или сложенные скалистыми останцами предгорья (бэли) и конусы выносов с типчаково-тырсовыми с караганой сухими степями на каштановых супесчаных или щебнистых почвах | 9 |
| Ландшафты равнин | Межгорные равнины, сложенные рыхлыми отложениями, с преобладанием денудационно-аккумулятивных процессов | Пологие и пологонаклонные равнины, сложенные скалистыми останцами, с тырсово-мелкодерновинно-злаково-караганными и тырсово-караганными сухими степями на каштановых почвах | 10 |
| | | Пологие и пологонаклонные равнины с типчаково-тырсовыми, холоднополюнно-типчаково-тырсовыми сухими степями, местами с таром (тас-биоргуном) и караганой на щебнистых светло-каштановых почвах | 11 |
| | | Очень пологие равнины с таровыми (тас-биоргуновыми) опустыненными степями и пустынями на примитивных щебнистых бурых почвах | 12 |

| Группа типов ландшафтов | Тип ландшафта | Вид ландшафта | |
|---|---|---|-----------------|
| | | Краткая характеристика (физиономичных компонентов) | Индекс на карте |
| Ландшафты равнин | Межгорные равнины, сложенные рыхлыми отложениями, с преобладанием денудационно-аккумулятивных процессов | Пологобугристые песчаные массивы, закрепленные тырсово-востречевыми караганиками на бурых и серо-бурых песчаных почвах | 13 |
| | | Бугристые, бугристо-грядово-барханные и барханные песчаные массивы, лишенные растительности или с единичными экземплярами псаммофитов (кумарчик, волоснец, иногда карагана) на примитивных песчаных сероземах | 14 |
| | Озерные и аллювиально-дельтовые равнины и долины рек, сложенные иловатыми супесями, суглинками, песками и галечниками, с преобладанием аккумулятивных процессов | Плоские низкие озерные террасы с волоснецово-дэрисными лугами на слабосолончаковатых иловато-супесчаных почвах | 15 |
| | | Долины рек с сочетаниями лугово-степной и степной растительности на террасах и луговой и древесно-луговой — на поймах с лугово-аллювиальными почвами | 16 |
| | | Плоские и пологонаклонные дельты рек и временных водотоков с комплексом волоснецово-дэрисных и волоснецовых сообществ на луговых почвах и тростниковых зарослей на заболоченных | 17 |
| Низины или сайры с выходами грунтовых вод с зарослями тростника, дэрисных и тополево-кустарничковых сообществ на слабосолончаковых луговых почвах | 18 | | |
| Плоские солончаковатые низины с комплексом галофитно-полукустарничковых группировок на такыровидных солончаковатых почвах | 19 | | |

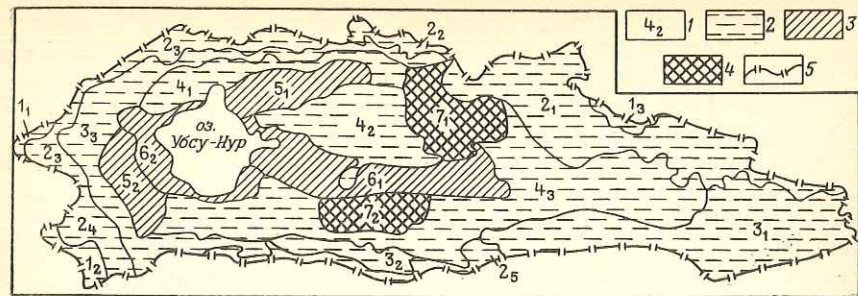


Рис. 34. Схема районирования бассейна оз. Убсу-Нур для целей картографического мониторинга на основе космической информации. Составила Е. А. Востокова:

1 — индексы районов: 1₁ — высокогорно-Западно-Танну-Ольский, 1₂ — Тюринульский (район Монгольского Алтая), 1₃ — Сангиленский, 2₁ — Эрзинский, 2₂ — Восточно-Танну-Ольский, 2₃ — Западно-Танну-Ольский, 2₄ — Монголо-Алтайский, 2₅ — Ханхухейский, 3₁ — восточный, 3₂ — южный, 3₃ — северо-северо-западный, 4₁ — Торгалынский, 4₂ — Терехоль-Тэсский, 4₃ — Хурум-сунгольский, 5₁ — Нижне-Тэсингольский, 5₂ — Улангомский, 6₁ — Бориг-Элский, 6₂ — Убсунурский, 7₁ — Эрзин-Самагалтайский (Тувинский), 7₂ — Джун-Гобийский (Монгольский); 2-4 — районы, требующие наблюдений: 2 — раз в 10 лет; 3 — через 5-7 лет; 4 — через 1-3 года; 5 — граница бассейна

