



**ДИСТАНЦИОННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
РЕЛЬЕФА
СИБИРИ**

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ
«АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ»

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЛЬЕФА СИБИРИ

Ответственные редакторы
акад. *А. Л. Янин*,
д-р геол.-мин. наук *В. Н. Шаранов*



НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

1985

Дистанционные исследования рельефа Сибири.— Новосибирск: Наука, 1985.

Отражены результаты исследований по комплексной программе «Сибирь». Особое внимание уделено дистанционным исследованиям при поисках полезных ископаемых, а также роли разломов в их размещении. Охарактеризованы дистанционные исследования экзоморфодинамических процессов и форм рельефа, гидросети, водных ресурсов в бассейне Верхней Оби.

Сборник предназначен для исследователей, использующих аэрокосмическую информацию при поисках полезных ископаемых и изучении различных морфодинамических процессов рельефообразования.

Рецензенты В. П. Пяткин, Э. Л. Якименко

Редколлегия

чл.-кор. АН СССР А. С. Алексеев, канд. геол.-мин. наук
Л. К. Зятыкова, канд. геогр. наук Л. С. Миляева, д-р геол.-
мин. наук В. А. Николаев, канд. геол.-мин. наук Э. М. Хворостова

ПРЕДИСЛОВИЕ

В успешном выполнении долговременной программы использования природных ресурсов Сибири немаловажное значение имеют аэрокосмические исследования. Разнообразие ландшафтных и геологических особенностей Сибири обуславливает уникальность этого края и особые требования к дешифрированию аэрокосмической информации с учетом специфической климатической зональности при изучении различных компонентов ландшафта, подчеркивающих особенности геологических структур. Одним из важных аспектов изучения аэрокосмической информации является исследование динамических процессов, протекающих в тех или иных природных условиях. Одна из главных задач при использовании в настоящее время аэрокосмической информации — изучение закономерностей расположения глубинных структур и связанных с ними полезных ископаемых.

В первом разделе настоящего сборника рассмотрены геоиндикационные признаки отражения геологических образований в рельефе, результаты применения аэрокосмической информации для выявления геологических критериев поисков полезных ископаемых на юге Западной Сибири, обнаружение зон разрядки тектонических напряжений на примере нефтегазоперспективных площадей Камовского свода Сибирской платформы; приводятся результаты применения дистанционных исследований динамики природных процессов Западной Сибири для изучения морфодинамических процессов современного рельефообразования.

В результате дешифрирования космических снимков и глубокого бурения определены блоки с длительным погружением, узлы и зоны многократного проявления магматизма, что дало возможность выделить литолого-петрографические фации пород, слагающих поверхность доюрского комплекса, и сделать региональный прогноз участков, наиболее перспективных на нефтегазоносность.

Второй раздел книги посвящен ландшафтно-индикационным признакам отражения геолого-геоморфологических особенностей исследуемых регионов, результатам использования аэрокосмических материалов при изучении почв Западной Сибири, почвенно-геоботаническом районировании, изучении текстуры изображения лесных сообществ на аэроснимках, патологии леса, оценке изменения геокриологической обстановки и увлажненности снежного покрова.

На основании интерпретации аэрокосмических снимков и данных наземных исследований выявлены основные особенности строения ландшафтов, пространственной структуры почвенного покрова и установлена его тесная взаимосвязь со структурой растительного покрова, чертами геологического строения и рельефом.

Таким образом, использование аэрокосмической фотоинформации для изучения особенностей морфодинамических процессов, протекающих в различных природно-территориальных комплексах, позволяет выявлять новые природные ресурсы, научно обосновывать возможность их рационального использования, а также подтверждает высокую научную и экономическую эффективность изучения Земли космическими методами для нужд геологии, сельского, лесного и водного хозяйства.

Г л а в н ы й р а з д е л

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Л. К. ЗЯТЬКОВА

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЛЬЕФА СИБИРИ

Одной из наиболее актуальных проблем структурной геоморфологии является изучение взаимосвязи форм поверхности литосферы с ее геологическими структурами с помощью аэрокосмической фотоинформации. На космических снимках отражение структур в рельефе приобретает роль ведущего признака среди прочих ландшафтных индикаторов структур, поэтому геоморфологическая информация, полученная при дешифрировании, является основой для геологической интерпретации космической съемки. В отличие от аэрофотоматериалов по космическим снимкам возможно изучение не только региональных, но и глобальных особенностей рельефа Земли.

Изучению связи рельефа с тектоническим строением посвящено много работ, что способствовало развитию в геоморфологии целого научного структурно-геоморфологического направления [Александров, 1983; Башенина, 1967; Герасимов, 1976; Горелов, 1972, Золотарев, 1974; 1976; Зятькова, 1977, 1979; Коржуев, 1977; Мещеряков, 1972; Рождественский, 1971; Тимофеев, 1979; Флоренсов, 1978; Худяков, 1977]. Успешное развитие структурной геоморфологии связано как с поисками полезных ископаемых, так и с изучением геодинамических процессов, отражающих влияние эндогенного и экзогенного фактора на развитие современного рельефа.

Структурная геоморфология признает одним из главных факторов рельефообразования — эндогенный, формирующий морфоструктурные особенности; изучает рельеф с целью установления современного структурного плана; с помощью палеогеоморфологических реконструкций выявляет историю новейшего тектонического развития и эволюцию в формировании морфоструктур. В связи с прогнозированием перспективных районов для поисков полезных ископаемых выявление закономерных связей строения рельефа земной поверхности со структурами приобретают большое значение.

С использованием обширной аэрокосмической информации и аппаратной ее обработки при структурно-геоморфологических исследованиях возникла возможность развивать новый комплексный метод дистанционных исследований рельефа. Эффективность метода обусловлена большой обзорностью, высокой разрешающей способностью и генерализацией на снимках изображений земной поверхности. Дешифрирование, изучение смены фототональности космических снимков равнинных и горных районов позволяет выявить крупные структурно-геоморфологические области, которые представляют собой межгорные и предгорные впадины, а также продолжение структур горных обрамлений под чехлом рыхлых отложений прилегающих платформ.

На космических снимках дешифрируются активизированные глубинные разломы, крупные аккумулятивные депрессии, погребенные структуры. Резкая смена фототональности космических снимков разных сезонов

позволяет выявить оптические ландшафтные признаки природно-климатических зон. Эти признаки необходимо отличать от ландшафтных индикаторов, подчеркивающих рельефообразующую роль разрывных нарушений различного порядка, особенно разрывных нарушений, ограничивающих структурно-геоморфологические области.

Проведенные структурно-геоморфологические исследования в Западной Сибири позволили судить о большой перспективности дистанционного метода и целесообразности его применения при исследовании поверхности Земли. В пределах Западной Сибири и на ее южном Алтае-Саянском горном обрамлении были выделены платформенные, приплатформенные — предорогенные и орогенные структурно-геоморфологические ступени [Зятькова, 1977, 1979]. В пределах каждой такой ступени, в зависимости от пересекающих ее широтной или вертикальной климатической зональности со специфическими экзогенными процессами, образованы нивально-арктические, нивальные, гумидные, субаридные — структурно-геоморфологические комплексы (СГК) (табл. 1).

Под структурно-геоморфологическим комплексом мы понимаем совокупность геолого-географических особенностей, обусловленных как геологическим строением, так и климатической зональностью. Структурно-геоморфологические комплексы представляют собой исторически сложившиеся и развивающиеся взаимосвязанные сочетания природных объектов и явлений. Образование структурно-геоморфологических комплексов связано с геодинамическими процессами, обусловленными тектоникой и климатической зональностью. Поэтому структурно-геоморфологические комплексы отражают как морфоструктурные, так и морфоскульптурные особенности рельефа.

Таким образом, структурно-геоморфологический комплекс, ограниченный природно-климатическими зонами, представляет собой совокупность структурных образований, объединенных по геологическому возрасту, составу, генетическому родству экзогенных природных объектов платформ, орогенов и их переходных областей. Структурно-геоморфологические комплексы занимают конкретное, определенное место. В их формировании принимают участие эндо- и экзоморфодинамические процессы.

Экзоморфодинамические процессы связаны со структурными особенностями платформ, орогенов и их зонами сочленения, т. е. с переходными зонами. Эти процессы обусловлены тектоническими, геологическими, геофизическими особенностями новейшей тектоники, проявлением современных тектонических движений, сейсмичностью, землетрясениями, вулканизмом. Они создают разнообразный морфоструктурный каркас и гипсометрические ярусы современного рельефа Сибири (рис. 1).

На космических снимках ландшафтные индикаторы четко отражают разломы, тектонические уступы, изометрические и спрямленные структурные элементы.

Экзоморфодинамические процессы обусловлены ландшафтными признаками природно-климатических зон. В связи со специфическим проявлением тех или иных экзогенных факторов нивально-арктической, нивальной, гумидной, субаридной зон эти процессы создают четкие границы структурно-геоморфологических комплексов. На основании глубокого анализа фотоматериалов космических съемок, структурно-геоморфологических, геологических, геофизических данных по Сибири и прилегающим к ней территориям были выделены структурно-геоморфологические ступени — платформенная (I), переходные — приплатформенная, предорогенная (II) и орогенная (III). Основное внимание уделялось выявлению связи ярусов современного рельефа (см. рис. 1) с природно-климатической зональностью, с ведущими экзогенными процессами (рис. 2), с основными современными структурными особенностями Сибири и прилегающих территорий (рис. 3, 4). На основании этого анализа нами были выделены структурно-геоморфологические комплексы в пределах Сибирской платформы, южного горного обрамления Сибири и Северо-Востока (табл. 2).

Классификация структурно-геоморфологических комплексов и геодинамических процессов Западной Сибири

Структурно-геоморфологические ступени	Геодинамические, структурно-геоморфологические комплексы	Структуры, влияющие на современный рельеф	Основные геодинамические процессы, создающие современный рельеф структурно-геоморфологических комплексов		Районы распространения структурно-геоморфологических комплексов	
			эндоморфодинамические	экзоморфодинамические		
Платформенная Западно-Сибирская равнина	Нивально-арктические А _I	Своды, валы, локальные поднятия, впадины	Слабое общее поднятие с активизацией тектонических движений вдоль разломов	Мерзлотно-солифлюкционные, термокарстовые	Крайний север Западной Сибири	
	Нивальные Б _I			Термокарстовые, ледниковые, флювиогляциальные		
	Гумидные В _I			Эрозионно-аккумулятивные, линейной эрозии		Обь-Иртышское междуречье, Сибирские увалы, Обь-Тымское междуречье
	Субаридные Г _I			Эрозионно-аккумулятивные, суффозионные, эоловые, карстовые		Предтургайское плато, Сев.-Казахстанское, Приобское плато
Переходная зона сочленения (платформенно-предгорных структур)	Нивально-арктические А _{II}	Выступы, структурные террасы, уступы, желоба, мулды	Активные локальные поднятия за счет поднятий образований, блоковые поднятия	Мерзлотно-солифлюкционные, термокарстовые	Ямальная, Щучинская возвышенности, Полярное Приуралье	
	Нивальные Б _{II}			Термокарстовые, эрозионно-аккумулятивные		Северо-Сосьвинская, Среднетазовская, Туруханская низменности
	Гумидные В _{II}			Эрозионно-аккумулятивные		Тавдинско-Кондинская, Приенисейская равнины
	Субаридные Г _{III}			Суффозионно-карстовые, эоловые		Туринская, Чулымо-Енисейская равнины, Приобское плато

Органические формы восточной части Алтая	Нивально-арктические А III	Блоки дифференцированных поднятий	Сводно-блоковое поднятие, активизация разломов, излияние четвертичных базальтов, сейсмическая активизация	Альпийские высокогорные, мерзлотно-ледниковые, экзарационные	Блоки интенсивных поднятий с абс. отм. 3000 м
Органические формы восточной части Алтая	Нивальные Б III			Активные гравитационно-солифлюкционные	Блоки поднятий с абс. отм. 2000—3000 м
Органические формы восточной части Алтая	Гумидные В III			Эрозивно-аккумулятивные с преобладанием глубинной эрозии	Блоки среднегорий и низкогорий с абс. отм. 1200—2000 м
Органические формы восточной части Алтая	Субаридные Г III			Зональные, делювиально-пролювиальные процессы, формирующие шлейфы, конусы выноса	Блоки межгорных впадин Тувы, Хакасии, Алтая

В целом общие гипсометрические характеристики ярусов рельефа соответствуют структурным элементам I порядка — трем структурно-геоморфологическим ступеням. Так, ярусы рельефа с отметками от 0 до 400 м характерны для платформенных ступеней и распространены в пределах Туранской, Западно-Сибирской плит, Хатангского прогиба, Лено-Виллюйской впадины и северной окраины Колымского срединного массива.

Ярусы рельефа от 400 до 1000 м в основном приурочены к приподнятым окраинам Западно-Сибирской и Сибирской платформ, Казахскому палеозойскому массиву. Ярусы рельефа от 1000 до 4000 м и выше распространены в пределах Средне-Азиатского, Южно-Сибирского, Верхояно-Чукотского, Монголо-Охотского орогенных поясов.

Общий структурный план Сибири и прилегающих территорий сложен из массивных гетерогенных и разновозрастных геоструктур северной части Евразийского материка, которые являются основой для развития морфоструктурных особенностей Сибири (см. рис. 3). К ним относятся платформенные структуры Туранской плиты, Казахского палеозойского массива, Западно-Сибирской плиты, Сибирской платформы, Колымского массива. Между этими платформами и массивами наблюдаются переходные зоны сопряжения приплатформенных и предорогенных морфоструктур.

К платформенной структурно-геоморфологической ступени относятся Западно-Сибирская (I_1) и Туранская (I_2) плиты, Сибирская платформа (I_3), в пределах которых на основании природно-климатической зональности выделяются платформенные нивально-арктические, нивальные, гумидные, субаридные структурно-геоморфологические комплексы [Зятькова, 1977, 1979]. Выделение платформенных (I_{1-3}) структурно-геоморфологических комплексов с учетом природно-климатической зональности позволяет при дешифрировании аэрокосмических материалов использовать конкретные методы структурно-геоморфологических исследований при выявлении районов возможного распространения локальных структур, перспективных для поисков нефти и газа.

В переходных зонах платформ, таких как Северо-Сосьвинская (II^1), Обь-Иртышская (II^2), Чулымо-Енисейская (II^3), Турухано-Енисейская (II^4) на западе; Хатангская (II^5), Лено-Виллюйская (II^6), Яно-

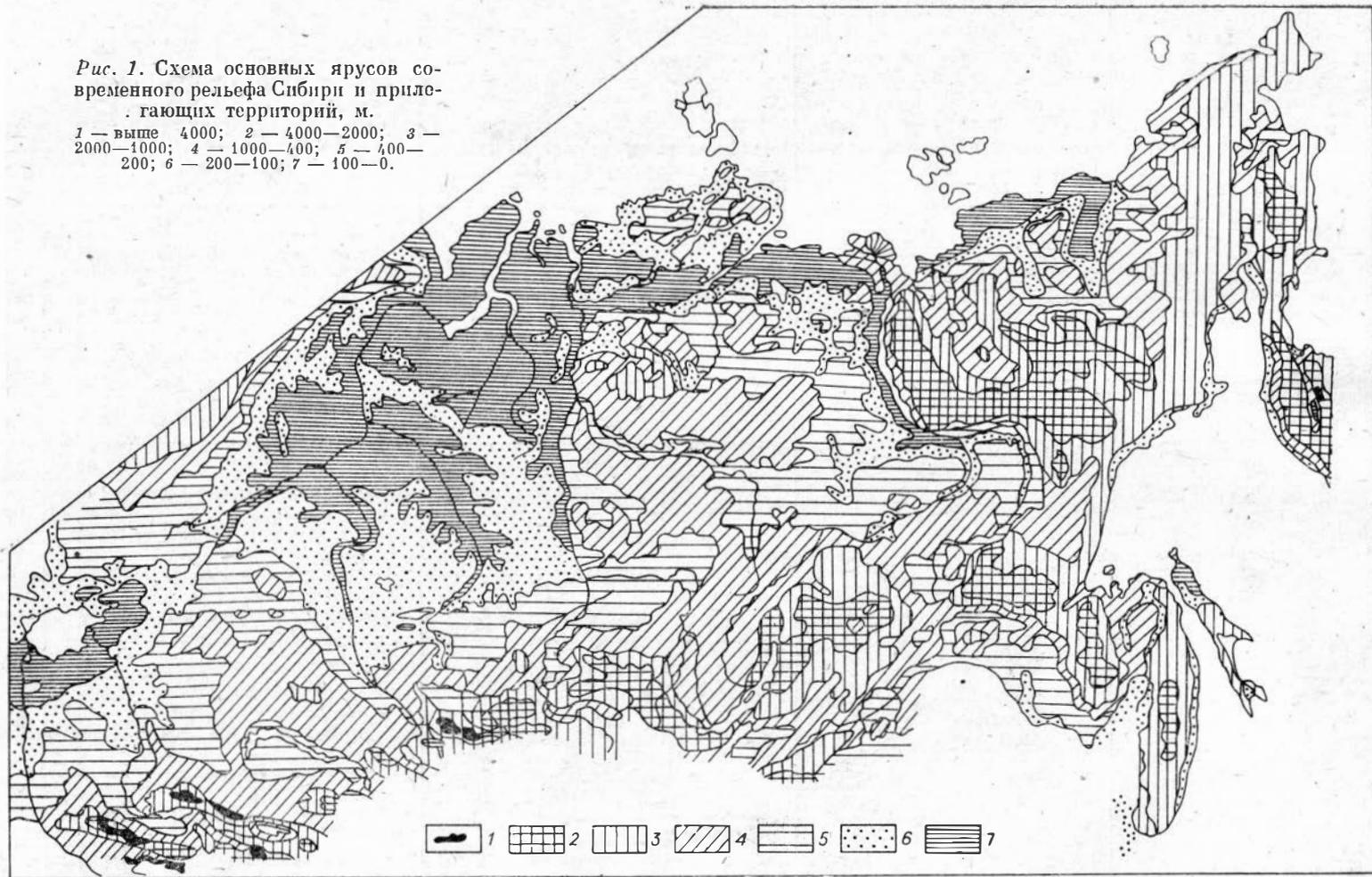
Структурно-геоморфологические ступени и комплексы Сибири и прилегающих территорий

Зона		Структурно-геоморфологическая ступень	Структурно-геоморфологический комплекс	Морфоструктурные особенности	Дистанционные геоиндикационные признаки на космических снимках
I	Платформенная	I ₁ — Западно-Сибирская плита	А — нивально-арктический Б — нивальный В — гумидный Г — субаридный	Унаследованные инверсионно-обращенные, гетерогенные, положительные и отрицательные	Резкая фототональность подчеркивает оптические ландшафтные признаки природно-климатических зон
		I ₂ — Туранская плита	Г — субаридный—платформенный Д — аридный		
		I ₃ — Сибирская платформа (древняя)	А — нивально-арктический Б — нивальный В — гумидный Г — субаридный		
II	Приплатформенная зона	II ₁ ¹ — Северо-Сосьвинская	A _{II} — нивально-арктический		Резкая смена фототона на снимках весенне-осеннего периода отражает продолжение погребенных структур, зону активных разломов
		II ₁ ² — Обь-Иртышская	B _{II} — нивальный		
		II ₁ ³ — Чулымо-Енисейская	A _{II} — нивально-арктический		
		II ₁ ⁴ — Турухано-Енисейская	A _{II} — B _{II} нивальный		
		II ₁ ⁵ — Хатагская	A _{II} — B _{II} — нивально-арктический		
II ₁ ⁶ — Лено-Вилуйская					
II ₁ ⁷ — Яно-Индибирская Колымская					

	Предороговая	Переходная	<p>II₂¹ — Приуральская</p> <p>II₂² — Среднеазиатская</p> <p>II₂³ — Казахская</p> <p>II₂⁴ — Салаир-Кузнецко-Енисейская</p>	<p>II₂ А — Б — В — нивально-арктический, нивальный, гумидный</p> <p>Г — субаридный</p>	<p>Менее интенсивные поднятия. Зона активных перестроек</p>	<p>Четкое отражение зон тектонической трещиноватости, разломов. Фототон подчеркивает контуры структур I — II порядков</p>
		<p>II₂⁵ — Ангаро-Ленский прогиб</p> <p>II₂⁶ — Алданский массив</p> <p>II₂⁷ — Колымский »</p> <p>II₂⁸ — Зейско-Бурейский массив</p>	<p>В — гумидный</p> <p>А — нивально-арктический</p> <p>Б — нивальный</p> <p>В — гумидный</p>			
III	Ороговая	<p>III₁ — Уральская горно-складчатая система</p> <p>III₂ — Среднеазиатско-Тянь-Шаньская</p> <p>III₃ — Алтае-Саянская</p> <p>III₄ — Байкало-Патомская (Забайкальская)</p>	<p>Вертикальная зональность эпиплатформенных орогенных областей</p>	<p>Сводово-блоковые поднятия активной Байкальской внутриконтинентальной подвижной эпиплатформенной зоны Центральной Азии</p>	<p>Резкая смена фототона изометрических и спрямленных элементов, четкое отражение глубинных планетарных разломов, зон трещиноватости, морфоструктурных узлов, тектонических торцовых уступов, структур</p>	
		<p>III₅ — Верхоянская</p> <p>III₆ — Охотско-Чукотская</p> <p>III₇ — Корякско-Камчатская</p> <p>III₈ — Сихотэ-Алинская</p> <p>III₉ — Таймыро-Бырангская</p>	<p>Вертикальная зональность эпигеосинклинальных (складчатых) орогенных областей</p>	<p>Складчато-глыбовые поднятия эпигеосинклинальной зоны</p>		

Рис. 1. Схема основных ярусов современного рельефа Сибири и прилегающих территорий, м.

1 — выше 4000; 2 — 4000—2000; 3 — 2000—1000; 4 — 1000—400; 5 — 400—200; 6 — 200—100; 7 — 100—0.



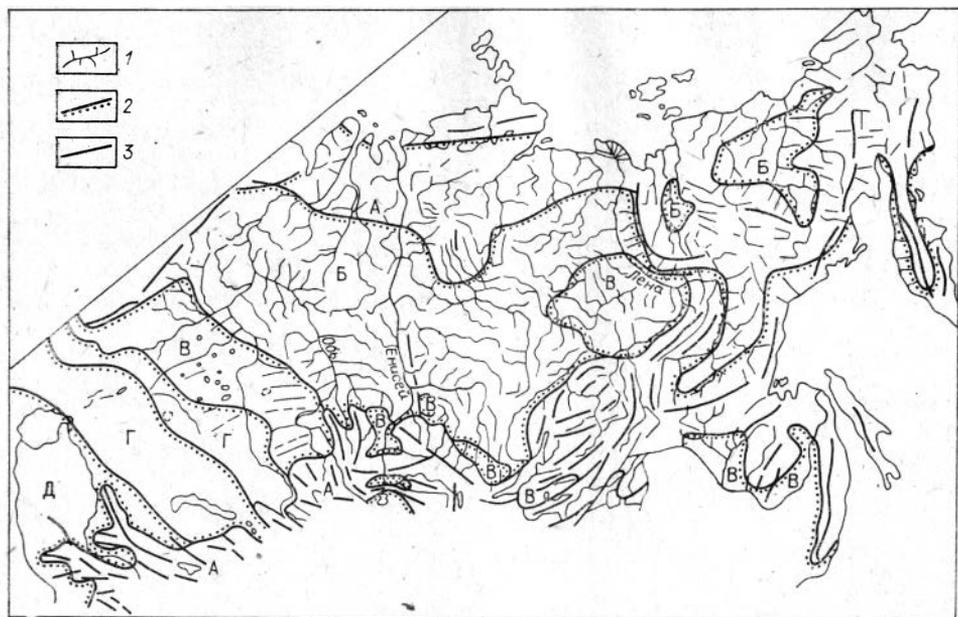


Рис. 2. Схема основных природно-климатических зон с ведущими экзогенными процессами (климатическое районирование дано по А. А. Григорьеву и М. И. Будыко). 1 — направление основных современных процессов; 2 — границы природно-климатических зон: А — избыточного увлажнения с мерзотно-солифлюкционными, термокарстовыми процессами, нивальной арктической тундр, лесотундр и высокогорий; Б — влажной с термокарстовыми, мерзлотными, эрозивно-аккумулятивными процессами, нивально-гумидной, зоны тайги и средне- и низкогорий; В — недостаточной влажности, с эрозивно-аккумулятивными процессами лесостепей низкогорий, предгорий, межгорных впадин; Г — сухой, субаридной с эоловыми суффозионными и эрозивно-аккумулятивными процессами степей и полупустынь; Д — аридной, с эоловыми процессами пустынь; 3 — оси основных горных хребтов — области активных современных поднятий.

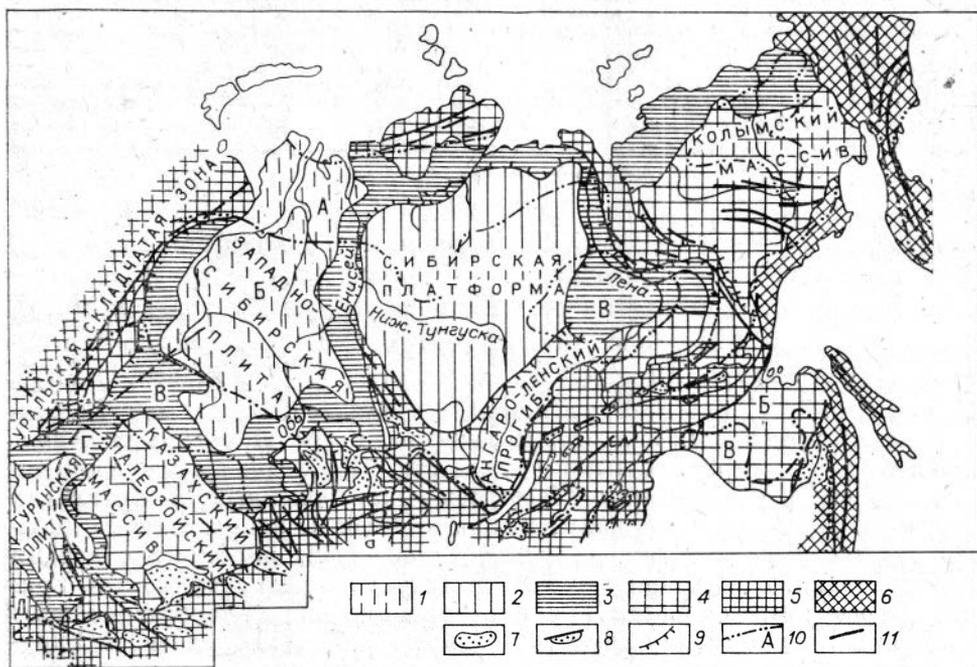


Рис. 3. Схема основных современных морфоструктурных особенностей Сибири и прилегающих территорий.

1, 2 — морфоструктуры, развитые в пределах молодых (1) и древних (2) платформ; 3, 4 — морфоструктуры, развитые в приплатформенных (3) и предорогенных (4) переходных зонах; 5—7 — морфоструктуры, развитые в пределах орогенных областей: эпиплатформенных (5), эпигеосинклинальных (6), с мезозойскими и кайнозойскими межгорными впадинами (7); 8 — впадины, приуроченные к глубинным разломам; 9 — основные структурные границы, резко выраженные в рельефе; 10 — границы природно-климатических зон (А — нивально-арктическая, Б — нивальная, В — гумидная, Г — субаридная, Д — аридная); 11 — основные глубинные разломы.

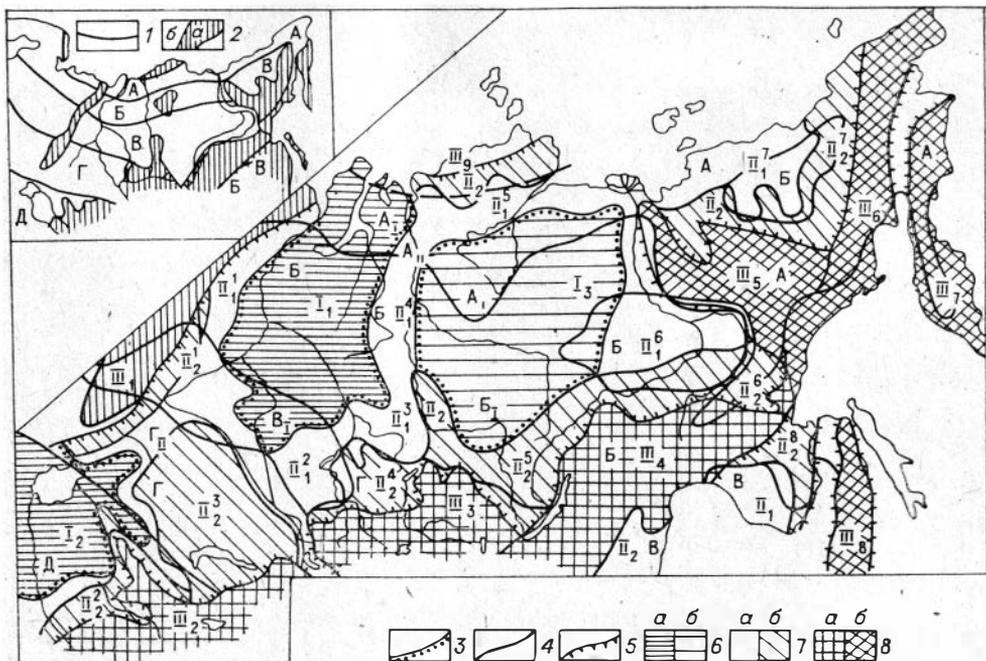
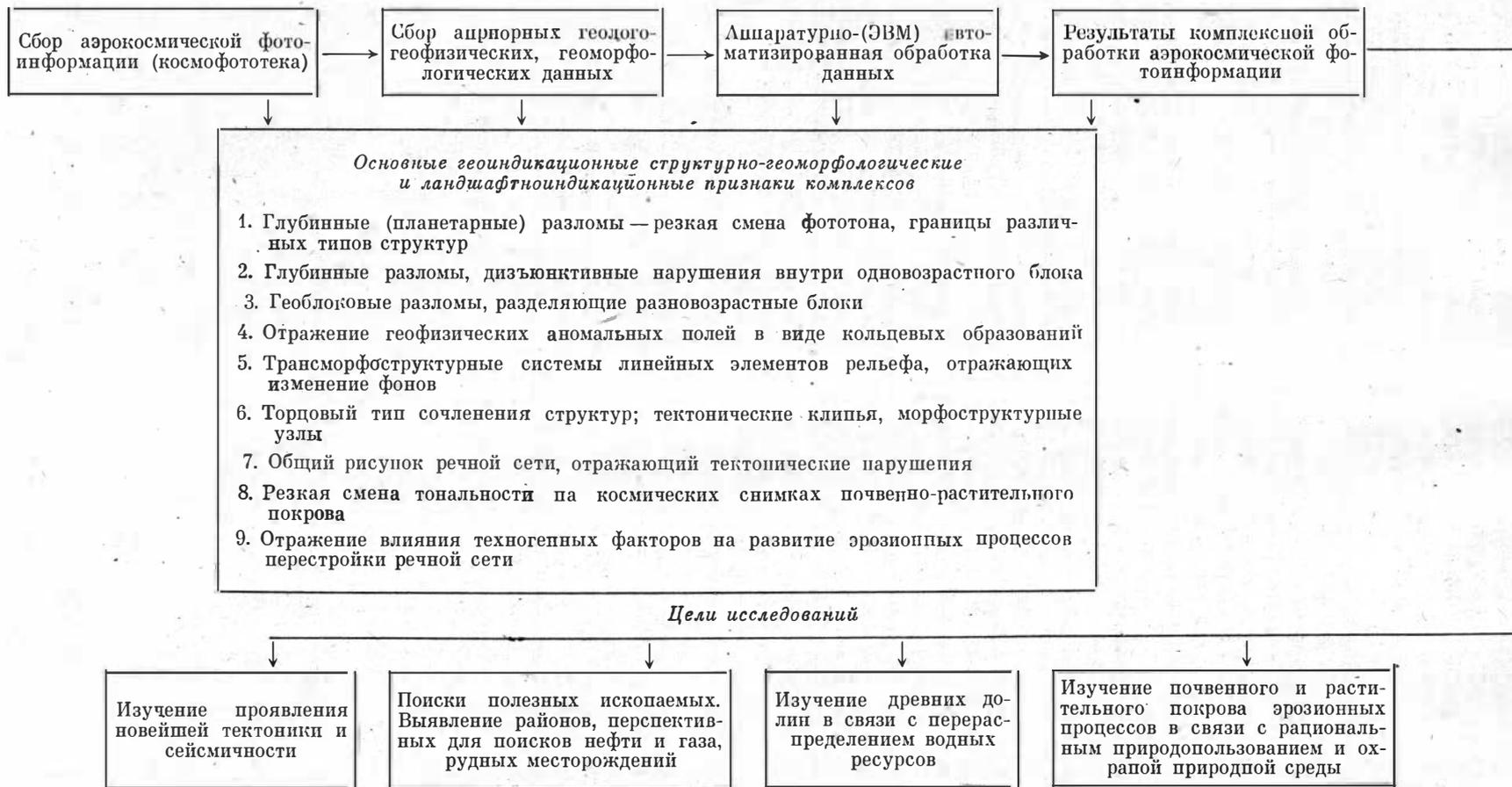


Рис. 4. Схема районирования структурно-геоморфологических комплексов Сибири. На врезке: 1 — границы распространения основных природно-климатических зон с ведущими экзогенными процессами: А — нивально-арктической (тундры, лесотундры); Б — нивальной (северная, средняя тайга); В — гумидной (южная тайга); Г — субаридной (степей, лесостепей); Д — аридной (полупустынь, пустынь); 2 — основные области сноса (а) и аккумуляции (б). Границы распространения: 3 — платформенных морфоструктур; 4 — переходных зон сочленения приплатформенных, предорогенных морфоструктур; 5 — орогенных морфоструктур. Районы распространения структурно-геоморфологических комплексов (см. табл. 2): 6 — платформенных молодых (а) (I₁ — Западно-Сибирская плита; I₂ — Туранская плита) и древних (б) (I₃ — Сибирская платформа); 7 — переходные зоны структур (II₁ — приплатформенные (а), II₂ — предорогенные (б)); 8 — орогенные структуры эпиплатформенные (а), эпигессиклиналиные (б). Морфоструктуры орогенной зоны, горные системы: III₁ — Уральская; III₂ — Среднеазиатская; III₃ — Алтае-Саянская; III₄ — Байкало-Патомская; III₅ — Верхоянская; III₆ — Охотско-Чукотская; III₇ — Корякско-Камчатская; III₈ — Сихотэ-Алинская; III₉ — Таймыро-Бырянская. Структурно-геоморфологические комплексы (СГК). Платформенные: А — нивально-арктические, Б_I — нивальные; В_I — гумидные; Г_I — субаридные. Переходные (приплатформенные, предорогенные): АII — нивально-арктические, Б_{II} — нивальные, В_{II} — гумидные, Г_{III} — субаридные. Орогенные: АIII — вертикальная зональность комплексов.

Индигирская; (II⁷) на востоке, четко выделяются приплатформенные (II₁), а ближе к орогенам — предорогенные (II₂) структурно-геоморфологические комплексы. К последним относятся структуры Приуральские (II₁²), Среднеазиатские (II₂²), Казахстанские (II₃²), Салаиро-Кузнецко-Енисейские (II₂⁴), структуры Ангаро-Ленского прогиба (II₂⁵), Алданского (II₂⁶), Колымского (II₂⁷), Зейско-Бурейского (II₂⁸) массивов. В их пределах развиты блоки предгорных и межгорных впадин, менее интенсивных поднятий с частым выходом структур фундамента. Переходная зона является сложной структурной зоной перестроек платформенных и орогенных структур. Дистанционные исследования этой зоны направлены на поиски рудных зон, а также полезных ископаемых, связанных с корами выветривания. В настоящее время в этой зоне широко осваиваются природные ресурсы, создаются крупные промышленные территориальные комплексы, поэтому изучение ее приобретает большое значение. С другой стороны, переходная зона имеет большое значение в изучении эволюции и дальнейшего развития зон сочленения орогенных внутриконтинентальных и платформенных структур Северной и Центральной Азии.

Орогенные (III₁₋₉) структурно-геоморфологические комплексы таких систем, как Уральская (III₁), Среднеазиатско-Тянь-Шаньская (III₂), Алтае-Саянская (III₃), Забайкальская (III₄), Верхоянская (III₅), Охотско-Чукотская (III₆), Корякско-Камчатская (III₇), Сихотэ-Алинская (III₈), Таймыро-Бырянская (III₉), в связи с вертикальной природно-

Схема дистанционных исследований структурно-геоморфологических комплексов для освоения природных ресурсов



климатической зональностью, на космических снимках четко подчеркивают блоковое строение, активизацию разломов, сейсмическую активность. В пределах Байкальской внутриконтинентальной рифтовой зоны, районы, с которыми связаны молодой вулканизм и рудная минерализация, свидетельствуют о продолжении процессов активизации тектонических движений в развитии орогенных структурно-геоморфологических комплексов и внутриконтинентальных рифтовых зон. Таким образом, наложение субширотных природно-климатических зон на структурный план Сибири создает специфические, структурно-геоморфологические комплексы (см. рис. 4, табл. 2), которые четко отражены на телевизионных снимках, снятых искусственными спутниками системы «Метеор» — особенно в весенне-осенний период (см. Приложение, фото 1—4). Эти признаки необходимо учитывать при обработке изображений на ЭВМ.

Основные ландшафтные индикаторы структур при выделении структурно-геоморфологических комплексов в платформенных и орогенных областях (табл. 3) связаны со спрямленными элементами рельефа, гидросети, глубинными планетарными разломами, пересекающими разновозрастные блоки платформенных и орогенных областей; с блоковыми разломами, дизъюнктивными нарушениями внутри разновозрастных блоков; с торцовыми типами структур, тектоническими клиньями, морфоструктурными узлами разнонаправленных разломов; с перестройкой, перехватами речных бассейнов; со спрямленным характером бортов грабенообразных впадин, занятых речными долинами, озерами; с трансформоструктурными системами линейных элементов рельефа, отражающими изменения фоновых высот блоков на космических снимках. На телевизионных снимках, полученных с искусственных спутников системы «Метеор», четко отражается общий рисунок речной сети, тектонические нарушения; резкая смена тональности растительных комплексов; глубинное строение фундамента; продолжение структур горного обрамления под чехлом рыхлых отложений платформ; кольцевые образования; техногенные изменения, влияние их на развитие эрозионных процессов в рельефе и перестройке речной сети.

Все эти геоиндикационные структурно-геоморфологические и ландшафтно-индикационные признаки используются при дешифрировании аэрокосмических фотоматериалов для изучения влияния тектонических структур на современный рельеф, что необходимо для решения ряда конкретных практических народнохозяйственных задач.

Таким образом, выделение в Сибири структурно-геоморфологических комплексов и изучение их связи с природно-климатической зональностью будет иметь большое значение при распознавании геодинамических особенностей развития платформенных, орогенных структур, а также внутриконтинентальных подвижных рифтовых зон в пределах Северной и Центральной Азии.

ЛИТЕРАТУРА

- Александров С. М. Геоморфологические индикаторы тектонической активности на границах литосферных плит. — Геоморфология, 1983, № 3, с. 22—30.
- Башенниа Н. В. Формирование современного рельефа земной поверхности. М.: Высшая школа, 1967. 384 с.
- Герасимов И. П. Структурные черты рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 99 с.
- Горелов С. К. Морфоструктурный анализ нефтегазовосных территорий. М.: Наука, 1972. 215 с.
- Золотарев А. Г. Рельеф и новейшая структура Байкало-Патомского нагорья. Новосибирск: Наука, 1974. 118 с.
- Золотарев А. Г. Переходный рельеф между орогенными и равнинно-платформенными областями. — Геоморфология, 1976, № 2, с. 26—35.
- Зятькова Л. К. Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области. Новосибирск: Наука, 1977. 213 с.
- Зятькова Л. К. Структурная геоморфология Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. 198 с.

- Коржув С. С. Геоморфология речных долин и гидроэнергетическое строительство. М.: Наука, 1977. 167 с.
- Мещеряков Ю. А. Рельеф СССР (морфоструктура и морфоскульптура). М.: Мысль, 1972. 517 с.
- Рельеф Земли (морфоструктура и морфоскульптура). М.: Наука, 1967. 323 с.
- Рождественский А. П. Новейшая тектоника и развитие рельефа южного Приуралья. М.: Наука, 1971. 284 с.
- Тимофеев Д. А. Поверхности выравнивания суши. М.: Наука, 1979. 268 с.
- Флоренсов Н. А. Очерки структурной геоморфологии. М.: Наука, 1978. 237 с.
- Худяков Г. И. Геоморфотектоника юга Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 255 с.

В. И. ВИТЯЗЬ, В. В. БЕСПАЛОВ, В. Г. БЫКОВ

ДИСТАНЦИОННАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗОНАХ РАЗРЯДКИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЯХ КАМОВСКОГО СВОДА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Выявленные дистанционными методами линейные разрывы и зоны, линейные, кольцевые (дуговые) элементы разного размера обладают общностью структурного рисунка, образуя линейные, веерные, радиальные, дуго- и кольцеобразные разрывные структуры как элементы единой дизъюнктивной системы, т. е. составные части, или структурные подсистемы, создают систему, иерархически соподчинены и энергетически взаимообусловлены. Картирование разных по размеру и рисунку дизъюнктивных структур и подсистем представляет не только теоретический или научный интерес, но важно в практическом отношении, поскольку нефтегазоносные резервуары располагаются преимущественно на периферии или в седловинных областях дизъюнктивных структур и подсистем.

Камовский свод — это региональная положительная структура платформенного чехла, образующая вместе с Катангской седловиной субширотную зону поднятий Сибирской платформы. В региональном плане Камовский свод приходится на седловинную область поля плотности региональных и межрегиональных дизъюнктивов, выявленных по телеснимкам. Дизъюнктивы ранга 500—201 км протягиваются преимущественно вдоль западного, южного и восточного склонов Камовского свода с преобладающей ориентировкой параллельно склонам. Дизъюнктивные элементы ранга 200—101 км, представленные парами субпараллельных дизъюнктивов и участками перекрещивающихся разрывов, кольцевыми структурами располагаются в основном по периферии свода. Северо-западнее свода проявляется региональная область предполагаемого тектонического растяжения, представленная серией параллельных дизъюнктивов ранга 200—101 км северо-восточного простирания. Предполагаемая область растяжения северо-западного простирания совпадает с отрицательной аномалией остаточного поля силы тяжести и конкордантна структуре свода. Расстояние между субпараллельными дизъюнктивами в области растяжения 15—20, 35—50 и 60—80 км. Малые региональные и локальные дизъюнктивные элементы на телеснимках проявлены в форме кольцевых и реже — дуговых структур. С центральной частью свода совпадает полоса четырех кольцевых структур малого регионального ранга; ареалы и цепочки крупных локальных кольцевых структур располагаются преимущественно на северо-западной и юго-восточной периклиналях Камовского свода.

На космо- и аэрофотоснимках исследуемой территории фиксируются преимущественно локальные разломы и разрывные нарушения, кольцевые (дуговые) элементы и участки упорядоченной субпараллельной или веерообразной трещиноватости. Моды длин дизъюнктивов позволяют выделить ранги крупных локальных (50—21 км), средних (20—11 и 10—6 км) и малых (5—2,1 км) структурных элементов. На космоснимках мел-

кого и среднего масштаба фиксируются в основном крупные, средние локальные и единичные региональные структурные элементы, на аэрофотоснимках — преимущественно малые элементы.

На снимках разного масштаба выявлены следующие типы разрывных структур: 1) протяженные линейные и вытянутые зоны разрывных дислокаций, фиксируемые прерывистым параллельным, кулисообразным или поперечным расположением разрывных нарушений относительно малых рангов; 2) вытянутые и изометричные области повышенной плотности субпараллельных (конкордантных), поперечных (дискордантных) или разноориентированных дизъюнктивов; 3) локальные полосы и зоны упорядоченной (субпараллельной) или веерообразной систем; 4) линейные зоны кулисообразно и ортогонально расположенных трещин отрыва и растяжения; 5) кольцевые (дуговые) элементы с концентрическим или радиальным расположением разрывов за пределами кольца (дуги); 6) концентрические или радиальные разрывы внутри кольца; 7) кольцевые элементы, отчетливо совпадающие с областью повышенной или пониженной плотности дизъюнктивов; 8) линейные или вытянутые зоны преимущественно секущих трапловых интрузий; 9) вытянутые зоны пластоподобных трапловых тел; 10) трапловые массивы округлой и овальной формы или кольцевого (дугового) расположения преимущественно секущих трапловых тел и даек; 11) области радиального расположения секущих трапловых тел, даек и дизъюнктивов.

На Камовском своде и смежных площадях выявляются разномасштабные разрывные структуры: от малых локальных до средних региональных объектов. Сравнение информативности геологических карт и результатов дешифрирования космо- и аэрофотоснимков показывает, что в результате дешифрирования выявляется в 3—5 раз больше отмеченных выше типов дизъюнктивных структур. На снимках уверенно дешифрируются трапловые интрузии, пластовые и секущие, сравнительно надежно картируемые геологической съемкой. Дополнительную информацию несут дистанционные материалы относительно физического состояния интрузивных тел. На снимках перистым и пятнистым рисунком изображения проявляются, вероятно, раздробленные участки интрузий.

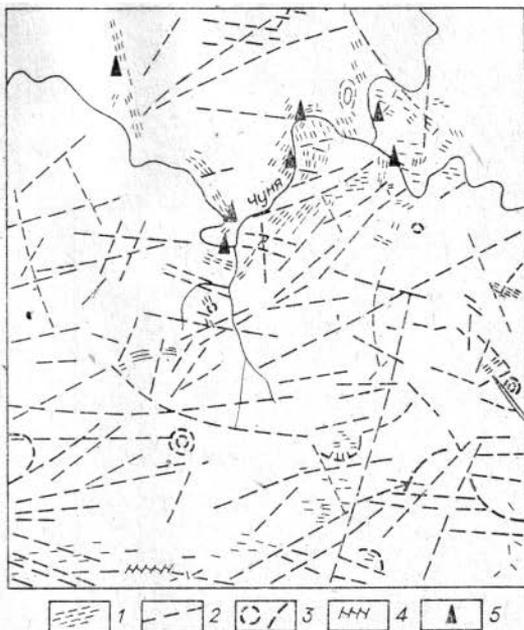
Региональные особенности Камовского свода фиксируют наиболее протяженные дизъюнктивы, интрузии и дизъюнктивные структуры. Четко проявляются субширотные дизъюнктивы, серии даек и интрузивных тел регионального и крупного локального рангов. Проявлена пространственная сгруппированность дизъюнктивных структур определенного ранга. В центральной части свода, на Куюмбинской площади, преобладают изометричные дизъюнктивные структуры ранга 10—6 км, линейные структуры ранга 20—11 км северо-восточной и меридиональной ориентировок. Для юго-западного склона свода (Оморинская, Юрубченская и Верхнетахомская площади) типичны линейные субширотные дизъюнктивные структуры ранга 50—21 км, изометричные области повышенной плотности разрывов и трапловых интрузий рангов от 20—11 до 5 км. Севернее Оморинской площади наблюдаются четыре линейные субпараллельные широтные дизъюнктивные структуры ранга 50—21 км с расстоянием между соседними объектами порядка 12—15 км.

Сравнение дизъюнктивных структур разного ранга показывает, что одноранговые структуры разного типа и однотипные объекты разных рангов пространственно совмещаются лишь в единичных случаях. Типична пространственная несовместимость структур разного типа или ранга между собой. Более того, дизъюнктивные структуры, выявленные дистанционными методами, часто не совмещаются с одноранговыми полями высокой плотности разрывных нарушений по геологической съемке и аномалиями магнитного поля и поля силы тяжести. Вместе с тем фиксируется пространственная сгруппированность одноранговых элементов признаковых полей и дизъюнктивных структур.

Дистанционные материалы Камовского свода фиксируют: пространственную сгруппированность дизъюнктивов, интрузивных тел, разрывных

Рис. 1. Размещение дизъюнктивных элементов и нефтепроявлений участка северного склона Камовского свода.

1 — зоны упорядоченной трещиноватости в верхнепалеозойско-триасовых отложениях и интрузиях, проявленные темным фототонном на космоснимках; 2 — разломы и разрывные нарушения; 3 — кольцевые и дугообразные дизъюнктивные структуры; 4 — линейные зоны относительного растяжения, проявленные ортогональными трещинами отрыва; 5 — поверхностные нефтепроявления.



нарушений и полей трещиноватости в дизъюнктивные структуры, ареальное и полосовое размещение дизъюнктивных структур одного ранга, а также пространственную несовместимость разнотипных или одноранговых объектов. Эти свойства размещения дизъюнктивов и их систем приводят к выводу об энергетической обусловленности данных систем. Иначе говоря, дизъюнктивы рассматриваемой территории и их системы представляют собой зоны разрядки полей тектонических напряжений. В самом деле, только реализация поля тектонических напряжений или волн тектонических напряжений разного масштаба — от локальных до планетарных — удовлетворительно объясняет подмеченные закономерности размещения дизъюнктивных структур.

Исследование зон разрядки тектонических напряжений фиксирует закономерное размещение нефтегазопроявлений и нефтегазоносных резервуаров на окончаниях линейных дизъюнктивных структур, по краям областей максимальной плотности дизъюнктивов и участков их упорядоченного расположения. Другими словами, участки высокой плотности дизъюнктивов, определенного размещения дизъюнктивных элементов и дизъюнктивные структуры, фиксирующие раздробленность верхней части разреза и зоны относительного рассеяния, неперспективны на нефтегазоносные резервуары. Именно на краях зон трещиноватости в нижнепалеозойских, верхнепалеозойско-триасовых и интрузивных образованиях в бассейне р. Чуи зафиксированы многочисленные нефтепроявления (рис. 1). Нефтегазоносные резервуары Куюмбинской площади располагаются на участках средней плотности дизъюнктивов и приходится на края дизъюнктивных структур локальных рангов. Зоны разрядки тектонических напряжений, проявленные изометричными и линейными дизъюнктивными структурами локальных рангов, проявляются по южной, северной и западной периферии газоносной Оморинской площади. Заметим также, что газоносная Собинская структура Катангской седловины, располагаясь на окончании линейной дизъюнктивной структуры малого регионального ранга, приходится на поле малой плотности локальных дизъюнктивов, фиксируемых на космоснимках.

Отмеченная позиция нефтегазопроявлений и газоносных площадей относительно дизъюнктивных структур может использоваться при вероятностной прогнозной оценке территории. При этом следует применять, наряду с дистанционными материалами, геофизические данные о зонах разрядки тектонических напряжений. Детальные магнитные съемки и среднемасштабная гравиразведка в пределах Камовского свода и смежных территорий существенно дополняют информацию о зонах разрядки тектонических напряжений, фиксируя особенности размещения трапловых интрузий. Анализ магнитных аномалий нередко выявляет кольцевые зоны трапловых интрузий с радиальным и концентрическим размещением ли-

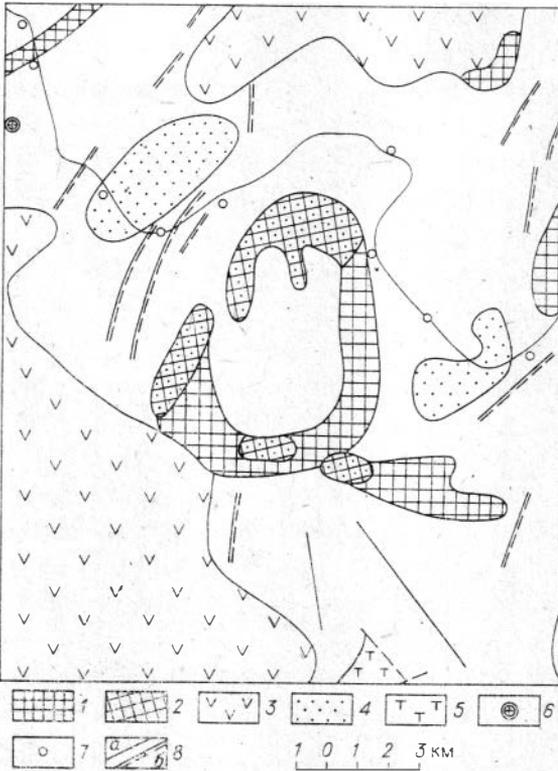


Рис. 2. Кольцевая дизъюнктивная структура и типы магнитных аномалий северного погружения Камовского свода.

1—4 — магнитные аномалии трапповых образований: 1 — отрицательные, интенсивностью до 100γ и более, соответствуют секущим трапповым телам; 2 — знакопеременные, интенсивностью $\pm 500 \pm 2000\gamma$, соответствуют секущим дифференцированным интрузиям; 3 — знакопеременные, интенсивностью от ± 50 до $\pm 200\gamma$, соответствуют покровам или пластообразным интрузиям; 4 — положительные до 500γ, соответствуют пластовым телам траппов; 5 — выходы туфов основного состава; 6 — локальные аномалии и их интенсивность (γ), соответствуют магнетитовому оруденению; 7 — пункты электроразведочных наблюдений (ЗСБ, МТЗ); 8 — линейные положительные (а) и отрицательные (б) аномалии, соответствующие дайкам траппов.

нейных элементов (рис. 2). Обращает на себя внимание тот факт, что электроразведка методами магнитно-теллурических зондирований и становлением поля в ближней зоне не только подтверждает дизъюнктивные структуры, выявляя горизонты высокой электропроводности или экраны в платформенном чехле, но и указывает на глубинный характер изменения геоэлектрических параметров разреза в зонах разрядки тектонических напряжений. На примере дизъюнктивных структур Камовского свода подмечено, что геологическая съемка, дистанционные материалы и геофизические съемки оказываются каждый раз дополнительной информацией.