к организации и проведению мониторинга. Осуществление такого дифференцированного подхода возможно на основе специального районирования территории. Такое районирование бассейна оз. Убсу-Нур было выполнено с помощью аэро- и космической информации и результатов ее дешифрирования. При районировании учитывались:

- характер современного использования территории;
- степень антропогенного воздействия в настоящее время;
- возможное антропогенное воздействие при интенсификации хозяйственного использования земель, учитывая устойчивость ландшафтов к антропогенному воздействию, вызванному сельскохозяйственным и селитебно-транспортным использованием земель.

При районировании не учитывались возможные изменения в самой структуре хозяйственного использования земель (промышленные разработки полезных ископаемых или лесных ресурсов, строительство территориально-промышленных комплексов, железнодорожных магистралей и т. п.).

Принятые во внимание антропогенные факторы изменений природной среды позволяют обосновать для каждого выделенного района: перечень исходной картографической документации; наиболее целесообразные масштабы карт; необходимую космическую информацию; допустимые интервалы между дистанционными съемками; допустимые интервалы составления экспресс-карт, отражающих изменения природной среды, происшедшие за установленный промежуток времени.

На схеме районирования бассейна оз. Убсу-Нур (рис. 34) выделено 7 групп районов:

1. Высокогорные районы, объединяющие высокогорные пастбища и леса хребтов Монгольского Алтая, Западного и Восточного

Танну-Ола, Сангилена. Районы характеризуются суровыми природными условиями и слабым экстенсивным хозяйственным использованием, не оказавшим заметного влияния на природную среду. Интенсификация антропогенного воздействия в ближайшее время, очевидно, не предвидится.

2. Среднегорные районы, занимающие лесной и лугово-степной пояса гор, широко используемые в качестве преимущественно летних пастбищ. Пока степень антропогенного воздействия небольшая, как уже отмечалось, оно сказывается лишь местным некоторым перевыпасом, обусловившим начало деградации пастбищной растительности. Значительное увеличение пастбищной нагрузки может привести к существенным нарушениям почвенно-растительного покрова. Промышленные вырубки леса недопустимы, так как могут вызвать активизацию эрозии и привести к значительному опустыниванию территории.

3. Комплексные низкогорно-предгорные районы характеризуются сочетанием остепненных лиственных лесов и степей. Антропогенного нарушения природной среды не наблюдается в связи с незначительной пастбищной нагрузкой. Всякое увеличение антропогенного воздействия может привести к существенной деградации биогеоценозов.

4. Равнинные степные и сухостепные районы используются как пастбища, частично нарушены бессистемной автомобильной ездой, местами — перевыпасом. Значительное увеличение пастбищной нагрузки приведет к деградации почвенно-растительного покрова. В дальнейшем возможно использование части территории под земледелие.

5. Дельтовые районы характеризуются сложным сочетанием луговых, заболоченных и солончаковых участков, действующих русел, обводненных стариц и старых сухих русел. В настоящее время эти территории почти не используются, хотя после необходимых мелиоративных мероприятий они могут быть введены в интенсивное хозяйственное использование. В природном отношении эти районы могут быть отнесены к довольно динамичным, что связано с различной водностью рек, изменяющейся по годам, приводящей к изменению растительности.

6. Равнинные районы, включающие значительные площади, неудобные для использования земель: солончаков, барханных и барханно-бугристых песков, каменисто-щебнистых пустынь, характеризующихся малой продуктивностью таровых пастбищ. Природно-территориальные комплексы этих районов, таких, например, как барханные пески, достаточно динамичны и под воздействием природных или антропогенных факторов могут сильно изменяться и распространяться на соседние территории.