нейных элементов (рис. 2). Обращает на себя внимание тот факт, что электроразведка методами магнитно-теллурических зондирований и становлением поля в ближней зоне не только подтверждает дизъюнктивные структуры, выявляя горизонты высокой электропроводности или экраны в платформенном чехле, но и указывает на глубинный характер изменения геоэлектрических параметров разреза в зонах разрядки тектонических напряжений. На примере дизъюнктивных структур Камовского свода подмечено, что геологическая съемка, дистанционные материалы и геофизические съемки оказываются каждый раз дополнительной информацией.



Рис. 3. Дизъюнктивные структуры и предполагаемые трубки взрыва севера Камовского свода.

1 — трапповые интрузии, секущие и пластовые, четко проявленные в рельефе рисунке ландшафтной ситуации; 2 — разломы и разрывные нарушения; 3 — элементы упорядоченной трещиноватости и сложности в осадочных породах и интрузиях; 4 — кольцевые (а) и дугообразные (б) геоморфологические элементы; 5 — предполагаемые трубки взрыва (стволовые структуры).

Действительно, если дизъюнктивная структура надежно проявляется в геофизических полях, то на дистанционных материалах — слабо, в виде косвенных признаков. Таким образом, только комплексный ранжированный анализ наземных и дистанционных наблюдений обеспечивает сравнительно полную информацию о дизъюнктивных структурах как о зонах разрядки тектонических напряжений и может служить основой вероятностного прогноза нефтегазоносных Резервуаров разного ранга.

Комплексный ранжированный анализ позволяет выявлять площади, перспективные на эндогенное оруденение. Последовательный анализ показывает, что в северной части Камовского свода возможно проявление дизъюнктивных, в частности, кольцевых структур, перспективных на выявление малых локальных объектов, т. е. трубок взрыва («стволовых структур», по В. В. Богацкому), (рис. 3). Нефтегазоперспективные площади приходятся на участки малой плотности линейных дизъюнктивов.

Ранжированный пространственно-статистический анализ дистанционной информации в комплексе с другими геолого-геофизическими полями позволяет прогнозировать как нефтегазоперспективные, так и рудоносные площади.

Л. К. ЗЯТКОВА

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИЗУЧЕНИИ ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРЕДЕЛАХ СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Дистанционное изучение природных территориальных комплексов прочно входит в методику структурно-геоморфологических исследований как наиболее информативный метод фиксации влияния геодинамических процессов на структуры географической оболочки. Большой интерес, особенно для морфологического анализа (экзоморфодинамики), классификации, картографирования природных территориальных комплексов, изучения ландшафтной связи в пределах структурно-геоморфологических комплексов представляют региональные космические снимки земной поверхности, отражающие ландшафтную структуру обширных территорий Сибири. Эти снимки отражают как природные ландшафтные компоненты, так и глубинные структурные особенности.

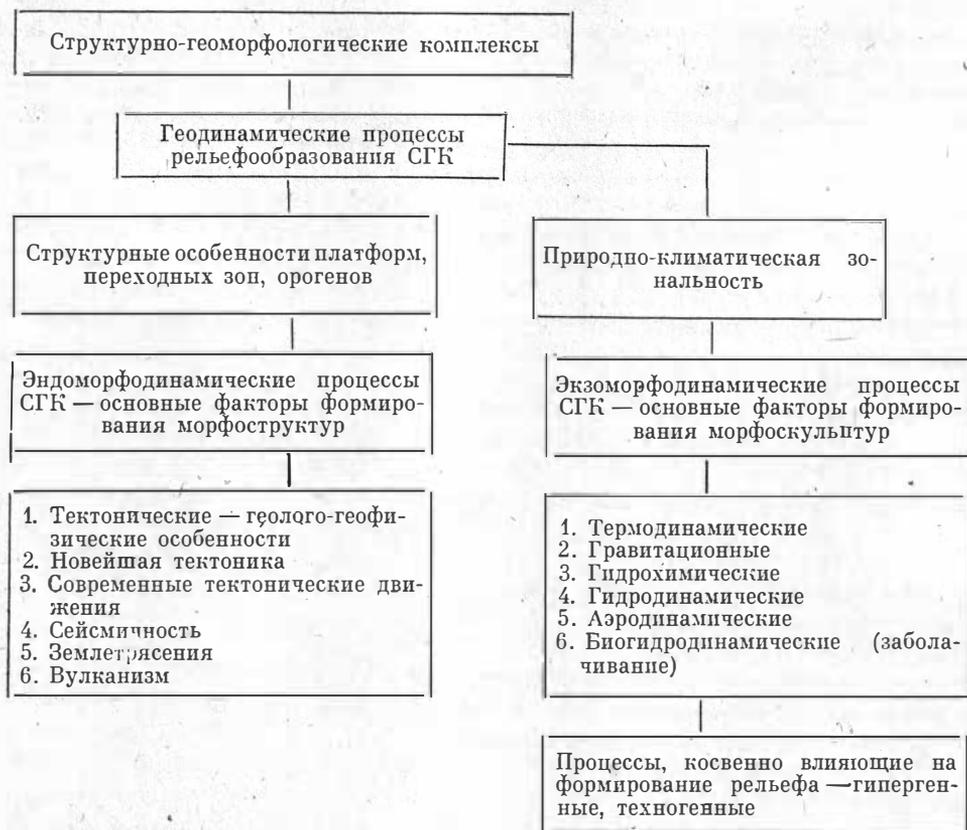
Применение дистанционных исследований в изучении динамики природных процессов, формирующих структурно-геоморфологические комплексы, имеет большое значение. В последнее время опубликовано большое количество работ по использованию космических съемок в региональных ландшафтных исследованиях, в математическом моделировании при изучении проблемы окружающей среды [Абросимов и др., 1976; Аэрометоды..., 1962; Аэрокосмическая информация..., 1979; Горшков, 1982; Григорьев, 1975; Глушко, 1983; Марчук, 1982; Мильков, 1970; Николаев, 1975; Преображенский, 1981; Ревзон, 1979, 1983; Флоренсов, 1978, 1983].

Одна из главных проблем дешифрирования аэрокосмических снимков — изучение взаимосвязи экзогенных процессов, явлений и геологических объектов, фиксируемых на аэрокосмических снимках.

Отделить результаты геодинамических процессов от объектов (форм, структур) по фототону представляет большой интерес. Для этого необходимы космические снимки разных сезонов за несколько лет.

Анализ и обработка разновременных аэрокосмических материалов позволили исследователям подразделить геодинамические процессы на эн-

Основные геодинамические процессы, формирующие структурно-геоморфологические комплексы (СГК)



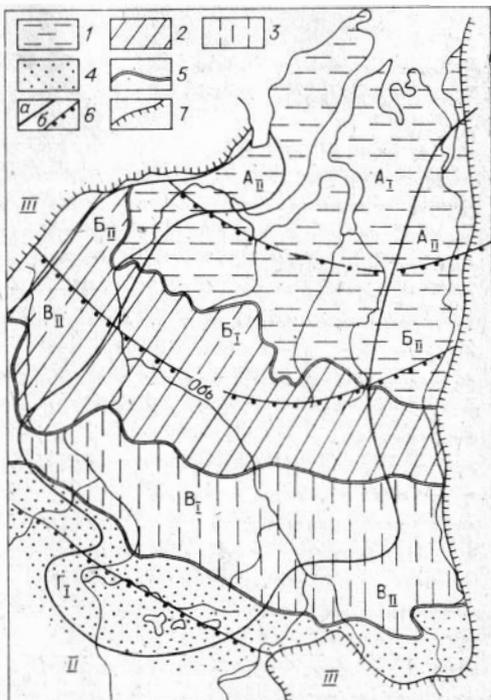
доморфодинамические, экзоморфодинамические, гипергенные, техногенные (см. таблицу). Для каждой из выделенных групп процессов были установлены определенные комплексные исследования — сочетание аэрокосмических методов с полевыми аэро-фотогеодезическими и камеральными фотограмметрическими наблюдениями, что позволило выяснить характер проявления экзогенных процессов и составить серию разномасштабных карт экзогенных процессов с учетом климатической зональности [Воробьев и др., 1979; Аэрокосмическая информация..., 1979]. Западная Сибирь — классический пример проявления широтных природно-климатических зон, а также развития различных типов структур — от платформенных на севере до активизированных, эпиплатформенных, на юге (рис. 1).

Такое сочетание исследований позволило выделить платформенные, приплатформенные — предорогенные, орогенные структурно-геоморфологические ступени, в пределах которых в зависимости от климатической зональности выделены нивальные, гумидные, субаридные структурно-геоморфологические комплексы (СГК) [Зяткова, 1977, 1979] (рис. 2).

Структурно-геоморфологические комплексы (СГК) — исторически сложившиеся и развивающиеся сочетания взаимосвязанных структур, природных объектов и явлений, обладают геолого-географическими особенностями, обусловленными как геологическим строением, так и климатической зональностью. При дистанционных исследованиях главным индикатором структурно-геоморфологических комплексов являются ландшафтно-индикационные признаки, отражающиеся на космических снимках. Выделенные нами СГК в Западной Сибири — платформенные, приплатформенные, орогенные нивально-арктические, гумидные, субаридные — четко отражаются на снимках. Каждый комплекс обладает своим

Рис. 1. Схема распространения преобладающих природных процессов.

1 — мерзлотно-солифлюкционные; 2 — эрозионно-аккумулятивные и заболачивание; 3 — линейной эрозии; 4 — суффuzionные; 5 — эрозионные, дефляционные; 6 — границы районов распространения преобладающих экзогенных процессов; 7 — границы структурно-геоморфологических ступеней и комплексов (I — платформенные, II — приплатформенные, III — предорогненные переходных зон, IV — орогенные); 7 — границы Западно-Сибирской плиты.



геолого-геоморфологическими объектами исследований и особенностями геодинамических процессов.

В зависимости от уровня генерализации снимков используются различные индикаторы ландшафтных особенностей, отражающие геодинамические процессы как структурно-геоморфологических, так и природных комплексов. Под природным комплексом понимается совокупность взаимосвязанных элементов природы, главным свойством которых является способность воспроизводить природные ресурсы [Преображенский, 1981]. Основные проблемы изучения динамики природных процессов в Сибири с помощью дистанционных исследований связаны с анализом геодинамических структурно-геоморфологических комплексов, особое внимание уделяется изучению отражения на космических снимках эндогенных, экзогенных, гипергенных и техногенных процессов, которые формируют эти комплексы (см. таблицу).

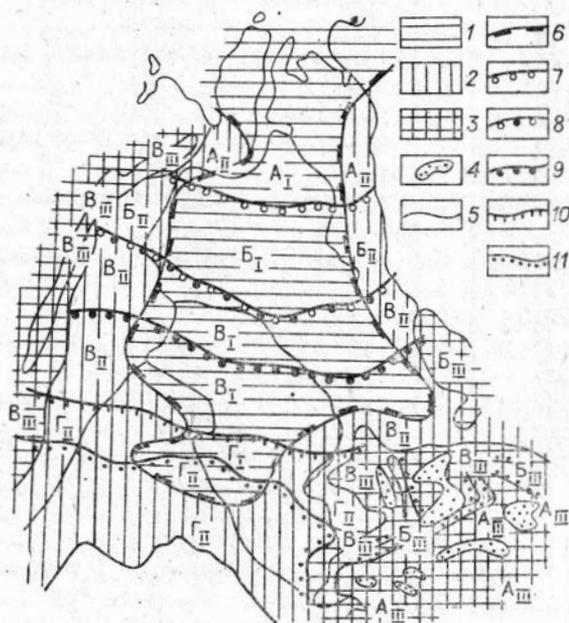


Рис. 2. Схема структурно-геоморфологических комплексов Западной Сибири.

Взаимодействие тектонического, литолого-стратиграфического и экзогенного факторов: 1 — 4 — зоны морфоструктур: 1 — Платформенная, Внутренняя, Центральная; 2 — переходная, внешняя краевая; 3 — орогенная; 4 — межгорные впадины; 5, 6 — границы: 5 — структурно-геоморфологических комплексов; 6 — внешней и внутренней зон морфоструктур; 7—11 — границы природных зон: 7 — арктических, 8 — нивально-арктических, 9 — нивальных, 10 — гумидных, 11 — субаридных. Структурно-геоморфологические комплексы (СГК). Платформенные: А_I — арктические; Б_I — нивальные; В_I — гумидные; Г_I — субаридные. Переходные: А_{II} — приплатформенные — предорогненные. Орогенные: А_{III} — высокогорно-арктическо-нивалые; Б_{III} — среднегорно-низкогорно-гумидные; В_{III} — низкогорно-гумидные.

1. Эндоморфодинамические процессы, обуславливающие влияние новейших и современных тектонических движений на формирование современного рельефа СНГ

Структурно-тектоническую обстановку необходимо рассматривать в качестве одного из главных компонентов структурно-геоморфологических комплексов. На одних уровнях исследований, например при тематическом картировании, структуры являются основным индикатором проявления новейших тектонических движений, на других — дополнительным объектом индикации [Ревзон, 1979; Горелов, 1982].

Как известно, при изучении эндогенных процессов очень важно выделить и проанализировать климатический фактор, влияющий на рельеф исследуемого региона. А. П. Дедков [1977] по этому поводу писал, что чем тщательнее анализируется влияние климата, тем точнее может быть определена «тектоническая составляющая рельефа». В результате комплексных структурно-геоморфологических исследований геоморфологи научились по формам рельефа определять ход тектонических движений. Есть все основания, как отмечал А. П. Дедков [1977], считать, что в недалеком будущем можно будет по формам рельефа восстанавливать также и смену климатов. Геоморфологический анализ с применением аэрокосмической фотоинформации станет надежным методом восстановления морфоструктурных особенностей недавнего прошлого. Поэтому очень важно выделить все те изменения, которые происходят в рельефе под влиянием, с одной стороны, экзодинамических, с другой — эндодинамических процессов; изучить связь между перестройкой глубинных структур земной коры и геоморфологическим, внешним обликом земной поверхности. При этом необходимо широко использовать геоиндикационные и ландшафтно-индикационные признаки (см. Приложение, фото 1—4).

К геоиндикационным дешифровочным признакам мы относим все те изменения в рельефе, которые связаны с геологическим строением, разломами, литологией подстилающих пород, тектоническими структурами.

К ландшафтно-индикационным дешифровочным признакам относятся резкие изменения в растительном, почвенном покрове, связанные с особенностями рельефа и тектоническим строением. Эта связь имеет большое индикационное значение, широко используется для выявления различных структур новейшей тектоники при дешифрировании аэрокосмических снимков. Как известно, объекты неотектоники в виде пликативных или дизъюнктивных структур выявляются самыми различными природными индикаторами (растительность, эрозия, дефляция и аккумуляция, особенности локализации геохимических процессов), но главное индикационное значение имеют морфологические элементы ландшафтов. Важный момент при исследовании эндогенно-геодинамических процессов — дешифрирование активизированных зон разломов, которые определяют мозаично-блоковое строение. Изучение вертикальных и горизонтальных движений особенно необходимо при выявлении размещения рудных полей вдоль активных зон глубинных разломов.

Дешифрирование космических снимков рифтогенных эндогенных движений дает новые материалы для изучения рельефа рифтовых зон, более точно выделяет рифтогенные морфоструктуры с последующим анализом их связи с геологическим строением, вулканизмом, геофизическими и другими особенностями.

В исследовании эндогенных процессов при сейсмотектоническом районировании и сейсмических исследованиях большое значение имеет морфоструктурный анализ с широким использованием данных структурно-геоморфологического дешифрирования материалов аэрофото- и космосъемки [Горелов, 1982]. Дистанционное аэрокосмическое изучение эндогенных процессов тесно связано с изучением геологически закрытых нефтегазоносных районов, особое внимание уделяется выявлению форм и элементов рельефа, которые служат индикаторами новейших тектонических движений и глубинного строения, их рассмотрению и картированию.

Существуют три точки зрения на причину проявления эндогенных индикаторов и отражения их на снимках [Гридин, 1982]. Приверженцы первой считают такой причиной механические перемещения компонентов ландшафта под воздействием неотектонических движений; глубинное строение проявляется только при унаследованном развитии структурных форм в неотектонический этап.

Сторонники второй точки зрения наряду с механическими перемещениями существенную роль в образовании индикаторов отводят геохимическим процессам, связанным с восходящими потоками газовой-жидких продуктов преобразования вещества глубинных слоев земной коры (тепловые потоки, магматогенные структуры).

Придерживающиеся третьей точки зрения основную роль в возникновении индикаторов и аномалий рельефа отводят реакции рельефообразующих процессов на локальные изменения физических полей Земли. Новейшие тектонические движения приводят к механическим перемещениям различных по составу и структуре масс земной коры, так как обусловлены локальными изменениями гравитационного, магнитного, теплового и других физических полей Земли [Гридин, 1982].

2. Экзоморфодинамические процессы, обусловленные климатической зональностью и формирующие внешний морфоскульптурный облик рельефа СНГ

Как известно, динамика экзогенных процессов, обусловленных климатической зональностью, формирует внешний морфоскульптурный облик рельефа структурно-геоморфологических комплексов. Экзогенные процессы связаны со сложной историей развития рельефа, с оледенением, с эволюцией климата. Дистанционным методам исследований экзогенных процессов в Сибири посвящено много работ [Аэрокосмическая информация..., 1979; Альтер, 1966; Граве и др., 1983; Ландшафтный метод, 1971; Ревзон, 1979; Садов, 1978; Ероменко, Кудрявцев, 1980; Николаев, 1975; Ревзон, Юровский, 1983].

А. Л. Ревзон [1983] отмечал, что основной задачей пространственного прогнозирования экзогенных процессов является предсказание места, направленности, возможного развития их активизации. А. В. Садов [1978] писал, что один из эффективных методов изучения экзогенных процессов — аэроландшафтный, позволяющий оперативно получать объективную информацию, используя материалы дистанционных съемок.

Выявлены главные ландшафтные индикаторы, или дешифровочные признаки, основных групп экзогенных процессов и характер их развития; даны рекомендации по использованию результатов дешифрирования для специального картографирования и количественной оценки экзогенных процессов. А. П. Дедков [1977], рассматривая проблемы климатической геоморфологии денудационных равнин, отмечал роль климатического фактора в морфогенезе для ледниковой, гумидной и аридной зон, проанализировал характер и интенсивность современных экзогенных процессов в различных климатических условиях; выделил основные климато-геоморфологические зоны.

К основным факторам, обусловившим экзогенные процессы, относятся гравитационное механическое действие поверхностных и подземных вод, их гидродинамическое, химическое воздействие; действие ветра (эоловое, аэродинамическое); воздействие колебания температуры (термодинамическое); совместное воздействие колебаний температуры и силы тяжести (гравитационно-термодинамическое) (см. таблицу).

Существует несколько подходов к изучению экзогенных процессов по материалам аэро- и космических фотосъемок, главными из которых являются морфологический и ландшафтный [Садов, 1978]. При морфологическом для изучения экзогенных процессов используются отдельные индикаторы, преимущественно геоморфологические: формы рельефа, их

морфометрические характеристики; ландшафтно-индикационный, применяется при изучении отдельных типов экзогенных процессов — суффозионных, оползневых, селевых, карстовых, заболачивания, засоления. Ландшафтно-индикационный подход дает возможность изучать динамику экзогенных процессов и прогнозировать их. Основой для такого изучения является представление о ландшафтно-генетических рядах. Использование ландшафтно-генетических рядов, отражающих изменение ландшафтов во времени, выявление реликтовых элементов ландшафтов позволяют определить общее направление эволюции ландшафтов и установить признаки изменения природных процессов [Садов, 1978]. В настоящее время наметился новый подход к изучению экзогенных процессов, который Ю. Г. Симонов [1972] называет морфосистемным, т. е. связанным с изучением экзогенных рельефообразующих процессов в условиях определенной морфоструктуры и ландшафтно-климатической обстановки. Этот подход дает основу для широкого использования материалов космодотосъемки при изучении экзогенных процессов [Садов, 1978; Спиридонов, 1980; Никонов, 1980].

Использование космических фотоснимков, обладающих, как известно, большой генерализацией изображения, дает возможность выявлять региональные, зональные и даже глобальные закономерности развития экзогенных процессов [Садов, 1978]. Мелкий масштаб изображения на космических фотоснимках в ряде случаев не позволяет непосредственно устанавливать формы проявления процессов, поэтому, как отмечал А. В. Садов [1978], ведущая роль принадлежит морфосистемному анализу, в первую очередь — геолого-структурному изучению взаимосвязей форм рельефа, геологического строения, состава отложений с характером и активностью экзогенных процессов и их зональными особенностями [Виноградов, 1978].

Таким образом, только комплексное использование всех указанных приемов дешифрирования материалов аэро- и космодотосъемки обеспечит наиболее полное изучение экзогенных процессов, включающее их выявление (распознавание), типизацию, картирование, районирование территории по степени активности и прогноза их развития в будущем [Садов, 1978].

3. Гипергенные (экзодинамические) процессы, обуславливающие образование гипергенных полезных ископаемых

Для изучения этих процессов большое значение имеет знание специфичности климато-геоморфологических зон, характерных для них экзогенных процессов [Коржуев, 1982]. Специфика этих процессов всецело определяется присущими данным зонам водно-воздушными (природными) факторами, которые характеризуются в первую очередь контрастными сочетаниями экстремальных значений тепла и влаги [Григорьев, 1966, 1970]. Крайний избыток или недостаток одного из компонентов, резко нарушающий динамическое равновесие природных систем, придает экзогенным процессам неустойчивость и напряженное развитие, а связанные с ними процессы химического выветривания создают гипергенные полезные ископаемые, связанные с корами выветривания в зонах новейшей минерализации.

Ю. П. Селиверстов [1982] отмечал, что морфологически выраженный эффект гипергенеза, или явление гипергенной изостазии, обусловлено уравниванием земных масс в районе поднятий (сноса), областями опускания (аккумуляции), что происходит при массовых процессах площадного корообразования и денудационного выравнивания рельефа. Неравномерно проявляющийся механизм экзогенной и гипергенной изостазии может быть положен в основу объединения эволюционного развития земной коры типа щитов, выраженных приподнятыми равнинами, низкогорными кряжами. К ним можно отнести территории Казахстана, Саулаира, Кузнецкого Алатау и других типичных щитов с прилегающими

понижениями и равнинами. С этим явлением тесно связана проблема определения величины денудационного среза и глубины вскрытия геологических тел. При этом необходимо изучать эрозионные, склоновые процессы и денудационное площадное выветривание; глубину вскрытия геологических тел, их геоморфологическое положение и принадлежность к конкретному ярусу рельефа, что поможет более точно рассчитывать и устанавливать количество снесенного материала и место его отложения [Селиверстов, 1982]. Аэрокосмические исследования природных ресурсов помогают выявлять минерализованные зоны дробления, часто освоенные интенсивной трещиноватостью, что способствует активному корообразованию, химическому выветриванию.

Принцип прогнозного геоморфологического анализа больших площадей заключается в типизации речных бассейнов, или эрозионных морфолитосистем, по Ю. Г. Симонову [1972]. На основании комплексных исследований выясняется степень металлогенической благоприятности площадей, несущих признаки рудной минерализации (рудопроявления, рудные точки, вторичные ореолы рассеяния, минерализованные зоны дробления, малые интрузии, связанные с рудным проявлением). При оконтуривании геологически благоприятных площадей учитываются структурно-геоморфологические особенности, характер денудации, величина сноса, степень эрозионного расчленения.

4. Техногенно-антропогенные процессы

Описываемые процессы связаны с влиянием человека на современный рельеф, особенно в активно развивающихся районах строительства крупных территориально-промышленных комплексов. Для прогноза динамики природной среды этих районов необходимо составлять: прогнозные карты слежения за динамикой отдельных объектов; карты долговременных прогнозов возможного проявления тех или иных процессов по аэрокосмическим материалам для обеспечения долговременного планирования освоения территории. Поэтому очень важно создавать карты прогноза нежелательных изменений природно-территориальных комплексов.

Таким образом, интенсивное использование природных ресурсов требует активного изучения динамики природной среды с помощью дистанционной информации, дающей возможность систематически наблюдать за процессами заболачивания, мерзлотными явлениями, изменениями и нарушениями почвенно-растительного покрова. При использовании аэрокосмических исследований надо четко разграничивать изучение динамики процессов, явлений и изучение конкретных объектов. Наиболее полные сведения о динамике природной среды можно получить только при комплексных аэрокосмических и наземных исследованиях.

Применение комплексных ландшафтных методов дешифрирования позволяет наиболее многосторонне и глубоко использовать космическую информацию при изучении природных процессов, облегчает взаимную проверку и уточнение результатов отраслевой интерпретации; обеспечивает успешное изучение природных ресурсов, дает возможность составить как инвентаризационные, так и перспективно-прогнозные карты структурно-геоморфологических комплексов Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

- Абросимов И. К., Востокова Е. А., Новикова Н. М. Дистанционные методы индикационного изучения подземных вод и динамики природных ресурсов.— В кн.: Ландшафтная индикация природных процессов. М.: Наука, 1976, с. 34—41.
- Альтер С. П. Ландшафтный метод дешифрирования аэрофотоснимков. М.— Л.: Наука, 1966. 86 с.
- Аэрометоды изучения природных ресурсов. М.: Гос. изд-во геогр. лит-ры, 1962. 316 с.
- Аэрокосмическая информация как источник ресурсного картографирования. Иркутск: изд. Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР, 1979. 148 с.