7. Равнинные и предгорные степные и сухостепные районы, которые характеризуются относительно высокой концентрацией населения и начавшимся земледельческим освоением земель. В настоящее время отмечается некоторая нарушенность естественной растительности бессистемным движением автомобильного транспорта по це-

линным участкам и старым заброшенным пашням. Очевидно, в дальнейшем можно предполагать постепенное увеличение пахотных земель, интенсификацию роста населенных пунктов, строительство новых полевых станом и зимовок.

Несмотря на большое число выделенных районов и их типологических групп, для целей аэрокосмического мониторинга они объединены в три типа, для каждого из которых можно наметить общие требования к организации слежения за состоянием природной среды.

I тип включает 1, 2, 3 и 4-ю группы районов. Для всех районов этого типа картографическое обоснование должно включать карты: ландшафтную, растительности, кормовых ресурсов или пастбищных угодий. Карты могут быть обзорных и детально-обзорных масштабов, т. е. от 1 : 500 000 до 1 : 1 000 000. Необходима космическая информация локальных и региональных уровней генерализации, как интегральная черно-белая, так и спектрзональная или цветная синтезированная. Повторная инвентаризация этих пастбищных районов может осуществляться через 8—10 лет. Необходимости составления экспресс-карт (дежурных карт, отражающих состояние природной среды) для этих районов нет.

II тип включает 5-ю и 6-ю группы районов, которые характеризуются определенной динамичностью природно-территориальных комплексов, усиливающейся при антропогенном воздействии. Для этих районов целесообразно составлять серию, включающую карты: ландшафтную, растительности использования земель, типов песков (для района 6₁), засоления почв и грунтов (для районов 5 6₂), господствующих ветров (по традиционным данным), комплексную карту экзогенных процессов. Масштаб карт может быть порядка 1 : 200 000—1 : 500 000. Для составления карт необходимо использовать не только космические снимки, но и аэроснимки. Повторные съемки и составление экспресс-карт целесообразно проводить через 3—5 лет.

III тип включает районы 7-й группы, которые отличаются наибольшим для изучаемого региона антропогенным воздействием, нарастающим со временем как по интенсивности и глубине влияния, так и по площади непосредственного изменения природной среды. Для этих районов, помимо карт ландшафтов, использования земель и растительности, целесообразно составлять карты: почв, состава поверхностных отложений, состояния культурной растительности, необходимых природоохранных мероприятий. Масштаб таких карт должен быть порядка 1 : 100 000—1 : 200 000. Для составления карт должны использоваться аэрофотоснимки и космические снимки локального уровня генерализации. Целесообразно использовать спектрзональные и цветные синтезированные снимки. Повторные съемки и составление экспресс-карт должно осуществляться не реже одного раза в 3 года, наиболее целесообразно вести ежегодно дежурную карту (или схему дешифрирования) антропогенных изменений природной среды, составляемую на основе космической информации.

Эти материалы обосновали последовательность разработки методики аэро- и космического мониторинга с позиций тематического картографирования, которое является наиболее эффективной формой практического использования аэро- и космической информации.

Многочисленная фотосъемка, выполненная с космических носителей, представляет обширный объективный материал для картографического отражения современного состояния природных ресурсов и их динамики, включая антропогенные изменения. Так, одновременная космическая информация позволяет зарегистрировать различные стадии развития естественных и стимулированных человеком процессов, установить происшедшие изменения хозяйственных объектов или характера использования земель и их состояния. Данные об изменениях природной среды и хозяйственных объектов могут быть получены путем сопоставления тематических карт, составленных на основе космической информации на разные сроки наблюдений.

Для объективной оценки материалов, получаемых с помощью экспресс-карт, необходимо иметь для всей территории, в пределах которой осуществляется картографический мониторинг, серию тематических карт, отражающих распределение и состояние природных и антропогенных объектов. Эти карты можно рассматривать как «точку отсчета» происшедших и происходящих изменений природной среды.

В связи с этим картографический космический мониторинг включает:

составление тематических карт, отражающих распределение и состояние природных и антропогенных объектов на начало работ по мониторингу;

выявление тенденций хозяйственного развития территории и построение прогнозов вероятных изменений природной среды при альтернативных воздействиях на нее;

осуществление регулярного картографического слежения за происходящими изменениями природных и антропогенных объектов на основании регулярно повторяемой аэро- и космической съемки.