- Виноградов Б. В. Космические методы изучения природной среды. М.: Мысль, 1976. 286 с.
- Воробьев Б. В., Пластинин Л. А., Белов А. В. и др. Аэрокосмические методы и материалы в географических исследованиях Сибири.— В кн.: Аэрокосмическая информация как источник ресурсного картографирования. Иркутск: изд. Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР, 1979, с. 3—21.
- Глушко Е. В. Классификация современных ландшафтов по космическим снимкам.— Исследование Земли из космоса, 1983, № 3, с. 5—14.
- Горелов С. К. Роль морфоструктурного анализа в детальном изучении сейсмических явлений.— В кн.: Основные направления развития геоморфологической теории. Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1982, с. 40—42.
- Горшков С. П. Экзодинамические процессы освоенных территорий. М.: Недра, 1982. 282 с.
- Граев Н. А., Мельников П. И., Москаленко И. Г. Геоэкологические вопросы охраны ландшафтов при освоении нефтегазоносных районов криолитозоны.— Вестн. Моск. ун-та, 1983, сер. 5, с. 36—41.
- Григорьев А. А. Проблемы динамической физической географии.— В кн.: Закономерности строения и развития географической среды. М.: Мысль, 1966, с. 41—68.
- Григорьев А. А. Опыт аналитической характеристики состава и строения физико-географической оболочки земного шара.— В кн.: Типы географической среды. М.: Мысль, 1970, с. 9—73.
- Григорьев А. А. Космическая индикация ландшафтов Земли. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. 166 с.
- Гридин В. И. К вопросу о причинах и механизме образования форм рельефа, служащих индикаторами неотектонических движений.— В кн.: Основные направления развития геоморфологической теории. Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1982, с. 44—46.
- Дедков А. П. Теоретические основы современной климатической геоморфологии.— В кн.: Климатическая геоморфология денудационных равнин. Казань: изд. Казанского ун-та, 1977, с. 3—13.
- Ероменко В. Я., Кудрявцев Е. И. Сравнительный анализ ландшафтов разных сезонных аспектов при исследовании геологической информативности аэро- и космоснимков Приенисейской Сибири.— В кн.: Дистанционные методы в геологических исследованиях. Л.: изд. ВСЕГЕИ, 1980, с. 20—38.
- Зятыкова Л. К. Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области. Новосибирск: Наука, 1977. 213 с.
- Зятыкова Л. К. Структурная геоморфология Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. 463 с.
- Зятыкова Л. К., Яншин А. Л. Применение аэрокосмической информации при геологических исследованиях Сибири. Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1981. 20 с.
- Коржуев С. С. О режимах развития экзогенных процессов в экстремальных климато-геоморфологических зонах.— В кн.: Основные направления развития геоморфологической теории. Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1982, с. 68—70.
- Ландшафтный метод дешифрирования проявлений новейшей и современной тектоники для поисков погребенных нефтегазоносных структур/Мирославченко В. П., Березкина Л. И., Леонтьева Е. В., Толчельников Ю. С. Л.: Наука, 1974. 115 с.
- Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982. 317 с.
- Мильков Ф. И. Ландшафтная сфера Земли. М.: Мысль, 1970. 206 с.
- Мещеряков Ю. А. Рельеф и современная геодинамика.— В кн.: Избранные труды. М.: Наука, 1981. 275 с.
- Николаев В. А. Использование космических снимков в региональных ландшафтных исследованиях.— Вестн. МГУ. География, № 3, 1975, с. 10—14.
- Николов А. А. Человек воздействует на земную кору. М.: Знание, 1980. 47 с. (Науки о Земле).
- Преображенский В. С. Ландшафты в науке и практике. М.: Знание, 1981. 48 с. (Науки о Земле).
- Ревзон А. Л. О некоторых новых тенденциях в ландшафтной индикации гидрогеологических и инженерно-геологических условий в связи с использованием материалов космодифференциальной съемки.— Изв. Всесоюз. геогр. о-ва, 1979, № 4, с. 306—310.
- Ревзон А. Л., Юровский Б. Л. Космическая информация и прогнозирование экзогенных процессов.— Исследование Земли из космоса, 1983, № 4, с. 47—54.
- Садов А. В. Изучение экзогенных процессов аэроландшафтным методом. М.: Недра, 1978. 149 с.
- Селиверстов Ю. П. Соотношение процессов экзогенеза и эндогенеза в эволюции Земли.— В кн.: Основные направления развития геоморфологической теории. Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1982, с. 121—124.
- Симонов Ю. Г. Региональный геоморфологический анализ. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1972. 250 с.
- Спирidonov А. И. Общие и региональные проблемы климатической геоморфологии.—

В кн.: Климоморфогенез и региональный географический прогноз. Владивосток: изд. ДВНЦ АН СССР, 1980, с. 3—9.

Флоренсов И. А. Очерки структурной геоморфологии. М.: Наука, 1978. 237 с.

Флоренсов И. А. Скульптуры земной поверхности. М.: Наука, 1983. 170 с.

В. С. МИХЕЕВ, О. П. КОСМАКОВА, Т. А. ПУЗАН

ОПЫТ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ВЫБОРКИ

На Северо-Байкальский регион (СБр) составлена ландшафтная карта по материалам космической съемки (КС). Целевое назначение карты — реализовать возможности космической информации на представленный район и сопоставить новые данные, полученные при дистанционных исследованиях, с уже известными. В определенной степени такая карта позволяет применить ландшафтно-географические критерии при решении географических проблем для территорий, связанных с освоением зоны трассы БАМа.

Основная позиция исследования может быть представлена как методика «экспериментальных выборок», которая предполагает наличие КС нецелевого характера, т. е. набор случайных снимков, полученных при различных природных состояниях, без определенного программного обеспечения и при условии, когда известны топографическая основа, местные природные особенности и проведен ландшафтно-структурный анализ территории.

Основой карты является фотомонтаж в черно-белой печати, изготовленный из разновременных КС. Неоднородное изображение земной поверхности на фотомонтаже (30—50 % территории покрыто снегом и облачностью) снизило объем информации.

На картографируемую территорию имелись ландшафтная карта [Ландшафты..., 1977] и достаточно обширные сведения о природе региона [Белов, 1980; Белоусов, 1980; Музис, 1980; Преображенский и др., 1959]. Это обеспечило корректность эксперимента контроля, полученного с КС, а также штрихового рисунка и легенды. Структура легенды, разработанная по космической фотоинформации, сохранена. В нее внесены дополнения и уточнения с позиции структурно-динамического анализа геосистем [Сочава, 1967, 1980].

Для исследуемого региона характерны определенные особенности ландшафтообразования. Региональный классификационный диапазон охватывает такие геосистемы, как средне- и южно-сибирские, центрально-азиатские [Сочава, 1980]. Четко проявлено ландшафтообразующее влияние рельефа, сказывающееся как в высотно-поясных различиях, так и в подгорных местоположениях. Горная тайга дифференцируется на классы оптимального, ограниченного и редуцированного развития. Котловинные и подгорные эффекты при огромном колебании высот (до 2,5 тыс. м на протяжении десятков километров) приводят к значительному разнообразию и контрастности природных условий [Михеев, 1974]. Под влиянием рельефа и континентального климата проявляются степные тенденции, которые стимулируются деятельностью человека [Михеев, 1981]. Под влиянием воздушных вторжений формируются ареалы темнохвойной тайги и ландшафтные особенности восточно-сибирских высокогорий. Широко представлены элементы влажной лиственничной тайги, сходной с аналогами плоскогорий и равнин Якутии. Их структурно-динамическая общность определяет основные структурные пропорции возможного ландшафтного анализа выборки в границах региона. Таким образом, основное содержание карты должно отразить локальные особенности природы района, возникающие в результате пространственной дифференциации крупных целостных геоморфологических и климатических структур.

Типологический спектр региона (по состоянию изученности его природы) определяется диапазоном высотно-поясного сочетания гольцовых, таежных и степных ландшафтов, причем последние сопровождаются таежно-высокогорный комплекс возвышенностей. Разнообразная гамма других комплексов осложняет территориальную целостность спектра вследствие проявления сопутствующих закономерностей физико-географической дифференциации (секторности, ярусности рельефа, барьерно-теневого «эффекта», экспозиционности и др.), генетической сложности горных пород и разнообразия литологической основы. Картина распределения ландшафтов в плановом изображении выглядит особенно пестрой. Видимо, в природе Северо-Байкальского региона медкие по площади единицы, например географические фации, начинают играть заметную роль в проявлении географических закономерностей, не являющихся ведущими в формировании таксономически более крупных пространственно и морфологически обозначенных структур.

Выявление системы природно-пространственных структур опиралось на регионально-типологический принцип организации природной среды, детали которой, обеспечиваемые информацией КС, можно выявить, не прибегая к специальному наземному обоснованию. По содержанию он позволяет дифференцировать: горные системы, межгорные понижения. В горных системах можно выделить гольцовые, альпийские, гольцовые тундровые, кустарниковые редколесья, темно- и светлохвойные варианты тайги. В межгорных понижениях выделяются степи депрессий, луговые и болотные комплексы, а в каждом из них — варианты, отражающие все возможное информативное разнообразие. В таком виде достигается более четкая субординация выделов по общности дешифровочных свойств и структурно-генетических признаков ландшафтов. Использование регионально-типологического принципа дает возможность избежать повторов.

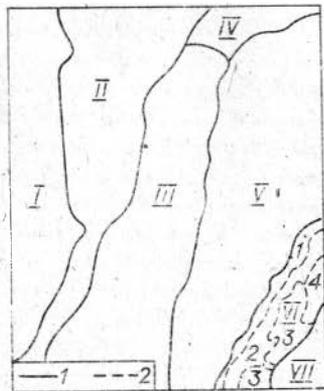
Конкретные таксономические категории по классификации, разработанной для юга Восточной Сибири [Космакова, 1981], учтенные контрольной выборкой по Северо-Байкальскому региону, составили 91 группу элементарных геосистем, устанавливаемых эмпирически по совокупности признаков компонентной структуры и 25 типов региональных особенностей ландшафтной структуры. Наиболее полные ландшафтно-типологические спектры представляют высокогорная горно-тундровая (восточно-сибирские высокогорья) и горно-таежная светлохвойная (байкало-дзугджурская листовичная тайга) группы региональных подразделений. Фрагментарно распространена южно-сибирская темнохвойная тайга, эпизодически — среднесибирский таежный равнинно-плоскогорный и центрально-азиатский котловинно-степной региональные комплексы. В целом регион является эталоном континентального таежно-высокогорного типа природной среды Северной Азии, занимающего площадь более 1,5 млн. км² [Сочава, 1962].

Извлечение информации с КС делалось на основе концепции аэрокосмофотоструктур (АКФС) [Космакова, 1981] и дифференциально-синтетического метода. Дифференциация текстуры на КС сопровождалась составлением схем иерархии структуры фототона и стереоструктуры, а также частных явлений (заозеренности, заболоченности, форм растительности, населенных пунктов, условно плакорных поверхностей и т. д.). Последние при дешифрировании использовались для обеспечения информационной емкости КС по наиболее полному числу деталей.

Работа над картой состояла из трех камеральных этапов, которые выполнялись относительно независимо: 1) составление штрихового рисунка карты и легенды по общности дешифровочных свойств и структурно-генетическим признакам ландшафтов, детали которых можно выявить по КС, не прибегая к специальному наземному обоснованию; 2) контроль легенды и штриховка рисунка по пространственной структуре природной среды, нашедшей отражение в региональном спектре ландшафтных под-

Рис. 1. Схема выделения аэрокосмофотоструктур (АКФС) Северо-Байкальского региона.

Границы АКФС первого (1) и второго (2) порядков.



разделений на карте «Ландшафты юга Восточной Сибири»; 3) идентификации легенды и штрихового рисунка с конкретными таксономическими категориями ландшафтной классификации на основе регионально-типологического принципа обобщения элементарных геосистем и их интеграции [Сочава и др., 1965; Михеев, Яшин, 1970].

На первом этапе была проведена иерархическая дифференциация текстуры КС и выделено три порядка аэрокосмофотоструктур (АКФС). В каждом порядке проведена типизация космофотоструктур по классификационным признакам.

В первом порядке структура полосчатая, состоит из семи разнотонных и разновысотных меридиональных полос (рис. 1): I — пониженная полоса серого тона соответствует части Сибирской платформы (зона Прогиба); II — повышенная белого тона соответствует части Байкальского хребта; III — черная плоская, наиболее низкая — акватории оз. Байкал; IV — пониженная серого тона — Байкальской и Кичерской котловинам; V — повышенная белого тона — части Баргузинского хребта; VI — пониженная, плоская серо-белая — части Баргузинской котловины; VII — повышенная светло-серая — части Икатского хребта.

Во втором порядке I полоса имеет пятнисто-ступенчатую АКФС, немоналитную и неоднородную. Элементы структуры ее фототона — светло-серые пятна (25 форм) на темно-сером дендрито-полосчатом фоне располагаются в пределах четырех ступеней стереоструктуры. Полосы II, V и VII первого порядка имеют дендрито-полосчатую пилообразную моналитную АКФС. На общем белом или светло-сером фоне выделяются полосы, совпадающие с долинами рек, и пятна сопровождающих их гольцовых понижений и выровненных участков междуречий. Деталь III — гладкая, плоская, IV — пятнисто-зернистая, моналитная и разнокачественная, VI — полосчато-плоскоступенчатая, моналитная и разнокачественная из четырех полос, пространственно совпадающих с подгорным шлейфом хр. Баргузин, долиной р. Баргузин (наиболее низкая), открытой и залесенной частями «куйтунов».

Все детали АКФС второго порядка (их выделено 280) внутренне различаются. В пределах фрагмента (см. рис. 1) было выделено 616 таких форм третьего порядка. Они различны по структуре фототона, стереоструктуре, размерам площади, моналитности и другим классификационным признакам.

В процессе дешифрирования обнаруживался широкий спектр частных фотогеничных явлений по наиболее полному числу деталей компонентной дифференциальной характеристики АКФС. Каждый дешифрируемый элемент получал качественную орографическую, экологическую и фототипологическую привязку. Они не рассматривались как окончательные, а обеспечивали надежность извлечения информации с КС и предполагаемый масштаб окончательной проработки. Здесь необходима дополнительная информация, обеспечивающая выявление территориальных связей и удовлетворительный способ такого изменения иерархии деталей, который привел бы к подразделению изучаемой совокупности на территориальные классы, четко распределяемые по категории местоположений. При этом должна быть проведена интеграция выявленных деталей с учетом местных условий.

Дальнейшую проработку деталей КС можно представить как «частичный региональный синтез», направленный на отображение типичных

(или нетипичных) сочетаний местных условий. Взятые вместе или по группам (в отдельных случаях с использованием дополнительных материалов), они позволили провести выборку из элементов АКФС и придать логическую «структуру» полученным пространственным данным. На основе разработанных признаков дешифрирования геосистем [Космакова, Пластинин, 1979] и полученных форм АКФС установлен порядок их соотношений на КС. Интеграция выявленных деталей третьего порядка проведена на основе однотипности монолитных АКФС (однотипные объединялись в один номер). На синтезированные «выделы» составлена экспликация, в которой для каждого номера помимо фотогеничных явлений отмечены нефотогеничные явления и процессы. Границы типов АКФС третьего порядка перенесли на основу карты, и в результате был получен первый вариант ее штрихового оригинала. По элементам АКФС был также составлен вариант легенды. На основе экспликации разработана общая трехступенчатая структура легенды и картографический язык.

На последующих этапах сделано сравнение легенды и штрихового рисунка карты, полученного с КС, с легендой территориальной выборки региона по карте «Ландшафты юга Восточной Сибири». Установлена большая (на 80%) сходимость легенд и карт. С учетом ограничений получения информации по КС разработан второй вариант легенды, отражающий более полное структурное содержание карты, и произведена идентификация легенды по материалам ландшафтного анализа территории юга Восточной Сибири. По структурно-динамическому варианту легенды внесены исправления в штриховой рисунок карты и проведен контроль его содержания. На этом завершается составление карты.

Инвентаризационный спектр типологических ландшафтных подразделений карты СБр выделен на уровне групп географических фаций (их 75), устанавливающих территориальные пропорции, которые характеризуют взаимопроникновение 15 различных регионально-типологических комплексов его географического окружения (рис. 2)*. Легенда карты сориентирована на совокупность абиотических (в отношении различных климатических и геоморфологических условий) и биогенных признаков (сведения о растительности). При этом имелась в виду не просто информация о растительности, а ее индикационное значение.

В первом подразделении структура региона может быть дифференцирована на различные объекты, отражающие наиболее «натуральные» формы АКФС земной поверхности: абиогенные (без растительности), биогенные (с сомкнутым растительным покровом), гидрогенные и антропогенные. Физиономичность гидроландшафтов, в данном случае акватории оз. Байкал, не изучалась. (Это особый территориальный класс объектов, требующий специальной классификации и качественно иной информации.)

Дальнейшее разделение выделенных совокупностей (без учета специфических деталей антропогенного воздействия) целесообразно вести по высотно-поясному расположению, так как вертикальная дифференциация стереомодели отражает основной морфоструктурный план территории (горные системы, межгорные понижения, долины, выровненные междуручья, склоны) и изменения структуры фототона, связанные, в частности, с такой же дифференциацией растительного покрова и других сопровождающих характеристик. «Абиотические» ландшафты (А) делятся на территориальные классы: A_1 — альпинотипные литогенные, островершинные скальные образования с господством явлений денудации, гравитационных процессов и форм горно-ледникового рельефа; A_2 — скально-осыпные склоны различных экспозиционных влажно-тепловых условий с разреженным растительным покровом (зона обвальнo-осыпных, мерзлотных и других интенсивных процессов); A_3 — гольцовые выровненные междуручья и понижения холодных и избыточно влажных условий с преобладанием гля-

* Материал статьи ограничен рассмотрением систематического списка в пределах ландшафтных подразделений, отражающих региональную специфику территории.

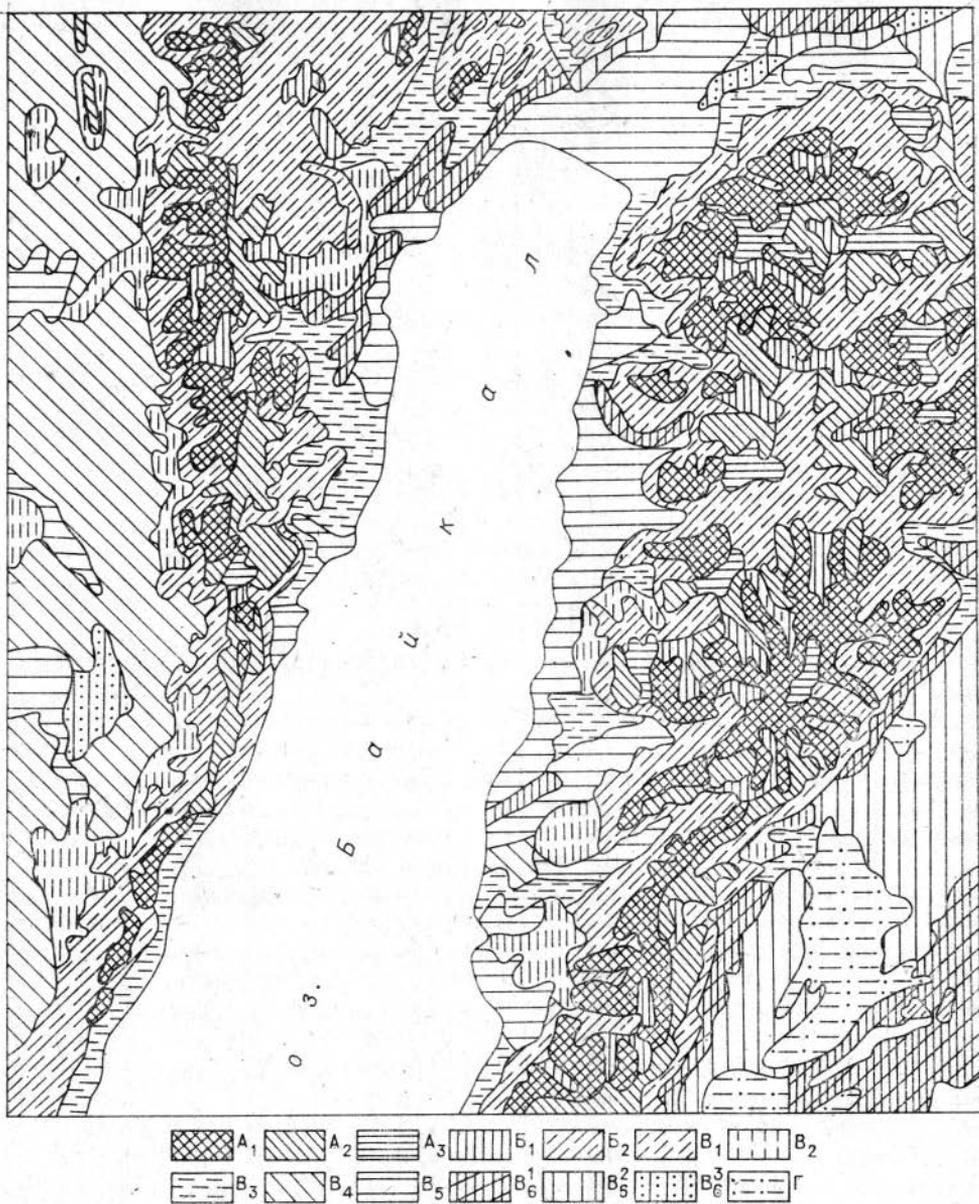


Рис. 2. Ландшафты таежно-высокогорного типа природной среды Северной Азии (на примере Северо-Байкальского региона). Пояснения в тексте.

циальных, мерзлотных и снежных процессов. Эти классы образуют группу гольцовых ландшафтов таежных высокогорий восточно-сибирского типа. Как фрагменты таежного пояса могут быть выделены: A_4 — горно-склоновые литогенные крутоскальные формы рельефа денудационного сноса разных экспозиционных влажно-теплых условий с наличием первичной растительности и A_5 — котловинно-аккумулятивные формы теплых сухих или влажных условий с явлениями развевания и перемывания рыхлых отложений и с пионерной растительностью. A_4 , A_5 (на рис. 2 они не отражены) как факторально-динамические классы таежных склоновых и котловинных ландшафтов могут быть генерализованы в составе смен таежной растительности горных склонов и подгорных местоположений с учетом тенденций развития, присущих местным природным условиям.

В таежно-высокогорном сопряжении нижнегольцовые ландшафты с сомкнутым растительным покровом (Б) могут быть подразделены на сле-

дующие классы. B_1 — горные тундры избыточно влажных и холодных условий в сочетании с фрагментами субальпийских лугов и кустарниковых сообществ нижнегольцовой полосы «перемежения». В структуре класса господствуют тундры с разобленным (каменистые россыпи, щебнистые, пятнистые и др.) и относительно сомкнутым растительным покровом (лишайниковые и кустарничково-лишайниковые, кустарничковые и травянисто-кустарничковые, моховые, травяно-моховые и луговинные), а также травяные, мохово-травяные и кустарниковые субальпийские сообщества. Более определенная закономерная вертикальная последовательность распределения различных структурных типов горных тундр в пределах голецовой полосы не дешифрируется.

B_2 — подгольцовые древесно-кустарниковые заросли с более сомкнутым растительным покровом, господством кедрового стланика и редким угнетенным древостоем. Высотная полоса их распространения неширокая, а разнообразие местных условий увеличивает число экологически различных ассоциаций, тесно связанных с растительностью как вышерасположенных собственно горно-тундровых, так и нижерасположенных горно-таежных поясов. Значительно участие редколесных типов, сопровождающих нижнюю границу полосы, но их постепенные высотные переходы выражены редко. Лесные породы на верхней границе леса, в основном лиственница даурская и кедр сибирский, по структуре фототона не дешифрируются.

Таежные среднегорные ландшафты с глубокорасчлененным эрозийным рельефом на кристаллических породах (В) образуют фоновую высотную ступень АКФС. В ее пределах на склонах горных сооружений тайга может быть подразделена на классы: B_1 — верхнего переходного пояса с относительно разреженным древостоем, B_2 — условий ограниченного развития и B_3 — нижнетаежных условий оптимального развития. Отдельные классы составили ландшафты: B_4 — предгорно-подгорные темнохвойно-таежные влажно-циклологические условия с проявлением внутривоспойной вертикальной дифференциации области равнин и плоскогорий (зона Прогиба); B_5 — горно-котловинные влажных и холодных условий инверсионного, криогидроморфного и озерно-прибрежного проявления байкало-джунгурского типа; B_6 — горно-котловинные подтаежные сухих и теплых условий аридного, барьерно-теневого и подгорного проявлений южно-сибирского типа.

При внешнем однообразии весь таежный массив дешифрируется по макромодификациям пространственно различающихся сочетаний западного, центрального и восточного районов, прежде всего в отношении различных климатических и геоморфологических условий, влияющих на структуру почвенно-растительного слоя (преобладание темнохвойной тайги в западном секторе и светлохвойной лиственничной — в восточном, усиление континентальности климата аридно-котловинным «эффектом» крупных межгорных депрессий и повышение в связи с этим лесообразующей роли сосны в древостое и т. п.). В пределах территориального класса подтаежных светлохвойных ландшафтов могут быть выделены структурно-литологические варианты: B_6^1 — горных склонов (преимущественно с сосновыми лесами, солярно-экспозиционным проявлением); B_6^2 — подгорных местоположений на песчаных равнинах и каменистых шлейфах котловин и долин (с фрагментами дуговой поймы); B_6^3 — равнинно-плоскогорного контакта (зона Прогиба) с сосновыми и лиственничными лесами, преимущественно антропогенно-производными, а также боровыми олиготрофно-ксеромезофитными режимами.

Вместе с тем специфические особенности дифференциальных характеристик тайги региона — наличие сходных модификаций тайги в различных условиях рельефа при отсутствии обязательной линейной связи с нарастанием абсолютных высот, резкая контрастность однородных местоположений по региональному иерархическому спектру, влияющая на степень дисперсии фототона разнородных участков земной поверхности и

ограничивающая технические условия фотогеничной проработки деталей, региональное изменение индикационных свойств растительного покрова (при однородном составе древостоев тайги индикационное значение начинают приобретать кустарниковые формы, виды подлеска и другие ярусы биоценотической структуры) и т. п. — оказались недостаточно избирательными и информативными при дешифрировании КС.

Самостоятельный класс (Г) представляют степные ландшафты сухих и теплых котловин, включающие фрагменты безлесных территорий (по структуре фототона такие же, как классы А₄ и А₅). На рис. 2 показаны луговые степи даурского типа, имеющие на участке преимущественное распространение и тяготеющие к центрально-азиатскому региональному комплексу.

Опыт дешифрирования СБр показал, что наиболее важным элементом «эталонирования» его ландшафтной структуры является извлечение географической информации по разнообразию иерархического содержания и отражение закономерностей, действующих на значительно большем пространстве, чем представленное. (В этом направлении необходимо развитие специализации наборов видов КС и совершенствование технических свойств фотосъемочной техники.) В нашем варианте использовалась методика «сопоставления выборки карт», т. е. производилась выборка из элементов исходной карты и сопоставлялась с картой, составленной по КС. Связанная с отбором неполнота окончательного варианта имеет как преимущества (концентрация внимания на наиболее важных деталях «эталона»), так и недостатки (ограничения, наложенные исходным материалом КС).

Дешифрирование КС и картографирование ландшафтной структуры на его основе прежде всего должны быть направлены на выявление разнообразия местных условий. В отношении сибирских регионов данная информация является и целевой — здесь в непосредственном соседстве нередко представлены ландшафты, дающие разные возможности для хозяйственной деятельности. Дифференциально-синтетический метод позволяет при этом учесть не только многофакторные проявления природы. В еще большей степени он должен способствовать выделению главных, имеющих значение для человека сведений о территории. Поэтому сканирование дифференциальных характеристик земной поверхности космической съемкой должно исходить не из необходимости постоянства традиционных наборов съемки (они могут быть обременительными для оперативного дешифрирования конкретных объектов), а из их избирательного диапазона, позволяющего «расшифровать» региональную специфику природы. Именно такой подход позволит в дальнейшем представить экспериментальные эталоны как «дешифровочные паспорта» земной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

- Белов А. В. Опыт составления среднemasштабной карты растительности Северного Прибайкалья на основе аэрокосмической информации. — Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 97—102.
- Белусов В. М. Изучение сдвиговых деформаций по космическим снимкам. — Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 61—64.
- Космакова О. П. Проблемы исследования структурной организации региональных геосистем по аэрокосмическим снимкам. — В кн.: Аэрокосмические методы в географических исследованиях Сибири и Дальнего Востока. Иркутск: изд. Института географии СО АН СССР, 1981, с. 31—47.
- Космакова О. П., Пластинин Л. А. Системы и признаки дешифрирования геосистем на аэрокосмических фотоснимках. — В кн.: Аэрокосмическая информация как источник ресурсного картографирования. Иркутск: изд. Института географии СО АН СССР, 1979, с. 30—42.
- Ландшафты юга Восточной Сибири (карта). М-б 1:1500000/Михеев В. С., Ряшин В. А. М.: ГУГК, 1977. 4 л.
- Михеев В. С. Верхнекарская котловина. Новосибирск: Наука, 1974. 144 с.
- Михеев В. С. Ландшафтно-географическое обеспечение региональных программ освоения (на примере западного участка БАМ). — В кн.: Региональное использование и охрана природных ресурсов Сибири. Новосибирск: Наука, 1981, с. 36—58.