Для осуществления такого мониторинга в конкретном регионе необходимо решить ряд методических и практических задач:

1) установить перечень первоочередных карт природных и антропогенных объектов, исходя из природно-экономических условий изучаемого региона;

2) определить оптимальные масштабы тематических карт, исходя из природно-экономических условий региона и существующих материалов дистанционных съемок;

3) выявить сроки повторного фотографирования территории из космоса и составления экспресс-карт;

4) провести и регулярно повторять составление таких экологических карт.

1. Андронников В. Л. Аэрокосмические методы изучения почв. М., Колос, 1979.
2. Баррет Э., Куртис Л. Введение в космическое землеведение. М., Прогресс, 1979.
3. Бахиев А. Экология и смена растительных сообществ низовьев Амударьи. Ташкент, филиал АН СССР, 1985.
4. Бачинский А. М. Соціоекологічний принцип природокористування.— Вісник АН УРСР, 1987, № 11, с. 68.
5. Берлянт А. М. Образ пространства: карта и информация. М., Мысль, 1986.
6. Викторов С. В., Чикишев А. Г. Ландшафтная индикация. М., Наука, 1985.
7. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М., Наука, 1984.
8. Востокова Е. А. Использование аэрокосмических фотоснимков при гидрогеологических исследованиях в пустынях. М., Недра, 1980.
9. Востокова Е. А., Тоциленко Г. Я. Опыт составления карты типов пустынь Аравийского полуострова.— Проблемы освоения пустынь, 1978, № 2, с. 15—27.
10. Вышивкин Д. Д. Геоботаническое картографирование. М., МГУ, 1977.
11. Вышивкин Д. Д. Использование космических снимков для коррекции мелкомасштабной карты засоления и составления карты галоиндикационного районирования.— В кн.: Природные условия и ресурсы пустынь СССР, их рациональное использование. Ашхабад, Ылым, 1984, с. 115—121.
12. Григорьев А. А. Антропогенные воздействия на природную среду по наблюдениям из космоса. Л., Наука, 1985.
13. Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков.— В сб.: Методика и результаты. Берлин.— М., Академи-Ферлаг.— Наука, 1982.
14. Ивашкина Л. И., Николаев В. А., Масленников В. В. Прогнозная ландшафтная карта.— Вестник Московского Университета. Сер. 5. География, 1980, № 2, с. 53—60.
15. Исаченко А. Г. Методы прикладных ландшафтных исследований. Л., Наука, 1980.
16. Исаченко А. Г. Оптимизация природной среды. Географический аспект. М., Мысль, 1980.
17. Каленов Г. С. Эколого-географический анализ распространения *Tortula desertorum* Broth. в пустынях Средней Азии.— Ботанический журнал, 1977, т. 62, с. 1015—1022.
18. Картографирование по космическим снимкам и охрана окружающей среды. Под ред. Е. А. Востоковой, Л. И. Злобина, Ю. Г. Кельнера. М., Недра, 1982.
19. Кельнер Ю. Г., Маркова Т. А. Задачи межотраслевой картографической обработки космической фотоинформации.— В сб.: Дистанционные исследования природных ресурсов. М., Московский филиал Географического общества СССР, 1981, с. 10—17.
20. Киреев Д. М. Ландшафтный метод дешифрирования лесов по аэроснимкам. Новосибирск, Наука, 1976.
21. Кюхлер А. В. Карты растительности заповедных территорий.— В сб.: Геоботаническое картографирование. Л., Наука, 1976, с. 18—22.
22. Ландшафтная индикация и ее использование в народном хозяйстве. Ред. С. В. Викторов, А. Г. Воронов. Московский филиал Географического общества СССР, 1981.
23. Матиясевич Л. М. Вопросы оценки информационных свойств материалов и средств космической фотосъемки.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 2, с. 84—91.

24. Николаев В. А. Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов. М., МГУ, 1978. 62 с.

25. Петров М. П. Типы пустынь Азии.— В кн.: Природные условия, животноводство и кормовая база пустынь. Ашхабад, Ылым, 1983, с. 22—48.

26. Садов А. В., Ревзон А. Л. Аэрокосмические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. М., Недра, 1979.

27. Харин Н. Г. Комплексные карты опустынивания и методы их составления по космическим снимкам.— Исследование Земли из космоса, 1985, № 1, с. 52—59.

28. Guille E. Evaluation de l'environnement: methodologie des raisonnements cartographiques en ecologie appliquee a l'aménagement et a la planification microregionale. 10th Conference I. C. A., Tokyo, 1980.