- Михеев В. С., Ряшин В. А. Принципы и методика составления карты ландшафтов Забайкалья.— В кн.: Проблемы тематического картографирования. Иркутск: изд. Института географии СО АН СССР, 1970, с. 183—192.
- Музис А. И. Возможности использования аэрокосмической информации при картографировании рыхлого покрова зоны БАМ.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 87—92.
- Преображенский В. С., Фадеева Н. В., Мухина Л. И., Томилев Г. М. Типы местности и природное районирование Бурятской АССР. М.: Наука, 1959. 218 с.
- Сочава В. Б. Географические аспекты научного обоснования планомерного освоения тайги.— Докл. Института геогр. Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1962, вып. 1, с. 3—11.
- Сочава В. Б. Структурно-динамическое ландшафтоведение и географические проблемы будущего.— Докл. Института геогр. Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1967, вып. 16, с. 18—31.
- Сочава В. Б. Географические аспекты сибирской тайги. Новосибирск: Наука, 1980. 256 с.
- Сочава В. Б., Михеев В. С., Ряшин В. А. Обзорное ландшафтное картографирование на основе интеграции элементарных геосистем.— Докл. Института геогр. Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1965, вып. 10, с. 9—23.

В. А. БЕЛЯЕВА, А. П. БОРТНИКОВА,
Н. П. ЗАПИВАЛОВ, З. Д. СТОГНИЕНКО

ВЫЯВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПОИСКОВ НЕФТИ И ГАЗА НА ЮГЕ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМОСНИМКОВ И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Решение вопроса о глубинном геолого-тектоническом строении Западно-Сибирской плиты имеет важное научное и практическое значение для планирования геолого-разведочных работ на нефть и газ. В объединении «Новосибирскгеология» при поисках нефти и газа применяются дистанционные методы. Главные усилия при этом направлены на детальное изучение геолого-тектонического строения доюрского комплекса пород и прогнозирование нефтегазоперспективных структур в пределах Новосибирской и Омской областей.

По-видимому, при прогнозировании месторождений нефти и газа основное внимание должно быть направлено на выявление участков земной коры с наиболее интенсивным проявлением эндогенной энергии, на определение ее признаков и форм. Поскольку эндогенные процессы выражают себя как структурообразующий фактор и приводят к разрушению земной коры, то такой прогноз возможен на основе идентификации эндогенных процессов по структурам разрушения уже на стадии анализа изображений земной поверхности, полученных дистанционными методами [Василевский, 1982]. Прогнозирование основано на анализе причин и форм эндогенного процесса, оценке его по интенсивности и глубине проявления, обеспечивающих установление поисковых признаков, необходимых для обнаружения нефти и газа.

В практической работе геологов при дешифрировании космических снимков наметились три основных направления. Наиболее популярное из них основано на преимущественном дешифрировании линейных элементов ландшафта — прямолинейных линеаментов и кольцевых образований, которые на стадии интерпретации сопоставляются со структурными картами разных опорных горизонтов. Не менее распространен аналоговый метод дешифрирования, на котором основаны прямые поиски полезных ископаемых. Он заключается в выявлении закономерностей размещения на снимках прямолинейных и кольцевых аномалий в районе известных месторождений и в прогнозировании этих полезных ископаемых в других подобных ситуациях, выявленных в данном регионе.

Наименее распространен ландшафтный метод, основанный на сравнительном анализе фототона и рисунка фотоизображения различных полей и опирающийся на то, что одинаковые геологические объекты отображаются в ландшафте одинаково, а различные — по-разному [Мирошниченко, 1967]. Этот метод очень трудоемкий по сравнению с двумя другими, с чем, по-видимому, и связано его меньшее применение. Но вместе с тем он наиболее результативен при решении вопросов глубинного геокартирования, поэтому в слабо изученных районах с очень сложным геологическим строением применяют именно этот метод.

В основу наших исследований положен метод ландшафтного дешифрирования. При анализе ландшафтов обращалось внимание не только на их фотографическое отображение на снимках, но и на расположение в плане, что дало возможность выделить кольцевые образования и прямолинейные структуры, которые в дальнейшем были использованы при интерпретации результатов дешифрирования.

При ландшафтном дешифрировании использовались разномасштабные космоснимки. Разномасштабное дешифрирование позволило изучить ландшафтные таксономические единицы всех рангов и использовать их в качестве индикаторов различных структурно-геологических объектов — от крупных геоблоков земной коры до локальных структур. В наших условиях эта задача вполне разрешима, несмотря на большую мощность перекрывающих мезозойско-кайнозойских отложений.

При сопоставлении результатов ландшафтного дешифрирования с материалами сейсморазведки было замечено, что повышенные участки земной поверхности отражают поднятия в рельефе доюрского комплекса пород, а понижения соответствуют впадинам в доюрском рельефе (отражающая граница «Т»). На большей части территории устанавливается прямая зависимость также между современным рельефом и рельефом поверхности складчатого фундамента (преломляющая граница «Ф»). Такую зависимость мы объясняем унаследованностью развития данной территории.

Вопрос об унаследованности развития погребенных структур в пределах Западно-Сибирской плиты до сих пор остается спорным. Многие исследователи подчеркивают, что перестройка структурного плана в неотектонический этап развития плиты привела к осложнению погребенных структур, а в некоторых случаях — даже к инверсионному их развитию. Не отрицая в целом возможность инверсионного развития структур в пределах плиты, мы пришли к выводу (как указывалось выше), что в пределах исследуемой нами территории древние погребенные структуры находят прямое отражение в ландшафтах современной земной поверхности. По-видимому, в голоценовую эпоху древние структуры наиболее активизировались и посредством тектонических движений начали оказывать влияние на формирование современных ландшафтов. По комплексу ландшафтных признаков определяется рельеф современной поверхности.

При выделении структур в складчатом фундаменте использовались в основном снимки среднего разрешения, поскольку на них лучше отображается строение фундамента.

Однако современная поверхность исследуемой территории характеризуется очень слабой расчлененностью и почти всегда на снимках среднего разрешения выглядит монотонным серым пятном. Лишь на некоторых весенне-осенних снимках проявляется все многообразие присущих ей микроформ рельефа: болот, озер, высохших озерных котловин, колков, лесных массивов, древних ложбин стока, хорошо выраженных грив и слабых плоских повышений. Визуально на таких снимках не всегда удается точно оконтуривать выделяемые, различные по ландшафтным признакам, участки. Для улучшения фотоизображения была использована оптико-электронная обработка снимков на ЭВМ. После ряда операций, связанных с усилением контрастности снимков, с более высокой долей достоверности выделился ряд повышений и понижений в современном рельефе. При даль-

нейшей интерпретации мы исходили из того, что осадочные породы в процессе осадконакопления тяготеют к пониженным участкам древнего рельефа, а при последующих эрозионных процессах сильнее подвергаются разрушению, нежели магматические породы, в связи с чем при унаследованном развитии и на земной поверхности должны отображаться в виде отрицательных форм рельефа. Различные магматические породы и породы геосинклинальных поясов создают более положительные формы рельефа. Таким образом, одинаковые или близкие по генезису и вещественному составу породы должны характеризоваться на современной дневной поверхности набором генетически однородных форм рельефа, хотя и не исключены случаи различных осложнений.

При детализации геолого-тектонического строения доюрского комплекса пород был сделан тщательный анализ лито- и морфогенеза современного ландшафта. Например, древние ложбины стока как в целом морфогенетически однородные ландшафты подразделены на группы по преобладанию в их днищах современных осадков различного генезиса: болотных отложений низинного или верхового типов, заболоченных сложенных суглинками низких пойм и т. д. Среди комплекса гривного рельефа выделены участки с преобладанием ярко выраженных грив с заболоченными понижениями, например участки озерно-болотных отложений с редкими гривами и т. д. Таким образом, по морфогенетическим признакам ландшафтов выделены достаточно крупные блоки, в пределах которых с учетом литогенетических признаков произведена более дробная дифференциация (рис. 1).

По расположению в плане выделенные ландшафты подразделяются на ряд групп. Одни из них имеют изометричные очертания и группируются в крупные поля изометричной формы. Среди таких ландшафтов по признакам центральной симметрии [Соловьев, 1978] выявлены морфоструктуры центрального типа, связываемые нами с проявлением на современной поверхности разновозрастных древних палеовулканических построек, и кольцевые образования, соответствующие эрозионно-тектоническим выступам в рельефе доюрских пород, обусловленные, по-видимому, наличием магматических пород.

Среди центральных морфоструктур выделено четыре типа, которые по мере уменьшения диаметра подразделяются на морфоструктуры I, II, III и IV порядков. Морфоструктуры I порядка являются наиболее крупными, между ними трассируются основные зоны разломов. По-видимому, эти морфоструктуры представляют собой древние палеовулканические постройки, составившие центральные части блоков древней стабилизации. Наиболее крупные на нашей территории — Чановская и Иртышская морфоструктуры (рис. 2), но они по-разному проявляются на современной поверхности. Иртышская морфоструктура представлена в основном концентрическими составляющими, а Чановская — радиальными. Кроме того, Чановская морфоструктура в большей степени осложнена морфоструктурами II и III порядков, располагающимися в ее периферийной части, тогда как для Иртышской морфоструктуры характерно обилие мелких кольцевых образований (IV порядка), связанных с гранитоидными интрузиями. Обе эти морфоструктуры находят отражение в рельефе по преломляющей границе «Ф» (поверхность складчатого фундамента), несмотря на то, что рельеф складчатого фундамента по данным сейсморазведки отрисован далеко не детально.

Крупные морфологические элементы (положительные и отрицательные структуры I и II порядков) в целом или фрагментарно являются блоками центральных морфоструктур, причем наблюдается не просто приуроченность к тому или иному блоку, но и радиальная ориентировка структурных форм, приуроченность генетически связанных с морфоструктурами разломов к градиентным зонам.

Наиболее морфологически выраженной в древнем рельефе является Чановская структура, занимающая обширную площадь. Она представле-

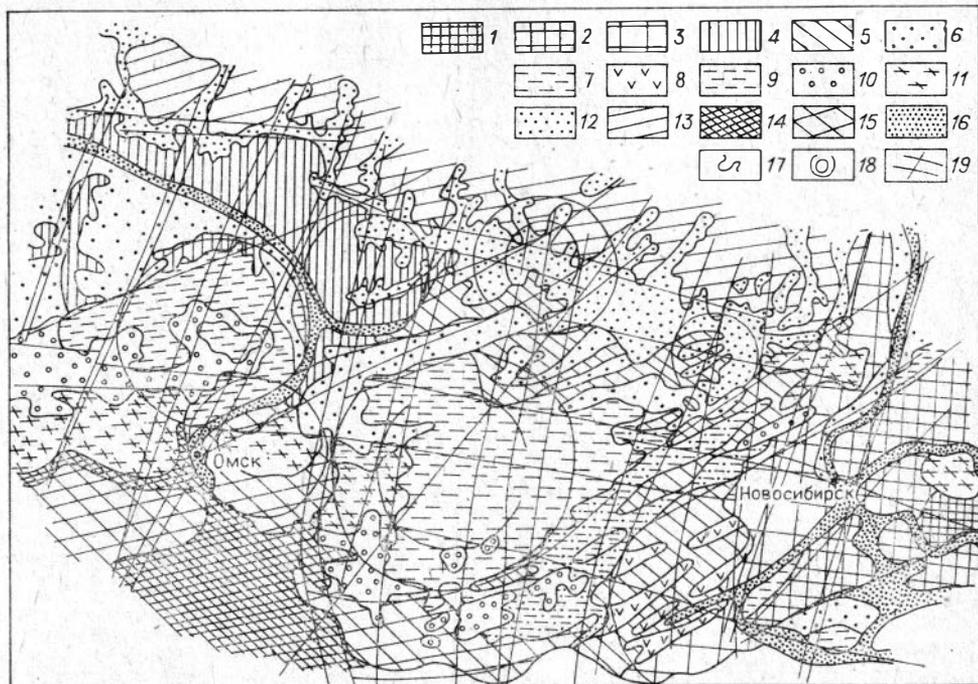


Рис. 1. Карта ландшафтов современной поверхности юга Западно-Сибирской плиты. 1 — поверхность главного водораздела и склонов северо-западного окончания Салаирского кряжа, сплошь залесенных, интенсивно расчлененных; 2 — водоразделы и склоны междуречий правобережного Приобья и Присалаирской равнины, расчлененные разноориентированными оврагами, балками, эрозионными бороздами и рытвинами, частично занятые комплексом пашен, лугов и березовых колосок; 3 — приподнятая слабо расчлененная поверхность левобережного Приобья с комплексом сельскохозяйственных земель, лугов и березовых колосок, в понижениях заболоченная и залесенная; 4 — таежно-болотная равнина центральной части Обь-Иртышского междуречья, расчлененная слабо врезанной гидросетью, с комплексом верховых и переходных болот на водоразделах, низинных болот и заболоченных лесов на склонах; 5 — повышенная таежно-болотно-рямовая равнина Васюганского плато с идеально ровной сплошь заболоченной поверхностью, расположенная в зоне постоянного избыточного увлажнения с глубиной залегания грунтовых вод 0—3 м; 6 — широкие плоские, сплошь залесенные увалы Притарской равнины, разобоченные узкими глубоко врезанными реками; 7 — водоразделы Картгатской равнины, на повышенных участках сплошь распаханнные, в понижениях залесенные и заболоченные; 8 — слабо выраженные древние ложбины стока Картгатской равнины, ложбины и увалы Ишим-Иртышского междуречья и террасы р. Оби, занятые комплексом низинных и верховых болот; 9 — древние ложбины стока Картгатской равнины с широкими днищами, занятыми низкими террасами современных рек, сложенными суглинками и заболоченными; 10 — узкие, хорошо выраженные древние ложбины стока Картгатской равнины; 11—13 — Барабинская низменность: 11 — ландшафты гривного рельефа, характеризующиеся чередованием четко выраженных грив с озерами в межгривных понижениях и редких слабо выраженных грив на фоне обширных заболоченных понижений; 12 — обширные хорошо выраженные понижения с плоскобугристым микрорельефом, с множеством мелких озер в понижениях; 13 — плоские бессточные понижения, участками залесенные и заболоченные; 14, 15 — Приказахстанская равнина: 14 — приподнятая, сплошь распаханная поверхность, исключительно плоская, с широко развитыми процессами ветровой эрозии; 15 — плоская распаханная поверхность, осложненная незначительными понижениями; 16 — аккумулятивные аллювиальные, делювиальные, делювиально-пролювиальные, частично заболоченные поверхности пойм и низких террас рек Оби, Иртыша и их притоков; 17 — морфоструктуры центрального типа; 18 — наиболее крупные прямолинейные линейменты; 19 — тектонические нарушения.

на многочисленными разноамплитудными блоками, которые выделены геофизическими методами и укладываются в систему радиально-концентрических разломов морфоструктуры. Самые контрастные формы рельефа этой структуры приурочены к периферийным центрам. К центральной части приурочено обширное понижение в рельефе.

Выделенные морфоструктуры центрального типа еще лучше отражены в рельефе доюрского комплекса пород (отражающая граница «Т»), особенно в тех его районах, где изогипсы проведены уверенно. Сказывается, по-видимому, детальность, с какой построена эта эрозийная поверхность: изогипсы по отражающему горизонту «Т» проведены через 0,1 км, т. е. в 10 раз точнее, чем по поверхности складчатого фундамента. Распределение и очень часто ориентировка структур II и III порядков, как положительных, так и отрицательных, контролируется концентрическими и радиальными элементами центральных морфоструктур.

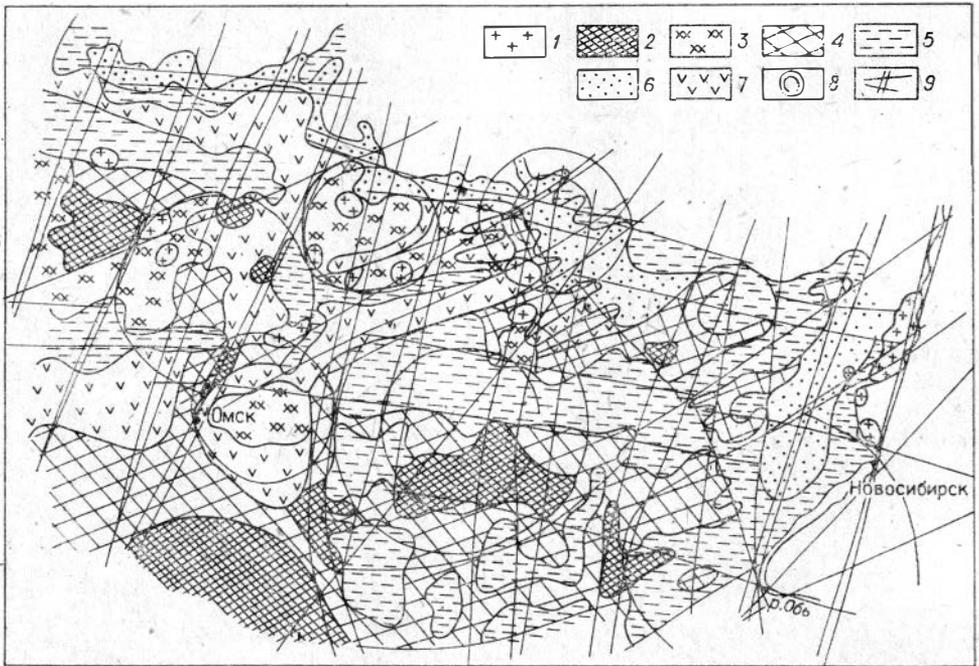


Рис. 2. Космогеологическая схема строения поверхности доюрского комплекса пород. 1 — гранитные интрузии, выделенные по комплексу дешифровочных признаков и данных бурения; 2 — участки проявления палеозойского магматизма; 3 — площади интенсивного проявления палеозойского и триасового магматизма; 4, 5 — поля развития вулканогенно-осадочных пород палеозоя с преобладанием вулканогенного (4) и терригенного (5) компонентов; 6 — зоны развития в основном терригенно-карбонатных пород палеозоя; 7 — покровы вулканогенно-осадочных пород триаса на вулканогенно-осадочных породах палеозоя; 8 — структуры центрального типа; 9 — тектонические нарушения.

Однако при общей сохранности положения блоков относительно друг друга в пределах морфоструктур перепад высот между блоками по отражающему горизонту «Т» уменьшился до сотен метров, тогда как по горизонту «Ф» он составлял километры, т. е. чем глубже расположен опорный горизонт, тем более яркое выражение в нем находят элементы центральных морфоструктур, выделенных на современной поверхности с помощью космоснимков. По-видимому, морфоструктуры центрального типа являются отражением глубинных центральных структур. Наиболее крупные из них, возможно, имеют мантийные корни.

Такое детальное сопоставление морфоструктур центрального типа со структурными картами по глубоким опорным горизонтам позволяет не только сделать вывод об их глубинном происхождении, но и попытаться восстановить историю их развития. Так, ослабление периферийной части Чановской морфоструктуры кольцевыми структурами II и III порядков и наличие здесь наиболее контрастных форм рельефа по глубоким опорным горизонтам могут свидетельствовать о большой тектонической активности и выходах большого количества магмы в краевых частях морфоструктуры, что могло привести к образованию глубокой кальдеры проседания и накоплению большой мощности осадочных пород в центральной ее части.

Обилие в пределах Иртышской морфоструктуры кольцевых образований IV порядка, по-видимому, отражает неоднократное проявление магматизма в ее пределах, в силу чего она имеет куполовидную форму. Северная и южная части морфоструктуры, очевидно, были вовлечены в погружение субширотными зонами расколов и перекрыты верхнепалеозойскими вулканогенно-осадочными породами. Центральная часть сохранилась в виде гряды, имеющей название Старосолдатского мегавала, и подчеркивается разломами северо-западного направления, связанными с завершением каледонской фазы складчатости в Казахстане.

Другая категория ландшафтов группируется в узкие линейно вытянутые слабо выраженные понижения субширотного и северо-восточного направлений, выполненные болотными отложениями, которые по результатам сопоставления с данными сейсморазведки соответствуют депрессионным зонам в рельефе доюрского комплекса пород в целом и складчатого фундамента в частности.

Мы такое соответствие связываем с наличием в рельефе доюрских пород в данном районе депрессионных зон, обусловленных либо зонами разуплотнения, либо наличием грабенов в породах палеозоя. Наиболее крупная зона северо-восточного направления выделена в восточной части территории и названа нами Чулымской (см. рис. 2). Она проходит вдоль рек Каргат и Чулым почти до оз. Чаны, а затем изменяет свое направление и проследивается почти в широтном направлении до р. Иртыш. К сожалению, данная депрессия пересечена только одним региональным сейсмическим профилем. В пределы депрессии не попала ни одна из точек зондирования, но на этом профиле она выражается в погружении преломляющей границы «Ф» на сопредельных участках в сторону депрессии от 7—8 до 10 км.

В рельефе доюрского комплекса пород (по отражающей границе «Т») над депрессией отмечается довольно ровная площадка, ограниченная с юго-востока градиентной зоной, обусловленной, по-видимому, наличием крупного разлома, выраженного в рельефе палеозойских пород.

В центральной части территории выделена крупная зона ландшафтов^В, протягивающаяся в субширотном направлении от г. Новосибирска на востоке до г. Тобольска на западе. При общей исключительной выровненности рельефа эта зона отличается расчлененностью и расценивается нами как повышенная гряда в современном рельефе. Она выделяется и в рельефе складчатого фундамента (преломляющая граница «Ф») в виде возвышенности, разбитой серией субмеридиональных разломов на ряд разнопогруженных блоков, и является естественным северо-западным продолжением Салаирского антиклинория, составляя с ним единую структуру. Учитывая герцинский возраст складчатости в пределах Салаирского антиклинория с выходами салаирид в ядрах антиклинальных складок и байкальский возраст пород, вскрываемых глубокими скважинами в районе г. Тобольска, мы сочли возможным выделенную нами гряду отнести к тектонической структуре — зоне салаирской складчатости.

Кроме того, выделены субмеридиональные Колтогорско-Уренгойский и Приобский грабен-рифты и зоны повышенной тектонической активности. Они установлены в основном по резкой смене по простиранию одних ландшафтов другими, реже — по меридиональной ориентировке контуров ландшафтов (см. рис. 1, 2).

Эти структуры отражены и в материалах, полученных сейсморазведкой. Например, Колтогорско-Уренгойский грабен-рифт на региональных сейсмических профилях прослеживается в виде погружения по преломляющей границе «Ф». В пределах зон повышенной тектонической активности более четко прослеживается граница «Ф», что может свидетельствовать об увеличении плотности пород в этих зонах. По поверхности доюрского комплекса в пределах зон скважинами вскрываются породы более древнего возраста, чем на прилегающих площадях. По-видимому, субмеридиональные зоны повышенной тектонической активности приурочены к горстовым поднятиям с выходом как на поверхность складчатого фундамента, так и на поверхность доюрского комплекса более древних пород, характеризующихся большей степенью консолидации, что и создает эффект большой плотности.

Выделение глубинных объектов типа центральных структур различного генезиса, возраста и истории развития субширотных и северо-восточных депрессионных зон помогло выявить узлы многократного проявления магматизма и глубокие депрессии, выполненные вулканогенно-осадочными отложениями; оконтурить поля развития покровных триасовых отложений (см. рис. 2).

Анализ полученных материалов и результатов глубокого бурения позволил сделать вывод о том, что все выявленные на исследуемой территории месторождения и проявления нефти и газа находятся в зоне Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта. Приобский рифт, выделенный в восточной части территории, видимо, должен играть такую же роль в формировании месторождений нефти в левобережном Приобье, как и Колтогорско-Уренгойский — на западе. К сожалению, эта часть территории абсолютно не изучена не только в отношении нефтегазоносности, но и в отношении ее глубинного геолого-тектонического строения. Вместе с тем нам она представляется не менее перспективной, чем центральная и западная части территории.

Кроме того, замечено, что все месторождения и проявления нефти в той или иной мере связаны с депрессионными зонами субширотного и северо-восточного направлений, а наиболее крупные нефтяные месторождения контролируются еще и субмеридиональными зонами повышенной тектонической активности и структурами центрального типа. Таким образом, если говорить о критериях, необходимых для обнаружения нефти в исследуемом районе, то, по-видимому, надо говорить о наличии узлов пересечения субширотных и северо-восточных депрессионных зон с субмеридиональными зонами повышенной тектонической активности. Роль центральных структур как нефтепоискового признака в исследуемом регионе пока до конца не выяснена. Работы в этом направлении продолжаются.

ЛИТЕРАТУРА

- Василевский М. М. Структуры разрушения и прогноз рудоносности. М.: Наука, 1982. 551 с.
- Мирошниченко В. П. Актуальные задачи развития аэрометодов в исследованиях природных условий и ресурсов. — В кн.: Ландшафтный метод дешифрирования проявлений новейшей и современной тектоники для поисков погребенных нефтегазоносных структур. Л.: Наука, 1967, с. 312—319.
- Соловьев В. В. Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-морфологического анализа. М.: изд. ВСЕГЕИ, 1978. 111 с.

II раздел

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ КОСВЕННЫХ ИНДИКАТОРОВ ОСОБЕННОСТЕЙ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА

С. М. ОВЧИННИКОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Оценка состояния земельных ресурсов и своевременный прогноз их качественного и количественного изменения при освоении новых районов Западной Сибири — одна из актуальных задач.

Работы по инвентаризации земельных ресурсов [Уфимцева, 1972; Караваяева, 1973; Гаджиев, Овчинников, 1977; Добровольский и др., 1981], хотя и дали подробный материал, освещающий специфику развития почв в среднетаежной подзоне Западной Сибири, но явно недостаточны для решения ряда вопросов хозяйственного освоения этих районов. Применение традиционных наземных методов изучения в таежных ландшафтах Западной Сибири — дело исключительно сложное, требующее много сил и средств. Развитие космической техники и создание разноцелевых искусственных спутников Земли, орбитальных станций открыли новые возможности дистанционного изучения природных ресурсов в целом и почвенного покрова в частности [Виноградов, Кондратьев, 1971; Андроников, 1979; Корсунов и др., 1979].