29. Küchler A. William. Ecological vegetation maps.— Documents de cartographie ecologique, 1981, v. 24, p. 65—67.

30. La cartographie ecologique.— Bulletin ecologique, 1980, v. 11, N 1, p. 1—68.

31. Rubec C. D. A. Applications of remote sensing in ecological land survey in Canada.— Canadian Journal of Remote Sensing, 1984, v. 9, N 1, p. 19—30.

32. Watson E. K. Applications of 35 mm aerial photography to ecological land survey.— Canadian Journal of Remote Sensing, 1984, v. 9, N 1, p. 31—44.

Агричай 171
Азербайджан (АзССР) 172
Айдар солончак 190
Алазани река 171
Амударья река 91, 92, 131, 134 (рис. 17), 181, 184
Амударья дельта 181
Аравия 35
Арал-Сорская депрессия 106
Аральское море 183, 210
Арегутинский хребет 88, 130, 131
Архыз река 169
Арнасайское «море» 187, 189, 190, 191
Ассаке-Ауданская впадина 184
Астраханская равнина 105

Байгутинская депрессия 105
Бельский район 93, 94, 95, 96, 97, 139, 147, 193
Бижгон река 168
Бориг-Элский район 215
Бузачи полуостров 150
Бухаро-Хивинская зона 77
Бухарская область 175

Варденинский хребет 131
Волга река 105, 106, 107
Волго-Ахтуба 103
Волго-Уральские пески (Рын-пески) 105
Волго-Уральское междуречье 105

Гегамский хребет 131
Германская Демократическая республика (ГДР) 33
Гили озеро 88
Главный Кавказский хребет 169, 171
Голодная степь 190

Дара поселок 88
Джана-Дарьинская (Жанадарьинская) равнина 175
Дарьялык 184
Джалликум пески 91
Джаньбекская равнина 105, 106
Джил поселок 88
Джун-Монгольский район 215

Европейская часть СССР 117
Ергени 103
Еруслано-Торгунская равнина 106

Западная Сибирь 154
Заунгузские Каракумы (Заунгузье) 75, 76, 90, 91, 150, 151

Илису поселок 172

Кавказ 152
Казахстан 12
Кайракумское водохранилище 187, 188 (рис. 29)
Калининская область 75, 92, 193
Канада 33
Карабильская подпесчаная линза пресных вод 192
Каракалпакия 101, 102
Каракумский канал 146, 191, 192
Каратау хребет 150
Келифская часть канала 192
Киренск город 168
Крымский полуостров 42 (рис. 3)
Куйбышев город 152
Кума река 103
Куня-Дарьинская равнина 120
Кустанайская область 35
Кышум река 105
Кызылкум пески 75, 90, 175
Кяфар река 169

Мангышлак полуостров 150
Мартуни город 88
Монгольский Алтай хребет 215
Мургабский оазис 146, 192

Надым город 155
Надым река 159
Надымский участок 154, 155, 157 (рис. 23)
Нарын-Худукский район 105
Нечерноземье (НЧЗ) 21, 92, 138
Нижнеуильская равнина 105
Низменные Каракумы 91

Поволжье 137
Полеская низменность 80
Предбайкалье 167
Приволжская гряда 105
Прикаспийские Каракумы 105
Прикаспий Западный, Зауральский, Юго-Западный, Северный 43 (рис. 5), 103, 105, 106, 107
Прикумская равнина 105
Приморская равнина 105
Приобье Среднее 159

Приуральская равнина 105
Пхия река 169

Сагызско-Эмбенская равнина 105, 106
Сангилен хребет 216
Сарпинская ложбина 105
Сарпинский рукав 106
Сарыкамышская впадина 184, 210
Сарыкамышские озера 184
Севан озеро (бассейн) 86, 88, 126, 130, 131, 169, 170
Севанский Национальный парк 86
Севанский хребет 88, 130, 169, 170
Северный Кавказ 167, 168
Смоленская область 75, 175
Смоленское Поозерье 90
Советский Союз 10, 33, 39
США 33
Солигорский район 75, 80, 90, 160, 161, 162, 163, 164
Средняя Азия 72, 117
Ставропольский край 73, 152
Сургут город 158 (рис. 24)
Сургутский участок 154, 159
Сырдарьинский артезианский бассейн 175
Сырдарья река 187

Тазовский полуостров 154
Танну-Ола хребет 216
Тедженский оазис 146, 192
Терехоль-Тэсский район 215
Торгалькский район 215
Туз-кане 191
Туранская плита 72, 77
Туркмения 91
Тэс-Хем река 210

Убсу-Нур озеро 210, 211, 212, 215 (рис. 34)
Узбекистан 75
Узбой сухое русло 184
Узенско-Чижинские разливы 105
Улангомский район 215
Уленты-Джамбейтинская равнина 105

Урал река 105, 107
Урало-Кушумская равнина 105, 106
Урало-Челкарская равнина 106
Урдинский песчано-грядовый массив 105
Уруп река 168
Устюрт плато 104, 120, 148, 149, 150, 174
Усть-Кут город 168

Ферганская долина (Фергана) 152, 175
Франция 33

Ханхухейский район 215
Хивинский оазис 175
Хурумсунгольский район 215

Центральная черноземная область (ЦЧО) 137
Центральная-Черноземельская равнина 105

Чардаринское водохранилище 187, 189, 190

Шевченко город 150
Шеки-Закатальский участок 171, 172
Шоржа поселок 131

Эльтоно-Боткульская равнина 105, 106
Эрзинский район 215
Эрзин-Самагалтайский район 215

Юго-Восточные Каракумы 192
Юго-Западные Кызылкумы 75, 76, 90, 91
Южное Приаралье 134 (рис. 17)
Южно-Каспийская подчинковая равнина 105, 106
Южно-Приуральская равнина 105

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|------------|
| Предисловие | 3 |
| Глава 1. Экологические проблемы и экологическое картографирование | 5 |
| § 1. Современные экологические проблемы и дистанционные методы их изучения | 5 |
| § 2. Экологические карты, их виды и классификация | 13 |
| § 3. Ландшафтное картографирование для оценки экологических условий | 32 |
| Глава 2. Использование космической информации для создания экологических карт | 39 |
| § 4. Анализ экологической информативности различных материалов космической фотосъемки | 39 |
| § 5. Ландшафтно-индикационное дешифрирование аэро- и космических снимков | 50 |
| § 6. Методика использования аэро- и космической информации при составлении экологических карт | 58 |
| Глава 3. Опыт разработки экологических карт на основе космической информации | 68 |
| § 7. Картографирование статических ситуаций | 68 |
| § 8. Картографирование динамики природной среды | 98 |
| § 9. Картографирование антропогенных изменений экологических условий | 140 |
| Глава 4. Прогноз и мониторинг динамики экологических условий | 178 |
| § 10. Ландшафтно-индикационный подход к прогнозированию динамики экологических условий и прогнозные карты | 178 |
| § 11. Периодический контроль за состоянием экологических условий | 206 |
| Список литературы | 219 |
| Указатель географических названий | 221 |

Приурт
Пхия р

Сагызс
106
Сангил
Сарпин
Сарпин
Сарька
Сарька
Севан
130, 13
Севанс
Севанс
Северн
Смолен
Смолен
Советс
США 3
Солнго
161, 16
Средня
Ставро
Сургут
Сургут
Сырдар
сейн 17
Сырдар

Тазовс
Танну-С
Теджен
Терехол
Торгал
Туз-кан
Туранс
Туркме
Тэс-Хем

Убсу-Н
(рис. 3)
Узбекис
Узбой с
Узенскс
Улангор
Уленты

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Востокова Елизавета Алексеевна, Суцень Владимир Александрович,
Шевченко Лиана Аристотелевна

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ
НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Заведующий редакцией *Л. Г. Иванова*
Редактор издательства *Н. Т. Куприна*
Переплет художника *Ю. Г. Черепанова*
Технический редактор *В. Ю. Любимова*
Корректор *Л. В. Баранцева*
ИБ № 7135

Сдано в набор 17.11.87. Подписано в печать 31.03.88. Т-05873.
Формат 60×90¹/₁₆. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура Литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 14,0. Усл. кр.-отт. 14,25. Уч.-изд. л. 16,60. Тираж 1640 экз. Заказ 648/1316-8.
Цена 2 р. 70 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 125047, Москва,
пл. Белорусского вокзала, д. 3
Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