В последнее десятилетие стали совершенствоваться ранее разработанные методы дешифрирования, от описания характеристик объекта исследования перешли к анализу количественных показателей. В свет вышло несколько методических руководств по картографированию почвенного покрова с применением материалов аэросъемки [Крупномасштабная картография почв, 1971; Афанасьева и др., 1977].

В это же десятилетие получило развитие новое научное направление, в котором при изучении почвенного покрова и сельскохозяйственных ресурсов применяются данные космической съемки. Как указали в 1971 г. Б. В. Виноградов и К. Я. Кондратьев, создается новая отрасль науки — космическое земледование.

При тематическом картографировании с использованием аэрокосмических снимков, как правило, применяют ландшафтный принцип индикации [Исаченко, 1964; Лукичева, 1972; Толчельников и др., 1976; Киреев, 1977]. Этот принцип расшифровки взаимообусловленности и взаимодействия природных комплексов наиболее правильный, поскольку «...разделение территории на географические районы — ландшафты — это не только совмещение данных по геологии, рельефу, климату, тектонике, Почвам, растительности, животному миру данной территории, но и анализ взаимодействия всех исторически обусловленных процессов, идущих в ландшафтах» [Лукичева, 1972, с. 5].

При изучении почв таежных ландшафтов по материалам аэрокосмической съемки необходимо исходить из основного положения, высказанного В. В. Докучаевым, о том, что почва является зеркалом географического ландшафта.

На фотоизображении аэрокосмических снимков находят отражение главным образом такие факторы почвообразования, как рельеф, расти-

...и на разногодичных снимках можно проследить и временную динамику процессов, произошедших в ландшафте. В связи с этим дешифрирование почв в своей основе базируется на сравнительно географическом анализе фотоизображений природного ландшафта [Седых, 1981].

Дешифрирование аэрокосмических снимков с ландшафтных позиций должно обязательно использовать закономерные сочетания растительности и рельефа, обладающие высокой физиономичностью. Топография же местности является косвенным показателем автономности или гетерономности почв в ряду увлажнения.

В основу настоящей статьи положены материалы, полученные автором в результате комплексного изучения природных ресурсов Западной Сибири с использованием аэрокосмических снимков *.

Объектом исследования был выбран бассейн р. Ларь-Ёган и прилегающая часть поймы р. Оби, входящие в среднетаежную подзону. Характерные особенности района исследования: сплошное покрытие его таежной растительностью, континентальность климата с преобладанием осадков над испарением, отрицательные среднегодовые температуры, равнинность, сильная обводненность и заболоченность территории, олигомиктовые моренные, флювиогляциальные, озерно-аллювиальные, аллювиальные отложения, наличие длительно-сезонной и островной многолетней мерзлоты, значительная протяженность и слабая доступность для непосредственного наблюдения.

Для изучения внутреннего содержания отдельных частей ландшафтов и выяснения приуроченности лесных сообществ к определенным почвенно-геоморфологическим элементам местности на ключевых участках закладывались профили, которые достаточно подробно характеризовали все разнообразие почвенного покрова, развитого под коренными и производными лесами.

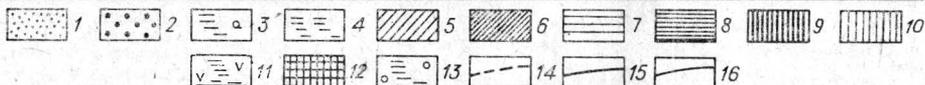
В работе использовались телевизионные зимние черно-белые снимки, сделанные со спутника «Метеор» масштаба 1 : 10 000 000, и аэрофотоснимки осеннего затора масштаба 1 : 50 000. При таком подходе дешифрирование почв и почвенного покрова можно вести с использованием индикационных признаков растительности и рельефа, обладающих высокой физиономичностью.

Бассейн р. Ларь-Ёган, средний по величине среди бассейнов местных рек, вместе с примыкающим участком долины Оби можно считать во многих отношениях типичным для среднетаежной подзоны Западной Сибири. Здесь отмечается многообразие элементов рельефа, геологического строения и почвообразующих пород. Одна из характерных черт рельефа — его ярусное строение. Каждому участку (ярусу) характеризуемой территории соответствуют определенные геоморфологические выделы, которые отделяются друг от друга заметным уступом. Для среднетаежного Приобья типичны следующие ступени (уровни) поверхности: поймы и первые надпойменные террасы, низкая озерно-ингрессионная терраса и междуречные пространства.

В пределах каждой геоморфологической поверхности насаждения располагаются в определенном порядке в соответствии с характером размещения форм рельефа, образуя тем самым внешний облик лесного покрова, который индицирует почвенный покров и его структуру на аэрокосмических снимках (см. рисунок).

Наиболее распространенная форма структуры почвенного покрова на исследованной территории — структура с ведущей ролью сочетаний [Фридланд, 1972]. Почвенный покров здесь образован умеренно сложными, умеренно контрастными сочетаниями почв гидроморфного, полугидроморфного и автоморфного рядов развития с отчетливым преобладанием

* Геолого-геоморфологические исследования проведены И. А. Волковым (Институт геологии и геофизики СО АН СССР), растительность изучалась В. Н. Седых и Ф. З. Глебовым (Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР).



Основные закономерности распределения почвенного покрова и его структуры в бассейне р. Ларь-Ёган.

1 — полосчато-линовидное сочетание пойменных дерновых почв с комплексом дерново-глеевых и пойменных болотных почв; 2 — полосчато-линовидное сочетание торфянистых подзолов иллювиально-железисто-гумусовых грунтово-глеевых с болотными торфяно-глеевыми и болотными торфяными (переходных или верховых болот) почвами; 3 — линовидно-округлое сочетание подзолов иллювиально-железисто-гумусовых с торфянистыми подзолами грунтово-глеевыми и болотными торфяными (переходных или верховых болот) почвами; 4 — болотные торфяные (верховых, редко переходных болот) почвы; 5 — сочетание торфяно- и торфянисто-подзолистых глееватых и подзолистых глубокоглеватых почв с комплексом болотных торфяно-глеевых и торфяных почв (верховых болот); 6 — сочетание подзолистых поверхностно-глееватых почв с торфяно- и торфянисто-подзолистыми глеевыми и болотными торфяно-глеевыми, торфяными (верховых болот) почвами; 7 — сочетание линовидно-округлое эоловое дефляционно-аккумулятивное подзолов иллювиально-железистых и подзолов иллювиально-железисто-гумусовых; 8 — неупорядоченное сочетание подзолов торфянистых глееватых и контактно-глееватых с комплексом подзолов торфяных иллювиально-гумусовых и ортзандовых подзолов; 9 — сочетания неупорядоченные смешанного строения подзолистых поверхностно-глееватых почв и контактно-глееватых с болотными торфяно-глеевыми и торфяными (верховых болот) почвами; 10 — сочетания древовидные эрозийные подзолистых поверхностно-глееватых почв с торфянисто-подзолистыми глеевыми почвами; 11 — болотные торфяные переходные и низинные; 12 — сочетания древовидно-округло-пятнистых аккумулятивно-эрозийных торфяно-подзолистых глеевых почв с подзолистыми поверхностно-глееватыми; 13 — сочетание болотных торфяных (верховых болот) почв с болотными торфяно-глеевыми; 14—16 — границы ландшафтов (14), местностей (15), урочищ (16). (Схема выделов ландшафтов, местностей и урочищ составлена И. А. Волковым и В. Н. Седых.)

первых двух. Значительно распространены округлые ареалы, часто встречаются сочетания с участием различных комплексов.

На самой молодой ступени рельефа, к которой относится пойма р. Оби, подразделяющаяся на новейшую низкую, молодую (основную) и древнюю, формируются различные пойменные почвы. В целом поверхность этой ступени представляет собой неглубоко расчлененную равнину, сложенную песчаными, супесчаными и суглинистыми осадками руслового и пойменного типов. Залесенность ее не превышает 5%, поэтому пойма Оби отображается на аэрокосмическом снимке в виде светлого, местами почти белого тона. Днище долины Оби протягивается полосой (ширина 25—30 км) и покрыто травяными ассоциациями лугов и низинных болот, не встречающихся на других возрастных ступенях.

Образование пойменных почв обязано влиянию аллювиального и почвообразовательного процессов, которые протекают одновременно, но на разных стадиях развития пойменных почв играют различную роль. Г. В. Добровольский с соавторами [1973] отмечают, что характер почвообразования в целом на территории пойм зависит главным образом от возраста и механического состава аллювиальных отложений, а также от степени дренированности отдельных элементов рельефа. Различный характер поемности обуславливает размещение отдельных компонентов почвенного покрова.

Новейшая низкая пойма разделяется на две части: первая — пляжи, косы с незатронутым почвообразованием, вторая — прирусловые валы, покрытые ивами, где формируются пойменные слабодерновые слоистые слабообразованные лесные супесчаные и пойменные дерновые слоистые супесчаные почвы. Профиль этих почв отражает характер ежегодных аллювиальных отложений, слабо затронутых почвообразовательными процессами ввиду их длительного затопления полыми водами.

Вторая возрастная ступень (основная пойма) отличается значительной расчлененностью поверхности. На верхних частях гряд и нешироких грив под тополевыми формируются пойменные слоистые дерновые лесные супесчаные или легкосуглинистые почвы. Морфологический облик профиля неоднороден по механическому составу. В гранулометрическом составе этих почв преобладают фракции песка и крупной пыли.

На склонах гряд, нешироких грив, в межрядовых понижениях под ивняковыми зарослями и березовыми лесами развиваются пойменные дерновые лесные суглинистые и пойменные дерновые оглеенные почвы. Эти почвы, так же как и предыдущие, имеют слоистый неоднородный профиль. Механический состав несколько утяжелен. В составе фракций механического состава значительная доля приходится на ил и мелкую пыль. В нижней части профиля прослеживаются признаки оглеения.

Древняя пойма отличается наименьшей залесенностью. На небольших хорошо дренируемых участках под березово-осиновыми и осиновыми насаждениями формируются дерновые слоистые лесные суглинистые почвы.

Основная часть древней поймы представлена приподнятыми поверхностями в виде плоских грив, на которых под луговой растительностью развиваются пойменные дерновые почвы. Эти почвы подразделяются на пойменные дерновые, пойменные дерново-глееватые и пойменные дерновые глеевые.

Пойменные дерновые почвы обогащены перегноем. Содержание гумуса в них составляет 3—4%, при резком убывании его с глубиной. Реакция среды в этих почвах кислая (рН 5,2), степень насыщенности основаниями высокая — 71—80%. Характеризуемые почвы, как правило, двучленные — в верхней части профиля тяжелосуглинистые, в нижней — легкосуглинистые, супесчаные и даже могут быть песчаные с хорошо выраженной слоистостью. Пойменные дерново-глееватые почвы развиваются под крупнозлаковыми канареечниковыми и лангсдорфовойниковыми лугами. Среднее содержание гумуса в них 4,0—6,0%; распределение перегноя по профилю постепенное. Реакция почвы кислая (рН 4,0—4,5). Степень насыщенности основаниями высокая — 68—70%. По механическому составу луговые почвы разнообразны — от легкого суглинка до глины. Развиваются, как правило, на аллювии тяжелого механического состава. По всему почвенному профилю отчетливо прослеживаются признаки оглеения.

Пойменные дерновые глеевые почвы занимают переходные части к отрицательным формам поверхности и формируются под лугово-болотной растительностью в условиях устойчивого поверхностного переувлажнения. Профиль пойменных дерновых глеевых почв морфологически отличается от пойменных дерново-глееватых почв оторфованностью верхней части гумусового горизонта, а также ясно выраженным оглеением.

Пойменные болотные почвы распространены довольно широко и занимают больше одной трети площади пойм. Приурочены они к притеррасной и пониженной равнинной части древней поймы. Для этих почв характерно интенсивное торфонакопление, высокое стояние почвенно-грунтовых вод.

Пойма местных рек почти полностью залесена, за исключением ее прирусловых участков. После выхода из-под постоянного воздействия водяного потока на прирусловых косах под отдельными группировками луговой растительности и ивы формируются пойменные слабодерновые слоистые слаборазвитые почвы. Они распространены узкой полосой серповидной формы и четко отграничивают данную возрастную ступень от следующей.

Следующая ступень заметно расчленена ложбинно-рядовым рельефом. На вершинах гряд песчаных отложений под сосняками развиваются пойменные слоистые почвы, а в межгрядных понижениях с утяжеленным механическим составом за счет ежегодного наплава под березовыми насаж

дениями формируются пойменные дерновые глеевые почвы в сочетании с пойменными иловато-торфянистыми или торфяно-глеевыми почвами.

На приподнятых сглаженных частях новейшей поймы, выполненной суглинистыми отложениями, под темнохвойными насаждениями и их производными формируются почвы, аналогичные зональным. Под пологом пойменных темнохвойных (кедровых с примесью ели и пихты) насаждений развиваются пойменные дерновые оподзоленные, пойменные торфянисто-и торфяно-глеевые слоистые почвы. Под моховой подстилкой в минеральном горизонте отмечаются отдельные белесые пятна, что подтверждает наличие процесса подзолообразования. Нижняя часть профиля этих почв ничем не отличается от пойменных слоистых почв — она также сложена неоднородными по механическому составу слоями с ясно выраженными песчаными прослоями и оглеена. В днищах верховьев долины р. Ларь-Ёгана и других долин, где прослеживается отмирание речной гидросети, выделяются и хорошо дешифрируются на аэро-, космоснимках торфяные почвы переходных и низинных болот.

На территории древней поймы отчетливо выделяются небольшие гривки и ложбины. Гривы образованы песчаными отложениями, на которых формируются под сосняками зеленомошничково-сфагновые торфянистые и торфяные подзолы, иллювиально-железисто-гумусовые с характерным для этих почв грунтовым оглеением. В ложбинах под сфагновыми сосновыми насаждениями распространены торфяно-глеевые и торфяные почвы верховых болот.

На первой надпойменной террасе и в древних ложбинах стока, сложенных супесями или песками с явно выраженным плоским или пологобугристым рельефом, как правило, произрастают сосновые беломошничково-зеленомошничковые леса, под которыми формируются иллювиально-железистые и иллювиально-железисто-гумусовые подзолы. Породы, на которых образуются эти почвы, обладают хорошей водопроницаемостью и малой влагоемкостью. В этих почвах (в условиях избыточного увлажнения) происходит свободное проникновение почвенных растворов вниз по профилю, что обеспечивает перемещение образующихся органоминеральных комплексных соединений из элювиальных горизонтов в иллювиальные. Подобное перераспределение продуктов почвообразования обуславливает четкую дифференциацию профиля на генетические горизонты.

При хорошо расчлененном рельефе почвенно-грунтовые воды находятся глубже 2 м и воздействие факторов, вызывающих грунтовое переувлажнение, в значительной мере снижается. В этих условиях формируются иллювиально-железистые подзолы. На плоских возвышенных участках, где грунтовые воды находятся на глубине 1,5—2 м, формируются иллювиально-железисто-гумусовые подзолы с признаками глубинного оглеения в нижней части профиля.

Следующей по высоте поверхностью является низкая ингрессионная озерная терраса. Она отчетливо выражена, прослеживается широкой полбсой по левобережью Оби и занимает основную часть дна долины р. Ларь-Ёган. Терраса имеет плоскую, слаборасчлененную поверхность, в значительной степени заболоченную. Часто встречаются озера и очень слабо врезанные мелкие ручьи и реки. В пределах бассейна р. Ларь-Ёган и прилегающей к ней части долины р. Оби на озерной террасе выделяются дренированные приречные участки с плоским, пологоволнистым и пологобугристым рельефом, центральные и внешние заболоченные участки с плоским, озерно-котловинным, реже — грядово-болотным рельефом и слабо возвышенные участки с пологобугристым рельефом на покровных плитчатых суглинках, со слабым ожелезнением по плоскостям напластования.

Вблизи осевой части долины Оби поверхность озерно-ингрессионной террасы возвышается над рекой всего на 5—7 м, но в краевых частях ее уровень поднимается до абсолютных отметок 50—60 м. Некоторые участки террасы покрыты лесом и не всегда достаточно ясно ограничиваются

от междуречных пространств, однако по характеру структуры изображения на аэрокосмических снимках четко прослеживаются уступы ее тыловых швов. В виде постепенно сужающихся «заливов» терраса входит в приустьевые участки местных долин и продолжается в глубь междуречий в виде речной первой надпойменной террасы [Седых, Волков, 1979].

На слабообрасчлененной озерными котловинами и долинами рек озерно-ингрессионной террасе сформировался такой тип рельефа, который обуславливает своеобразный характер пространственной структуры почвенного покрова. Здесь отмечается наибольшая заболоченность по сравнению с другими поверхностями района исследования. На долю заболоченных лесов и болот приходится 88%, и только 12% занимают суходольные кедровые леса, которые приурочены к приречным и слабо возвышенным поверхностям, расположенным среди болотных массивов. Вдоль речек леса простираются в виде узких полос неправильной формы, что в сочетании с болотными массивами создает полосчатость структуры озерно-ингрессионной террасы на космических снимках.

На выпуклых повышенных формах рельефа отмеченных поверхностей в автономных условиях развития под кедровыми бруснично-зеленомошниковыми лесами формируются почвы автоморфного ряда.

Лесной покров любой территории представляет собой сочетание в пространстве древостоев так называемых типов леса и их производных. Возникновение производных типов леса связано с пожарами, рубками, ветровалами и другими экзогенными и антропогенными факторами.

Среди автоморфных почв распространены подзолистые поверхностно-глеяватые. Лесной же покров в пределах простираения этих почв отличается значительным разнообразием. К ним приурочены различного возраста березовые, осиновые, березово-кедровые и кедровые насаждения, что типично не только для озерно-ингрессионной террасы, но и для всего района исследования в целом.

В ряде описанных профилей заложенных разрезов выделяется оторфованный горизонт A_0 до 10^{-11} см, сравнительно маломощный осветленный с признаками оглеения горизонт A_{2g} , ниже которого идут бурые или светло-бурые, обычно неоглеенные или слабо оглеенные подгоризонты B_1 , B_2 , B_3 , B_4 . В нижней части профиля вновь появляются отчетливые признаки оглеения, не связанные с грунтовыми водами. Последние залегают на глубине более 5 м и не влияют на почвообразование данных профилей. Степень оглеения нарастает с глубиной и достигает максимума в нижних частях иллювиального горизонта или в почвообразующих породах.

Этим почвам присущ суглинистый механический состав, среди фракций преобладают крупнопылеватые, содержание которых достигает больше 50%. Песчаная фракция играет незначительную роль. Количество илстых частиц и так называемой физической глины увеличивается книзу, достигая наибольших величин в иллювиальных горизонтах почвенного профиля. Потеря тонкодисперсной фракции в элювиальном горизонте может быть связана с разрушением илстых частиц (истинное оподзоливание) и с выносом их без разрушения (лессиваж).

Результаты химических и физико-химических анализов указывают, что в слое подстилки, судя по потере при прокаливании, находится 73—80% органического вещества. Под березовыми насаждениями менее развит моховый покров, поэтому зольность подстилки в них выше, чем в подстилке кедровников, где моховой покров развит сильнее. В верхнем минеральном горизонте A_2 содержание гумуса колеблется от 3,4 до 3,6%. В иллювиальных подгоризонтах содержание его резко падает. На глубине 50—60 см величина гумуса не превышает 0,36%.

Почвы характеризуются кислой реакцией среды, особенно в подзолистом горизонте ($pH_{\text{водн}} 4,1-4,8$). Нижележащие горизонты имеют менее кислую реакцию. Поглощающий комплекс описываемых почв слабо насыщен основаниями. В элювиальных горизонтах насыщенность составляет 51—60%, в иллювиальных подгоризонтах резко снижается. В составе поглощенных оснований кальций преобладает над магнием.

Валовой химический анализ показал, что в описываемых почвах элювиальный горизонт обеднен валовым железом и алюминием, но относительно обогащен кремнеземом, что иллюстрируется изменениями величин молекулярных отношений $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$, более узких в горизонте B_1 , чем в A_2 . Что касается окислов кальция и магния, то вынос их из верхних горизонтов в нижние незначителен.

Таким образом, почвенным образцам из описанных разрезов свойственна дифференциация гранулометрического и химического состава почвенных профилей, типичных для суглинистых или легкоглинистых подзолистых поверхностно-глееватых почв средней тайги Западной Сибири [Караваяева, 1973; Гаджиев, Овчинников, 1977; и др.]. Как мы уже отмечали, на долю суходольных лесов озерно-ингрессионной террасы приходится лишь 12% площади. Остальная часть занята заболоченными лесами и болотами. Рельеф поверхности полога древостоев усиливает рельеф почвенной поверхности, индицируя тем самым заболоченность, и дает возможность четко отличать друг от друга заболоченные леса, сосново-сфагновые болота, мелко-мочажинно-грядовые болота, грядово-крупномочажинные болота и грядово-озерно-крупномочажинные болота, составляющие экологический ряд возрастания степени обводненности болот. Эти части поверхности озерно-ингрессионной террасы хорошо опознаются по характеру сочетания участков темного и светлого тонов. Темный тон означает места с выраженным древесным ярусом, светлый — безлесные болота.

В пределах отмеченного ряда и приуроченных к выположенным частям склонов межхолмным и межгрядным понижениям под заболоченными лесами преимущественно сфагновой группы формируются почвы полугидроморфного ряда — торфянисто- и торфяно-подзолистые поверхностно-глееватые или глеевые.

В условиях усиливающегося гидроморфизма в почвах проявляются признаки оглеения и происходит более интенсивное торфонакопление. Мощность верхнего органогенного горизонта достигает 50 см. Характерные особенности этих почв: ясно выраженное переувлажнение, подзолообразовательный процесс заторможен или почти полностью прекращается, выраженность генетических горизонтов в минеральной части профиля в еще большей мере смазывается по сравнению с таковой в почвах, развитых в автоморфных условиях.

Реакция среды характеризуемых почв кислая, ненасыщенность основаниями высокая. Потеря при прокаливании оторфованных горизонтов достигает 96%.

Продуктивность этих почв значительно снижается. На сосново-сфагновых, мелкомочажинно-грядовых, грядово-крупномочажинных и грядово-озерно-крупномочажинных болотах озерно-ингрессионной террасы формируются в основном торфяно-глеевые, торфяно-болотные и торфяные почвы верховых болот, отличающиеся сильно кислой реакцией среды и низкой зональностью торфяных горизонтов.

Междуречные пространства в совокупности образуют три различные высотные ступени, обуславливающие ярусное строение рельефа и разное превышение междуречий над местными базисами эрозии. Другая важная особенность рельефа — почти повсеместное развитие эрозионных форм. Глубина и интенсивность эрозионного расчленения в разных местах различна, поэтому и степень дренированности разных участков междуречных пространств также различна.

На космических снимках междуречных пространств темным тоном отображаются места, покрытые лесом, а светлыми пятнами — водораздельные болота. Общий уклон поверхности и ее эрозионная выраженность предопределили характер гидрологического режима различных ступеней и состав растительного покрова. Здесь распространены наиболее производительные сосняки (отсутствующие в пойме и на озерной террасе), приуроченные в основном к наиболее расчлененным участкам. Так, внешняя (краевая) хорошо дренированная ступень междуречий, примыкающая к долинам средних и крупных рек, сложенная супесями или песками, заня-

та сосновыми лесами лишайниково-зеленомошниковых групп. На аэрокосмических снимках сосняки отображаются серым тоном различной степени зернистости, которая идентифицирует различную сомкнутость и размер крон деревьев.

На участках, сложенных песками и супесями, возможен мелкобугристый рельеф. На вершинах этих бугров под сосняками беломошниковыми формируются подзолы иллювиально-железистые, которые сменяются в межбугорковых понижениях подзолами иллювиально-железисто-гумусовыми. Породы, на которых формируются эти почвы, обладают хорошей водопроницаемостью и малой влагоемкостью. В них (в условиях избыточного увлажнения) свободное проникновение почвенных растворов вниз по профилю обеспечивает перемещение образующихся органоминеральных комплексных соединений из элювиальных горизонтов в иллювиальные. Подобное перераспределение продуктов почвообразования обуславливает четкую дифференциацию профиля на генетические горизонты.

Профиль иллювиально-железистых и иллювиально-железисто-гумусовых подзолов характеризуется небольшой грубогумусной подстилкой (2—7 см), ясно выраженными элювиальными и иллювиальными горизонтами с резкими переходами. Элювиальный горизонт — белесого цвета, а иллювиальный окрашен в охристый или ржаво-бурый тон. Морфологический профиль иллювиально-железистых подзолов имеет линейные или слабоволнистые границы перехода генетических горизонтов. В иллювиально-железисто-гумусовых подзолах несколько увеличивается мощность грубогумусного горизонта, интенсивность окраски иллювиального горизонта усиливается яркими кофейно-охристыми тонами, а переходы между горизонтами становятся языковатыми, и почвообразующая порода несет в себе следы явного оглеения.

Иллювиально-железистые и иллювиально-железисто-гумусовые подзолы имеют песчаный или песчано-супесчаный механический состав. В составе фракций преобладает средний песок (0,25—0,05 мм), что обеспечивает свободный внутренний дренаж. Колебания в содержании тех или иных фракций в механическом составе по почвенному профилю в большинстве случаев определяются неоднородностью материнских пород и элювиально-иллювиальным распределением по профилю илистой фракции.

Как уже было отмечено, на поверхности характеризуемых почв органическое вещество накапливается в виде плохо разложенной слабоминерализованной подстилки, потери при прокаливании у которой составляют около 87%. Минеральные же горизонты отличаются невысоким содержанием гумуса (1—2%), максимальное количество которого приходится часто на иллювиальную часть профиля. Книзу по профилю содержание органического вещества резко убывает.

Изученные почвы по всему профилю обладают кислой реакцией среды. При этом наиболее низкие значения $pH_{\text{водн}}$ (3,5—4,5) наблюдаются в верхней части профиля — в аккумулятивно-иллювиальном горизонте — и несколько более высокие (5,1) — в нижележащих горизонтах. Результаты определения поглощенных катионов в описываемых почвах показывают очень малую емкость обмена, что полностью коррелирует с незначительной их гумусностью и легким механическим составом.

Почвы легкого механического состава на исследованной территории характеризуются полным отсутствием структуры. Благодаря легкости механического состава при удалении напочвенного мохово-кустарничкового покрова, связанного со сплошными рубками лесов, они подвергаются ветровой эрозии. Как все легкие почвы, подзолы имеют пониженную влагоемкость, повышенную водопроницаемость и быстро прогреваются, что в данных условиях благоприятствует лучшему росту сосновых лесов.

В пределах трех высотных ступеней, образующих междуручечные пространства и сложенных суглинистыми отложениями под зеленомошниковыми кедрачами или их производными с типичным среднетаежным кустарничково-разнотравным ярусом (из брусники, черники, майника, кислицы,

седмечника, линией северной, грушанки и т. д.), в условиях хорошего дренажа элювиальных ландшафтов развиваются своеобразные подзолистые поверхностно-глееватые почвы. Индикационные признаки рассматриваемых почв при дешифрировании аэрокосмических снимков на междуречных пространствах аналогичны рассмотренным нами выше на озерно-ингрессионной террасе.

В профиле характеризующихся подзолистыми поверхностно-глееватыми почв выделяются полуразложившаяся подстилка (A_0), а иной раз даже оторфованный горизонт (A_0A_1), сравнительно маломощный осветленный с признаками оглеения оподзоленный горизонт (A_2), ниже которого идут бурые, обычно неоглеенные подгоризонты B_1 и B_2 . В нижней части профиля в подгоризонтах BC и C вновь проявляются отчетливые признаки оглеения, не связанные, однако, с воздействием грунтовых вод, залегающих на значительной глубине и не оказывающих влияния на почвообразование. Оглеенность в нижней части профиля выражена более ярко по сравнению с верхним оподзоленным горизонтом. Оглеение здесь, по всей вероятности, обусловлено влиянием мерзлотного экрана, который отмечался на глубине 200 см еще в сентябре. В профиле описываемых почв отмечается плитчато-призматическая структура с обильной белесой присыпкой по границам структурных отдельных частей.

Описываемым почвам присущ суглинистый или легкосуглинистый механический состав. Среди фракций преобладает крупнопылеватая. Заметен вынос из элювиального горизонта в иллювиальной тонкодисперсной фракции, что может быть связано с разрушением илистых частиц и с выносом их без разрушения на значительную глубину.

Результаты химического анализа указывают на кислую реакцию среды. Наибольшее количество органического вещества сосредоточено в подстилке. Минеральные горизонты слабо гумусированы. Поглощающий комплекс не насыщен основаниями даже в верхней части профиля. Здесь на долю поглощенного водорода приходится до 80% емкости обмена. Книзу количество его заметно убывает.

Подзолистые поверхностно-глееватые почвы как почвы тяжелого механического состава имеют повышенную влагоемкость и низкую водопроницаемость. Кроме того, почвы на суглинках медленно оттаивают и слабее прогреваются. Несмотря на низкое плодородие, эти почвы на водораздельных пространствах относятся к группе почв, характеризующихся благоприятными трофическими условиями и менее контрастным гидротермическим режимом, наиболее пригодным для произрастания древостоев из темнохвойных пород.

Кроме отмеченных автоморфных почв среди междуречных пространств значительно распространены почвы полугидроморфного ряда. Они развиваются под чистыми, редкостойными заболоченными борами и кедрово-сосновыми лесами с примесью березы и хорошо развитым долгомошнотрафным покровом. Занимают они средние и пониженные части склонов невысоких грив, плоские холмы и гривы, выположенные части склонов, межгрядные понижения и невысокие ровные приподнятости среди болот, сложенные песками, супесями и суглинками.

Наиболее распространенными почвами среди полугидроморфного ряда являются как торфянисто-подзолистые иллювиально-железисто-гумусовые глееватые, иллювиально-гумусовые глеевые, сформированные на легких породах (песках или супесях), так и торфянисто- и торфяно-подзолистые поверхностно-глееватые или глеевые на породах тяжелого механического состава.

Для всех названных почв характерно оглеение, связанное с увлажнением за счет почвенно-грунтовых и поверхностных вод различной степени застойности, значительное накопление растительных остатков в виде оторфованного горизонта в верхней части почвенного профиля, кислая реакция среды, слабое насыщение основаниями. Потери при прокаливании оторфованных горизонтов достигают 90%.

Отмеченные особенности почв отрицательно сказываются на продуктивности древостоев при сохранении численности на единице площади. В условиях интенсивного заболачивания в почвах усиливаются признаки оглеения и более интенсивное торфонакопление, способствующее формированию почв гидроморфного ряда. К ним относятся торфяно-болотные глеевые, торфяно-болотные и торфяные верховых переходных и редко — низинных болот.

Плоские водораздельные пространства центральных и периферических участков заняты торфяными почвами верховых болот, приуроченных главным образом к замкнутым котловинам. К транзитно-проточным котловинам приурочены торфяные почвы переходных болот, а к внутренней части краевых участков междуречий — иногда и торфяные низинных болот.

Подводя итог сказанному, отметим, что пространственное распространение различных типов почв в среднетаежном Приобье зависит в основном от характера гидротермических условий, которые определяются степенью расчлененности рельефа и механическим составом почвообразующих пород. Структура же почвенного покрова определяется уровнем различных ступеней основных ассоциаций или групп типов рельефа и имеет различное отображение на аэрокосмических снимках по тону, структуре и форме рисунка.

ЛИТЕРАТУРА

- Андроников В. Л. Аэрокосмические методы изучения почв. М.: Колос, 1979. 280 с.
- Афанасьева Т. В., Василенко В. И. Подзолистые холодные почвы средней тайги Западной Сибири.— В кн.: Природные условия Западной Сибири. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1973, с. 49—58.
- Афанасьева Т. В., Василенко В. И. Почвы.— В кн.: Природные условия центральной части Западно-Сибирской равнины. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1977, с. 80—111.
- Афанасьева Т. В., Петрусевич Ю. М., Трифонова Т. А. Практикум по дешифрированию аэрофотоснимков при почвенных исследованиях. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1977. 157 с.
- Белов С. В. Аэрофотосъемка лесов. М.— Л.: Изд-во АН СССР, 1959. 249 с.
- Виноградов Б. В. Космические методы изучения природной среды. М.: Мысль, 1976. 288 с.
- Виноградов Б. В., Кондратьев К. Я. Космические методы землеведения. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 192 с.
- Гавеман А. В., Ливеровский Ю. А. Аэрофотосъемка в почвенном картировании.— Почвоведение, 1953, № 3, с. 11—21.
- Гаджиев И. М., Овчинников С. М. Почвы средней тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.
- Григорьев А. А. Космическая индикация ландшафтов Земли. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. 166 с.
- Добровольский Г. В., Афанасьева Т. В., Ремезова Г. П. Типология поймы среднего течения р. Обь.— В кн.: Природные условия Западной Сибири. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1973, с. 107—126.
- Исаченко В. Г. Физико-географическое картирование. Ч. 3. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1961. 268 с.
- Караваева И. А. Почвы тайги Западной Сибири. М.: Наука, 1973. 168 с.
- Киреев Д. М. Методы изучения лесов по аэроснимкам. Новосибирск: Наука, 1977. 213 с.
- Корсунов В. М., Боболева Э. Е., Карпенко В. Д., Плещеков Ф. И. Картирование почвенного покрова таежных ландшафтов с использованием дистанционных методов.— В кн.: Исследование таежных ландшафтов дистанционными методами. Новосибирск: Наука, 1979, с. 135—151.
- Крупномасштабная картография почв (методы, теория и практика). М.: Наука, 1971. 211 с.
- Лукичева А. Н. Северотаежная растительность Сибирской платформы в связи с геологическим строением. Л.: Наука, 1972.
- Седых В. Н. Формирование кедровых лесов Приобья. Новосибирск: Наука, 1979. 110 с.
- Седых В. Н. Дистанционная индикация восстановительно-возрастной динамики кедровых лесов среднего Приобья.— В кн.: Дистанционная индикация структуры таежных ландшафтов. Новосибирск: Наука, 1981, с. 36—49.
- Седых В. Н., Волков И. А. Предварительные результаты комплексного изучения лесов Западной Сибири с использованием аэрокосмических снимков.— В кн.: Аэ-

рокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1979, с. 130—142.

Седых В. Н., Смолоногов Е. П. Восстановительная динамика темнохвойно-кедровых лесов низовий р. Назым.— В кн.: Лесообразовательный процесс на Урале и в Зауралье. Свердловск, 1975, с. 146—168.

Толчельников Ю. С., Савельева Р. П., Хазанова Т. М. Структура геосистем как индикатор свойств компонентов ландшафта и природных процессов.— В кн.: Ландшафтная индикация природных процессов. М.: Наука, 1976, с. 59—63.

Уфимцева К. А. Почвы Обь-Иртышского междуречья.— В кн.: Природные условия освоения междуречья Обь — Иртыш. М., 1972, с. 235—301.

Фридланд В. М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 416 с.

С. М. ГОРОЖАНКИНА, В. Д. КОНСТАНТИНОВ

ПОЧВЕННО-ГЕОБОТАНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Почвенно-геоботаническое районирование с помощью аэрокосмических средств по сравнению с традиционными методами обладает рядом преимуществ. Во-первых, аэрокосмические материалы позволяют наиболее полно учесть важнейший критерий расчленения — горизонтальную структуру растительности и сопряженных почв. Во-вторых, аэрокосмические изображения обеспечивают прямое дешифрирование индивидуальных единиц районирования, минуя многоступенчатый процесс последовательной генерализации элементарных таксонов в ранги более высокого уровня. В настоящей статье показано почвенно-геоботаническое расчленение территории (на примере Западной Сибири) с помощью разномасштабных космических аэрофотоснимков.

Каждому масштабу присущи свои возможности передачи видеoinформации, в соответствии с чем снимки разнятся по целевому назначению. Космоснимки, отражающие общегеографические закономерности структуры живого покрова, в наибольшей степени отвечают задачам разномасштабного природного районирования. Аэрофотоснимки, не обладающие широкими обзорными возможностями, более всего пригодны для выявления внутренней структуры биогеоценотического покрова низших единиц районирования. Общие придержки масштабов, приведенные ниже, наглядно иллюстрируют, что аэро- и космоснимки последовательно меняющегося масштаба представляют собой иерархически подчиненные звенья единого ряда изображений, в котором каждое звено раскрывает содержание предшествующего. Поэтапный анализ изображений этого ряда обеспечивает дифференциацию территории на любом таксономическом уровне, начиная от самого детального наземного — типов биогеоценозов (БГЦ), до высших таксонов районирования — почвенно-растительных областей [Смагин, 1980].

Масштаб изображения	Единица территориального расчленения
1 : 12 000 000 и мельче	Почвенно-растительная область (макропровинция)
1 : 10 000 000, 1 : 12 000 000	Провинция
1 : 2 500 000, 1 : 5 000 000	Округ, подокруг
1 : 1 000 000, 1 : 500 000	Район
1 : 200 000, 1 : 300 000	Микрорайон
1 : 100 000	Биогеоценоз
1 : 50 000	Класс и подкласс
1 : 25 000	Группа
1 : 15 000, 1 : 10 000	Подгруппа
	Тип

В основу почвенно-геоботанического расчленения нами положены выявляемые по снимкам ареалы горизонтальных структур живого покрова. На начальном этапе этой работы территория дифференцируется по

мелкомасштабным космическим изображениям. Визуальные различия на них живого покрова обусловлены преимущественно формационной структурой растительности, степенью залесенности, характером заторфованности и орографическим устройством поверхности, а в южных освоенных районах Западной Сибири — проявлением антропогенной деятельности.

Сравнительный анализ разносезонных съемок показал, что в мелком масштабе горизонтальная структура живого покрова предпочтительно выявляется в зимних заснеженных условиях, когда достигается наивысший оптический контраст между лесным и безлесным компонентами ландшафта.

Формационная структура лесов Западной Сибири на космоснимках дешифрируется в соответствии с тремя главными экобиоморфами древесных эдификаторов: летне-зеленые (лиственничники и мелколиственные), светлохвойные (сосняки) и темнохвойные (таежные кедровые, еловые и пихтовые) леса. По этим признакам выявляются природные рубежи преимущественно зонального порядка, в частности основные растительные зоны и частью — подзоны. Безлесные пространства тундры безошибочно дешифрируются по резко контрастному светлomu (до белого) тону изображения. Лесотундра, сформированная елово-лиственничными редколесьями, имеет беловатый слабозернистый тон с более темными серыми пятнами. Суходолы таежной зоны, покрытые преимущественно вечнозелеными хвойными лесами, имеют интенсивно темно-серое изображение. В составе зоны по относительно более светлomu тону лесного компонента дешифрируется подзона северной тайги, где преобладает лиственница. Резко контрастное светло-серое изображение имеет подзона лиственных лесов на южной окраине зоны. Подзоны средней и южной тайги, сложенные лесообразователями со сходными оптическими свойствами, на снимках не дифференцируются. Лесостепная и степная зоны [Шумилова, 1962] имеют в целом светлый тон. Между собой они разграничиваются по оттенкам изображения в связи со степенью частичной залесенности. Однако выявление этой границы сильно осложнено антропогенной нарушенностью лесного компонента.

Диагностирование провинциальных особенностей живого покрова по лесному компоненту во многих случаях затруднено из-за сходных оптических свойств основных лесообразователей. В данном случае более надежным критерием является гидроморфный покров — характер и степень заболоченности. Дешифрирование космических изображений по этому признаку облегчается исключительной оптической физиономичностью болот. Горизонтальная структура болотного покрова является универсальным диагностическим показателем провинциального расчленения, поскольку болотообразование на территории Западной Сибири выражено в очень широких масштабах и практически повсеместно. На космоснимках не выявляются фитоценотические признаки болот, генерализованные закономерности пространственного размещения гидроморфных образований в интегральном виде отражают локальные литолого-геоморфологические условия формирования почвенно-растительного покрова, помогают выявлению его генетических и динамических закономерностей.

Все разнообразие космических изображений болотного покрова, проанализированное нами по снимкам, систематизировано в типы болотных мега-, макро- и мезоструктур (см. таблицу) соответственно масштабу съемки. Визуальные различия индивидуальных типов болотных структур обусловлены плановым рисунком заторфованных поверхностей, их размерами, взаимным расположением, топографическим размещением, удельным соотношением площадей с суходолами. Географические ареалы болотных структур являются важнейшим диагностическим признаком индивидуальных почвенно-геоботанических выделов на всех уровнях районирования.

Анализ космоснимков Западной Сибири с целью почвенно-геоботанического расчленения выполнен на основе имеющихся схем [Шумилова, 1962; Ильина, 1975, 1976; Горожанкина, Константинов, 1977, 1978; Карта растительности..., 1976]. В итоге получен новый вариант районирования,

Типы болотных структур, выявляемые на космоснимках

Тип

мегаструктуры	макроструктуры	мезоструктуры		
Плащевой	Междуречно-плащевой с малым числом суходолов Междуречно-плащевой с большим числом суходолов Террасово-плащевой неупорядоченный Террасово-плащевой ориентированный Котловинный			
Ложбинный	Ложбинный ориентированный			
Перистый	Перисто-плащевой Террасово-перистый Междуречно-перистый			
Очаговый	Крупноочаговый неупорядоченный	Болотно-системный	неупорядоченный	
	Крупноочаговый ориентированный	Болотно-системный	ориентированный	
	Мелкоочаговый неупорядоченный	Истоково-мелкоочаговый Автономно-мелкоочаговый Террасово-крупноочаговый Водораздельно-крупноочаговый		
	Мелкоочаговый ориентированный			
	Пойменно-очаговый	Низкопойменно-мелкоочаговый Высокопойменно-крупноочаговый Пойменно-логовый		

дополняющий и уточняющий предыдущие за счет космической видеоинформации.

Высшие таксоны районирования — почвенно-растительные области (макропровинции, по Л. В. Шумиловой) выявляются на обзорных космоснимках масштаба около 1 : 12 000 000. Индивидуальные области различаются закономерностями географического распределения живого покрова, выражены определенным типом зональности и специфическими для данной области растительными сообществами. Границы областей, совпадающие с хорошо проявленными зональными рубежами, не вызывают особых затруднений при дешифрировании. Важнейшими диагностическими критериями служат степень залесенности и географическое устройство поверхности. Выяснилось, что на этом уровне космическая видеоинформация не внесла существенных изменений и дополнений к ранее предложенным схемам расчленения.

По прямым признакам изображения выделяются три почвенно-растительные области, которые мы именуем, следуя Л. В. Шумиловой, Арктической, Западно-Сибирской, Алтае-Саянской (рис. 1).

Арктическая область, лишенная лесного покрова, безошибочно диагностируется по светлому (почти белому) тону, особенно контрастному на зимних снимках. Наряду с зональными сообществами равнинных тундр немаловажная роль принадлежит здесь гидрофитным ценозам, которые выявляются лишь летними снимками.

Западно-Сибирская область резко отличается по контрастному темно-серому тону, связанному с высокой степенью залесенности. Области присущ западно-сибирский тип горизонтальной зональности, проявляющейся

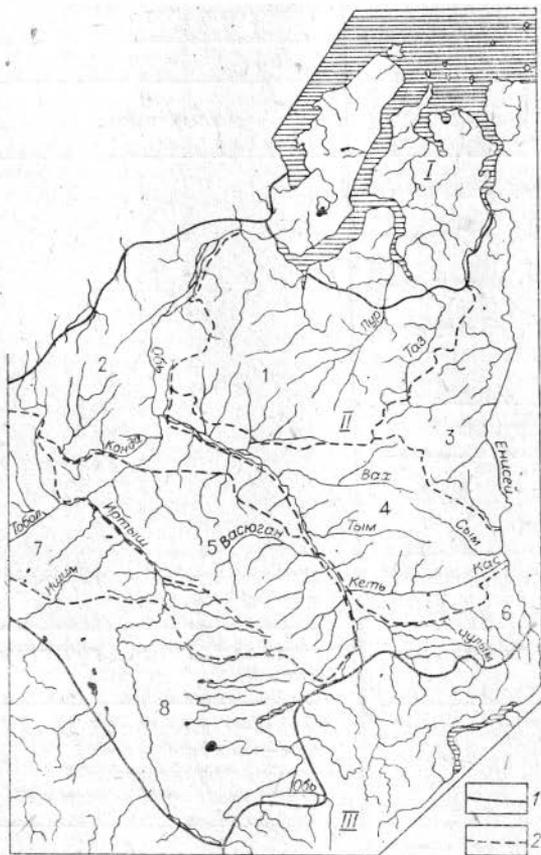


Рис. 1. Районирование на основе мелкомасштабных космоснимков.

Границы: 1 — почвенно-растительных областей, 2 — провинций. Области: I — Арктическая, II — Западно-Сибирская, III — Алтай-Саянская. Провинции (цифры на рисунке): 1 — Обь-Тазовская, 2 — Зауральская, 3 — Приенисейская, 4 — Обь-Енисейская, 5 — Обь-Иртышская, 6 — Обь-Чулымская, 7 — Ишимско-Барабинская, 8 — Кулундинская.

в закономерной последовательности природных зон — от тундровых редколесий на севере, через темнохвойную тайгу и лесостепи до безлесных степей на юге. Специфика живого покрова заключается в широком развитии болот, которым во многих участках области принадлежит ведущая роль. Именно с болотным компонентом и связана фоновая-текстурная специфика космического изображения данного выдела.

Алтай-Саянская область на снимках отграничивается преимущественно по орографическому рисунку поверхности, присущему горным

территориям. Размещение живого покрова подчинено здесь вертикальной зональности южно-сибирского характера, сочетающей черты субконтинентального и типично континентального типов поясности: черневая тайга и лиственничники, сменяющиеся на вершинах альпийско-луговым покровом, а у подножий — островными степями, почти целиком распаханными.

На снимках в масштабе около 1 : 10 000 000 прямо дешифрируются почвенно-растительные провинции, различающиеся общими закономерностями топографического размещения высших типологических подразделений почвенно-растительного покрова (типов и классов формаций), принадлежащих одному зональному выделу. Важнейшими диагностическими признаками провинций (в дополнение к предыдущим) служат болотные мегаструктуры. Они подчеркивают локальные особенности орографического устройства поверхности, с которыми связаны укрупненные экологические ряды почв и растительности. В границах Западно-Сибирской области болотные мегаструктуры представлены четырьмя основными типами: плащевым, ложбинным, перистым и очаговым. С учетом этого признака область расчленена нами на восемь почвенно-растительных провинций (см. рис. 1).

1. Обь-Тазовская сосново-лиственничных и лиственнично-сосновых кустарничково-зеленомошно-лишайниковых лесов, плоско- и крупнобугристых болот; подзолов грунтово-глеевых, подзолисто-глеевых (глееземных длительно сезонно-мерзлых) почв; выровненная, почти сплошь заторфованная, с плащевым типом болотных мегаструктур.

2. Зауральская сосновых лишайниково-зеленомошных и сфагновых лесов и олиготрофных выпуклых болот; подзолисто-глеевых, глееземных длительно сезонно-мерзлых почв с многолетнемерзлыми перелетками. Умеренно расчлененная, с крупными дренированными материковыми по-

верхностями и заболоченными долинами рек, преимущественно очаговым типом болотных мегаструктур.

3. Приенисейская темнохвойно-лиственничных кустарничково-зеленомошных лесов и крупнобугристых болот; глееземных, подзолисто-глеевых почв, глееземов длительно сезонно-мерзлых. Возвышенная, в целом хорошо дренированная, преимущественно с очаговым типом болотных мегаструктур.

4. Обь-Енисейская кустарничково-зеленомошных кедровников в комплексе с моховыми сосняками и олиготрофными выпуклыми болотами; подзолов глеевых, подзолисто-глеевых почв и глееземов. В целом сильно заболоченная, с ложбинным типом болотных мегаструктур.

5. Обь-Иртышская кедрово-пихтовых зеленомошно-травяных лесов и олиготрофных выпуклых болот; дерново-подзолисто-глееватых, дерново-глеевых почв, глееземов, обычных и остаточного осолоделых. Умеренно расчлененная и умеренно заболоченная, с перистым типом болотных мегаструктур.

6. Обь-Чулымская темнохвойно-пихтовых зеленомошно-травяных лесов и переходных моховых и травяных евтрофных болот; дерново-подзолисто-глееватых, глубинно-глеевых, серых лесных глееватых, дерново-глеевых почв и глееземов. Хорошо расчлененная, мало заболоченная, с очаговым типом болотных мегаструктур.

7. Ишимско-Барабинская липово-еловых и липово-сосновых зеленомошно-травяных и степненных лесов в комплексе с степненными лугами и выпуклых олиготрофных и гипново-травяных евтрофных болот; дерново-подзолистых, дерново-глеевых, серых лесных и лугово-лесных почв, обычных, осолоделых и остаточного солончаковатых. Выровненная, умеренно дренированная, с очаговым типом болотных мегаструктур, сильно нарушенным лесным покровом.

8. Кулундинская степненных лугов, мелколиственных травяных степненных лесов, травяных евтрофных болот и галофитных лугов; со спектром степных почв черноземного, лугового и болотного рядов. Равнинная, слабозаболоченная, с очаговым типом болотных мегаструктур, почти полностью сельскохозяйственно Освоенная.

Схема провинциального расчленения, выполненная по космоснимкам, близко соответствует варианту Л. В. Шумиловой [1962], несколько уточняя и дополняя его.

Для последующего членения провинций нами использованы средне-масштабные (1 : 2 500 000) космоснимки. На этом уровне дешифрируются почвенно-растительные округа. Округ, согласно определению Л. В. Шумиловой, характеризуется закономерностями топографического распределения формаций, образующих типичные экологические ряды. Территориально округа, как правило, совпадают с крупными индивидуальными морфоструктурами рельефа, развитыми в границах природных подзон. Основными дешифровочными признаками округов служат формационная структура лесов по главному экбиоморфам лесообразователей и макроструктуры болотного покрова, представленные 14 основными типами (см. таблицу). Интерпретация космических изображений по материалам наземного обеспечения показала, что географические ареалы индивидуальных типов болотных макроструктур — важнейший диагностический критерий установления границ округов.

Для анализируемой части Западно-Сибирской области (рис. 2) по снимкам нами выделены 35 почвенно-растительных округов. Использование космической видеоинформации на этом уровне дало большое число дополнений и уточнений к предшествующим схемам районирования. Границы округов максимально приближены к естественным природным рубежам. Существенно детализировалось положение границ зонального и провинциального характера. Самые значительные изменения внесены для территории Обь-Енисейского междуречья, где снимки выявили намного более сложную, чем это представлялось ранее, провинциальную структуру живого покрова. Для некоторых округов дано по-

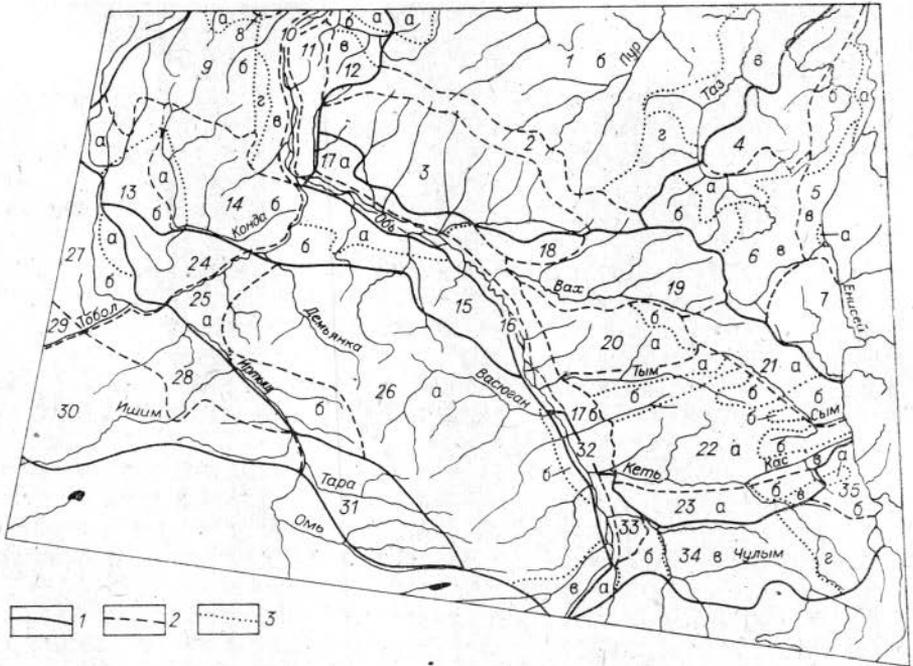


Рис. 2. Расчленение Западно-Сибирской области на основе среднemasштабных космоснимков.

Границы: 1 — провинций, 2 — округов, 3 — подокругов. Почвенно-растительные округа (цифры на рисунке): 1 — Обь-Тазовский сосново-лиственнично-болотный, 2 — Сибирско-увальский лиственнично-болотно-сосновый, 3 — Сургутский сосново-болотный, 4 — Таз-Енисейский темнохвойно-лиственничный, 5 — Приенсейский долинный лиственнично-темнохвойный, 6 — Таз-Елогуйский лиственнично-сосново-темнохвойный, 7 — Дубческий елово-кедровый, 8 — Сосьвинский лиственнично-кедрово-сосновый, 9 — Сосьвинский сосново-кедровый, 10 — Обской пойменно-болотисто-луговой, 11 — Белгородский елово-кедровый, 12 — Нижненадымский кедрово-лиственнично-сосновый, 13 — Приуральский кедрово-сосновый заболоченный, 14 — Кондинский сосново-болотный, 15 — Левобережно-Обской сосново-кедровый, 16 — Обской пойменно-ивняково-луговой, 17 — Правобережно-Обской сосново-кедрово-болотный, 18 — Аганский сосново-елово-кедровый, 19 — Левобережно-Вахский сосново-кедрово-болотный, 20 — Вах-Тымский сосново-елово-кедровый, 21 — Сымский сосново-елово-кедровый, 22 — Кеть-Тымский ложбинский лесо-болотный, 23 — Кеть-Улу-Юльский сосново-пихтово-кедровый, 24 — Тавда-Кондинский елово-пихтово-болотный, 25 — Прииртышский елово-пихтовый с липой, 26 — Обь-Иртышский кедрово-елово-пихтовый, 27 — Тавда-Туринский сосново-пихтовый с липой, 28 — Тоболо-Иртышский липово-еловый умеренно заболоченный, 29 — Тоболо-Есетский березово-сосновый остепненный, 30 — Ишимский болотно-лугово-степной, 31 — Обь-Тарский мелколиственно-болотный, 32 — Обской пойменно-тополево-луговой, 33 — Обь-Чулымский болотно-сосновый, 34 — Чулымо-Енисейский пихтовый, 35 — Большекассинский темнохвойный. а-г — обозначения подокругов.

следующее разделение на подокруга по признаку неодинакового территориального соотношения главных компонентов (ведущих лесных формаций, степени заболоченности, сельскохозяйственной освоенности и пр.).

Последующая детализация внутренней структуры почвенно-растительного покрова округов осуществлялась с помощью крупномасштабных космоснимков (1 : 1 000 000, 1 : 500 000). На этом уровне прямому дешифрированию подлежат низшие единицы расчленения — районы. Границы районов устанавливаются по ареалам характеристик мозаик живого покрова, связанных с внутренними неоднородностями мезорельефа и литолого-стратиграфического строения округа.

Фоновно-структурные признаки изображения определяются в первую очередь эколого-топографическими условиями залегания почв и растительности. На снимках ясно различимы индивидуальные формы мезорельефа, подчеркивающие естественные рубежи районов. Значительно расширяется набор прямых индикационных признаков растительности. Структура лесного элемента детализируется вплоть до видовой принадлежности главного лесообразователя и укрупненных таксационных показателей древостоя. Гидроморфный покров дешифрируется на уровне

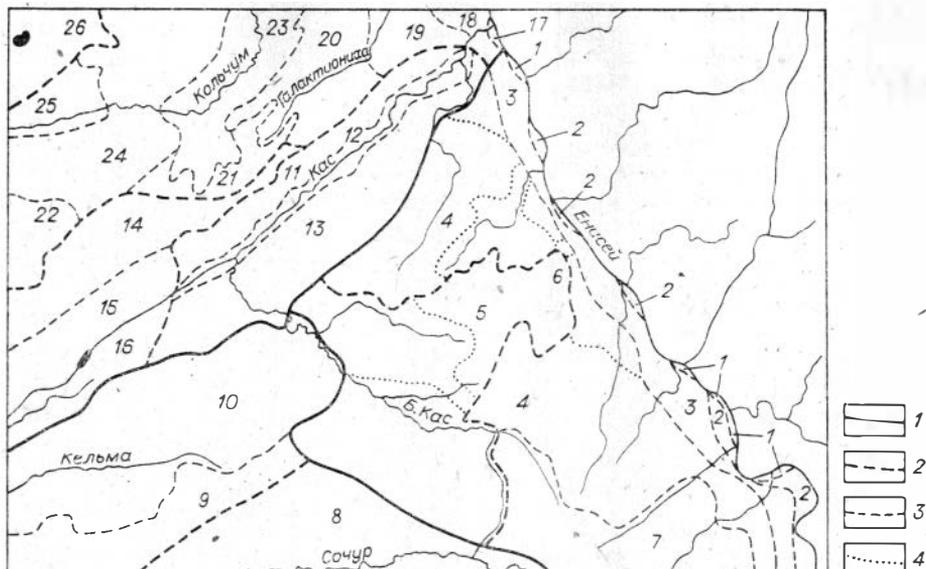


Рис. 3. Детальное почвенно-геоботаническое районирование на основе крупномасштабных космоснимков.

1—4 — Границы: 1 — почвенно-геоботанических округов, 2 — подокругов, 3 — районов, 4 — микрорайонов. Районы (цифры на рисунке): 1 — пойменный ивняково-лесной, 2 — высокопойменный крупнотравной елово-пихтовой тайги и притеррасовых гипновых болот, 3 — низкотеррасовый чернично-моховых кедровников и крупноочаговых мезотрофных болот, 4 — высокотеррасовый пихтово-еловой зеленомошно-травяной тайги и вторичных травяных осинников, 5 — водораздельный сложных боров и истоково-мелкоочаговых мезо-олиготрофных болот, 6 — высокотеррасовый простых боров и автономно-мелкоочаговых олиготрофных болот, 7 — высокотеррасовый травяной елово-пихтовой тайги и вторичных травяных мелколиственных лесов, 8 — древнеложбинный олиготрофных болотных систем и простых боров, 9 — приводораздельный сложных боров и мезо-олиготрофных логовых болот, 10 — водораздельный простых и сложных боров и логовых мезотрофных болот, 11 — высокотеррасовый простых боров и притеррасово-мелкоочаговых олиготрофных болот, 12 — высокопойменный простых боров и ельников и притеррасовых гетеротрофных болот, 13 — низкотеррасовый моховой елово-кедровой тайги и олиго-мезотрофных крупноочаговых болот, 14 — высокотеррасовый олиготрофных болотных систем, 15 — древнеложбинно-террасовый олиготрофных болотных систем и простых боров, 16 — древнеложбинно-террасовый олиготрофных болотных систем, 17 — пойменный ивняково-лесной, 18 — низкотеррасовый чернично-моховой кедровой тайги и мезотрофных крупноочаговых болот, 19 — высокотеррасовый пихтово-еловой зеленомошно-травяной тайги и вторичных травяных осинников, 20 — водораздельный кедрово-еловой моховой тайги и истоково-мелкоочаговых мезотрофных болот, 21 — водораздельный моховой елово-кедровой тайги и крупноочаговых олиго-мезотрофных болот, 22 — водораздельный заболоченной елово-кедровой тайги и крупноочаговых мезотрофных болот, 23 — высокотеррасовый простых боров и автономно-мелкоочаговых олиготрофных болот, 24 — водораздельный сложных боров и пестоново-мелкоочаговых мезо-олиготрофных болот, 25 — высокотеррасовый простых боров и истоково-мелкоочаговых олиготрофных болот, 26 — древнеложбинный олиготрофных болотных систем и простых боров.

болотных мезоструктур, несущих большую информацию о мелких деталях литолого-геоморфологических условий.

Детальное районирование на основе космоснимков выполнено нами для приенисейской части Западной Сибири в бассейне р. Каса (рис. 3), который охватывает три почвенно-растительных округа (см. рис. 2, № 22, 23, 35). В границах этой территории выделено 26 почвенно-растительных районов. Для гидроморфного покрова установлено девять основных типов болотных мезоструктур (см. таблицу), принятых в числе важнейших диагностических критериев порайонного расчленения.

Внутренняя разнородность районов по удельному соотношению площадей составляющих компонентов живого покрова выявляется на основе космоснимков низких орбитальных ступеней — в масштабе около 1 : 200 000, 1 : 300 000. На этом уровне осуществляется дифференциация районов на микрорайоны — максимально однородные в почвенно-растительном отношении выделы. Детальное расчленение представляет самый непосредственный интерес для практических отраслей хозяйства, поскольку выделы этого ранга (районы и микрорайоны) однородны по всем своим природным условиям (лесорастительным, лесохозяйственным, ресурсным, гидрологическим, природоохранным, мелиоративным и пр.),

порайонные характеристики отличаются конкретностью и высокой степенью детальности.

Последующее территориальное членение на основе снимков более крупного масштаба (аэрофотоснимков) представляет собой уже не процесс районирования как таковой, а разномасштабное картографирование биогеоценотического покрова. Выполненные при этом карты последовательно раскрывают внутреннее содержание низших таксонов районирования, дают исходную информацию о качественной и количественной структурах растительности и сопряженных почв, закономерностях их формирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Горожанкина С. М., Константинов В. Д. Почвенно-геоботаническое районирование подзон средней и южной тайги Западной Сибири.— В кн.: Тезисы докладов 1 Всесоюзного совещания по проблеме районирования лесного фонда СССР. Красноярск: изд. Института леса и древесины СО АН СССР, 1977, с. 41—44.
- Горожанкина С. М., Константинов В. Д. География тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1978. 189 с.
- Ильина И. С. Некоторые проблемы объективизации геоботанического районирования.— Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока, 1976, № 48, с. 49—55.
- Ильина И. С., Махно В. Д. Геоботаническое районирование. Карта-врезка к «Карте растительности Западно-Сибирской равнины». М.: ГУГК, 1976.
- Карта растительности Западно-Сибирской равнины. М.: 1 : 1 500 000/Под ред. акад. В. Б. Сочавы. М.: ГУГК, 1976.
- Смагин В. И. Принципы и схема лесорастительного районирования горных территорий Сибири.— В кн.: Типы лесов гор южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1980, с. 5—25.
- Шумпова Л. В. Ботаническая география Сибири. Томск: изд. Томск. ун-та, 1962. 439 с.

В. Д. КОНСТАНТИНОВ

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТАЕЖНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ ПО АЭРОКОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

Важнейшими составляющими геоморфологических условий почвообразования и строения почвенного покрова являются рельеф, материнские породы и литолого-стратиграфическое строение верхней зоны аэрации. Их изучение в почвоведении обычно сводится к систематизации форм поверхности, выявлению тенденций неотектоники, истории развития и возраста рельефа, сопряженного характера геохимического обмена и аккумуляции.

Первый аспект и самый детальный уровень анализа геоморфологических условий связи с генетическими почвенными исследованиями — изучение процессов почвообразования в какой-то конкретной точке поверхности. Однако уже на этом этапе необходимы сведения об элементарных формах рельефа, генетических особенностях почвообразующей породы и почв, слагающих элементарный экологический ряд и влияющих друг на друга, если горизонтальный перенос продуктов почвообразования ограничен только мощностью почвенных профилей.

Элементарные экологические ряды образуют элементарный геохимический ряд, или элементарный ландшафт (по Б. Б. Полюнову [1956]). В формировании продуктов гипергенеза уже участвуют тот или иной объем толщи почвообразующей породы и гравитационные воды верхней части зоны аэрации. Имеют место случаи, когда генетически подчиненные почвы находятся в более сложной связи, чем на уровне элементарного ланд-

шафта. Анализ пространственных взаимосвязей показал, что целесообразно выделять пять степеней сопряжения. Генетически подчинены пятой степени сопряжения пойменные почвы крупных транзитных рек; почвообразовательный эффект в них определяется как зональными условиями, так и аональными (как бы привнесенными «транзитом» из иных зон), поэтому здесь и наблюдаются наибольшие контрасты между пойменными и зональными почвами.

Второй аспект связан с изучением структуры почвенного покрова. В какой-то мере он коррелирует с первым, но здесь уже меньше внимания обращается на биогеохимические процессы, обусловленные геоморфологией, и большее значение придается приемам формализации геоморфологических параметров. Необходимо найти достаточно визуально выраженные корреляции таксонов рельефа с таксонами структуры почвенного покрова в ранге микро-, мезо-, макро-, мегакомбинаций.

Третий аспект связан с решением задач районирования почвенного покрова. С помощью системы районирования достигается интегральное выражение зональных и местных особенностей почвообразования, лесорастительных свойств почв и оптимальных вариантов хозяйственного освоения почвенных ресурсов или целого комплекса.

Для развернутого анализа геоморфологических условий почвообразования и почвораспределения в связи с вышеперечисленными задачами необходимы снимки разного масштаба и вида. При дешифрировании аэрофотоснимков выделяются простые формы рельефа и их комбинации, характерные линеаменты, русла небольших рек и временных водотоков; дешифрирование проводится непосредственно по стереоэффекту. Совокупность элементарных форм образует тот или иной тип рельефа, индикация и картирование которого проводятся по снимкам более мелких масштабов. С уменьшением масштабов резко возрастает роль косвенных дешифровочных признаков. Так, уже в масштабе около 1 : 25 000—50 000 элементарные формы рельефа плоских поверхностей по прямым признакам не дешифрируются.

К косвенным дешифровочным признакам рельефа относятся: фототон, тип мозаики (или структура фотоизображения), гидрографическая сеть, тип заболоченности, обеспечивающей в сочетании с плановой структурой лесной растительности вариации фототона и мозаику рисунка. Важная роль принадлежит истории развития рельефа и литолого-стратиграфического разреза.

Система таксонов рельефа Западно-Сибирской равнины. Кристаллический фундамент имеет тесную генетическую связь с современным рельефом; основным движущим фактором выступают эндогенные силы. Выделяют две основные категории морфоструктур — положительные и отрицательные. Ряд крупных возвышенностей и низменностей отвечает поднятиям и прогибам фундамента. По своей неотектонической роли и масштабам проявления структуры подразделяются на несколько порядков. Во внутренней зоне плиты отрицательные структуры занимают около 60% площади. Положительные структуры представлены поясами валов, групп валов, сводообразными поднятиями. Положительные структуры внешней зоны представлены выступами, ступенями, валами, цепочками и группами локальных поднятий [Архипов и др., 1970; Герасимов, 1959; Земцов, 1976; Зяткова, Кузнецова, 1970].

Морфоскульптуру рельефа составляют более мелкие морфологические детали, сложившиеся за счет экзогенных процессов, взаимодействующих с другими факторами образования рельефа. Из экзогенных факторов важнейшее значение принадлежит водно-ледниковой деятельности и морским трансгрессиям, озерно-аллювиальным процессам и биогенным факторам (роль последнего особенно велика в голоцене) [Карта..., 1976; Мещеряков, 1962; Полюнов, 1956].

В зависимости от ведущего фактора и масштабов проявления выделяют обширные территории с однотипным генезисом морфоскульптур — морфоскульптурные зоны. В границах тундры и тайги развиты: зона лед-

никово-морских форм и мерзлотно-солифлюкционных процессов (далее именуется первой зоной), зона ледниковых и флювиогляциальных форм, озерно-ледниковых равнин и эрозионно-аккумулятивных процессов (вторая зона), зона эрозионных равнин и процессов линейной эрозии (третья зона).

Анализ рельефа по космическим телевизионным снимкам м-ба 1 : 10 000 000. В ряде геоморфологических работ подчеркивается хорошо выраженная зональность седиментогенеза осадочного чехла равнины, что находит отражение в почвенно-растительном покрове и выявляется на космических снимках. Первая зона отвечает в основном тундровым и лесотундровым ландшафтам и однозначно индицируется на снимках по абсолютному доминированию почти белого гладкого фототона. Вторая морфоскульптурная зона отвечает главным образом северо- и среднетаежным ландшафтам, имеет на снимках очень характерную полосатую мегаструктуру. Третья морфоскульптурная зона коррелирует с южно-таежными, лесостепными и степными ландшафтами. В границах южной тайги она однозначно индицируется либо интенсивно темно-серым фототонном при ненарушенном покрове зональных лесов, либо серовато-белым при доминировании вторичных лесов (рис. 1).

Следующий уровень дифференциации морфоструктуры и морфоскульптуры рельефа основывается на вариациях фототона, обусловленных зональными особенностями почвенно-растительного покрова и макроструктурой.

В северной тайге положительные морфоструктуры с расчлененной поверхностью индицируются через усиление серого оттенка из-за увеличения в насаждениях относительной доли хвойных пород. Весьма контрастные признаки имеют геоморфологические рубежи — линеаменты, разделяющие структуры рельефа со сквозной связью. Положительные морфоструктуры с плоским рельефом индицируются через осветление фототона благодаря усилению ценозообразующей роли лиственницы и уменьшению сомкнутости древостоев вследствие глееобразования. Отрицательные морфоструктуры с плоским рельефом индицируются по белому почти гомогенному фототону, обусловленному абсолютным доминированием редкостных лиственничников на глееземах и болотных органогенных мелких почвах, чередующихся с открытыми болотными участками.

В пределах первой зоны картируются следующие морфоструктуры (см. рис. 1): положительные прямые (*a* — денудационные, *b* — сложные или гетерогенные денудационные), отрицательные прямые (*a* — молодые прогибы конседиментационного типа, *b* — денудационные). Положительная денудационная структура в зоне Сибирских Увалов — в верховьях р. Пур — подчеркивается строением гидросети, но мало проявляется в тональности рисунка.

В пределах второй зоны однозначно индицируются и картируются положительные сложные денудационные структуры в верховьях р. Таз, бассейне р. Дубчес, отрицательные — в бассейнах рек Аган и Вах. Некоторые же структуры индицируются, но не картируются (центральная часть Обь-Енисейского водораздела, левобережье Оби севернее р. Васюган).

По снимкам описываемого масштаба дешифрируются и более мелкие таксоны рельефа, например эрозионно-аккумулятивные ложбины сложного генезиса, где наряду с эрозионно-аккумулятивной деятельностью важная роль принадлежит тектоническому фактору: Сымская, Елогуйская депрессии. Древние ложбины стока однотипного генезиса и долины главных рек дешифрируются лишь частично.

В пределах третьей зоны, как видно из геоморфологических схем, развиты те же структуры, что и во второй, и, кроме того, появляется новый генетический тип — отрицательные аккумулятивные равнины. Южно-таежные леса представлены сомкнутыми насаждениями и имеют близкие спектральные характеристики, поэтому точность индицирования рельефа за счет вариаций фототона, обусловленного хвойными по-

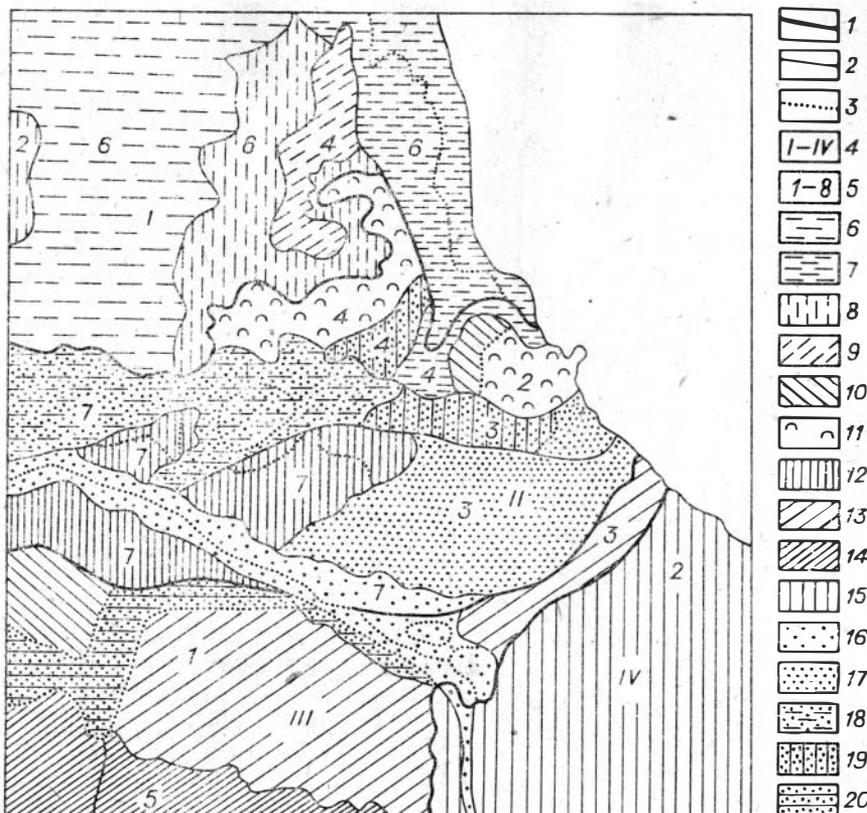


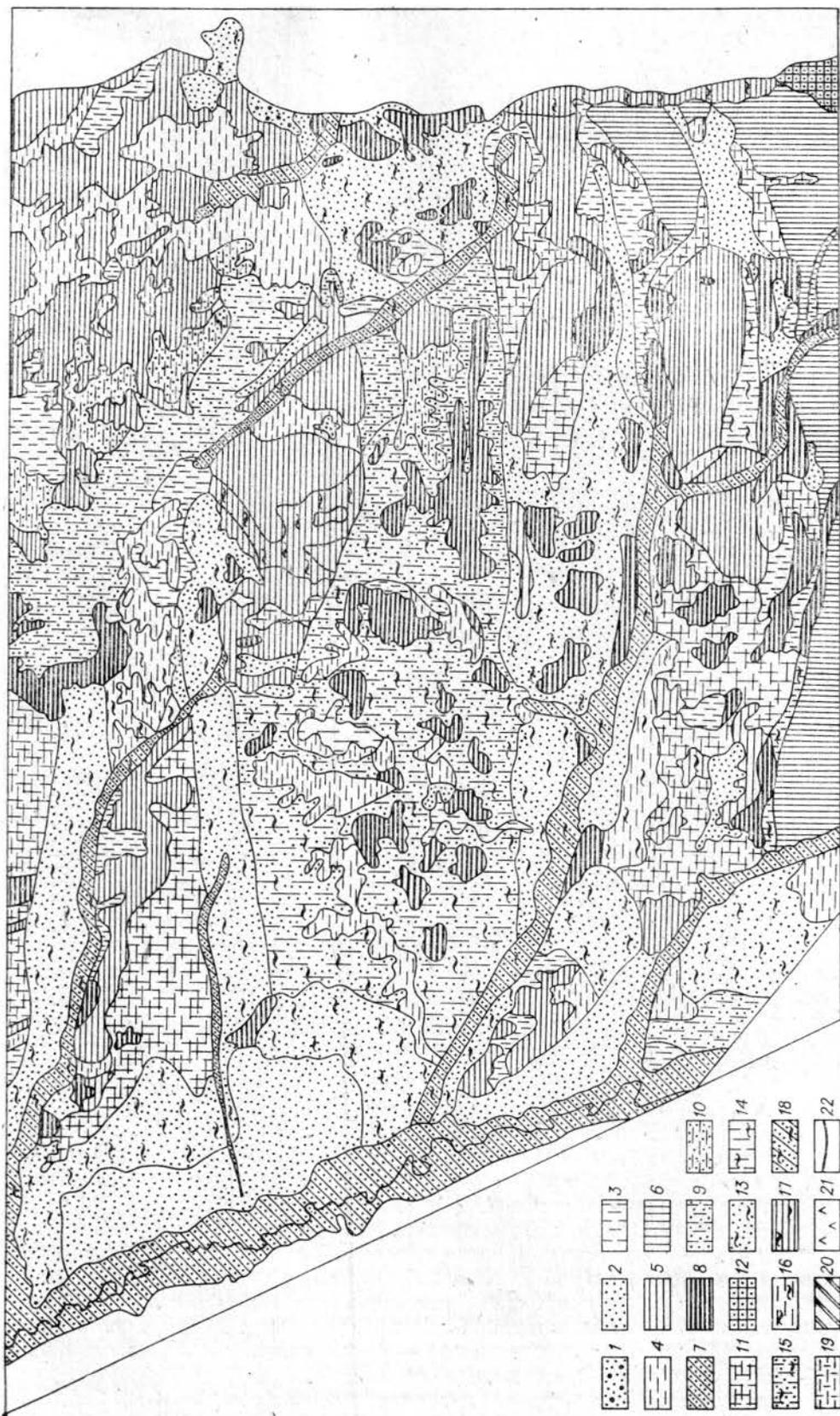
Рис. 1. Картограмма рельефа, составленная по телевизионным космоснимкам масштаба около 1 : 12 000 000.

1—3 — границы морфоскульптурных зон (I), основных морфоструктур (2), морфоструктур (3); 4 — морфоскульптурные зоны (I — ледниково-морских форм, II — ледниковые, флювиогляциальные, озерно-аллювиальные равнины, III — преимущественно аккумулятивные равнины и процессов линейной эрозии, IV — преимущественно аккумулятивно-денудационных равнин); 5 — морфоструктуры (1 — положительные аккумулятивные, 2 — положительные денудационные, 3 — положительные аккумулятивно-денудационные, 4 — положительные сложные, 5 — отрицательные аккумулятивные, 6 — отрицательные молодые прогибы конседиментационного типа, 7 — отрицательные гетерогенные аккумулятивно-денудационные). Фоновый тип рельефа в границах морфоструктур: 6 — плоские, плоскоувалистые равнины, 7 — пологоувалистые умеренно расчлененные равнины в комплексе с расчлененными склоновыми, 8 — плоскоувалистые умеренно расчлененные равнины, 9 — приподнятые холмистые значительно расчлененные равнины, 10 — плоскоувалистые приподнятые равнины, 11 — холмистый приподнятый значительно расчлененный, 12 — плоско-террасовые умеренно расчлененные равнины, 13 — плоские и плоскоувалистые умеренно расчлененные равнины, 14 — плоские слабо и умеренно расчлененные равнины, 15 — приподнятые, умеренно и сильно расчлененные равнины, 16 — аллювиально-террасовый умеренно и значительно расчлененный, 17 — задрово-террасовый плоский с элементами расчлененных и пологоувалистых относительно приподнятых равнин, 18 — задровый плоско-равнинный слабо расчлененный, 19 — древнеложбинный относительно приподнятый значительно расчлененный, 20 — гетерогенный ложбинно-террасовый плосковолнистый умеренно расчлененный.

родами, невелика в данном масштабе. Тип структуры заболоченности является, пожалуй, наиболее важным дешифровочным признаком в индикации озерных денудационно-аккумулятивных равнин перигляциальной зоны Обь-Иртышского и Енисейского междуречий.

Структуры более низкого порядка, так же как тектонические депрессии Кеть-Мендельская, Нижнекондинская, индицируются благодаря увеличению относительной доли лесоболотных ландшафтов; причем при суглинистом составе покровных отложений это выражается в мозаичности серовато-белесых и грязно-белых фототоннов с почти ясно выраженными границами, а при песчаном — белых гладких и серых оттенков диффузной текстуры и нечеткими границами.

Анализ рельефа по космотелеснимкам масштаба около 1 : 2 500 000 обладает следующими достоинствами: сохраняется целостность восприятия структур рельефа, выделенных по снимкам вышерассмотренного



масштаба, и увеличивается набор дешифровочных признаков. Это дает возможность показать морфологические особенности «внутреннего» строения основных выделов рельефа (в ряде случаев вплоть до структур первого — второго порядков) и, кроме того, индцировать фоновые почвообразующие породы с отражением их дренированности. Дешифровочные дополнительные возможности обеспечиваются за счет более высокого линейного разрешения и качественных признаков лесной растительности. В частности, удается расчленить темнохвойную и сосновую формации, значительно надежнее индцируется мелколиственная формация. Наряду с мега- и макроструктурами важную индикационную роль выполняют мезоструктуры, систематизированные по размерам, формам, пространственной ориентации структурных отдельностей.

Положительные морфоскульптуры с расчлененной поверхностью и покровными отложениями суглинистого состава тайги индцируются гетерогенным фототонном серых, светло-серых и почти белых оттенков диффузной текстуры; плоскоравнинные формы с почвообразующими породами того же состава — светло-серым фототонном, а с покровом слоистых песков, супесей — грязно-белым фототонном. Ледниковые формы с покровом суглинков дешифрируются по характерным комбинациям из каплевидных структур почти темно-серого фототона, перемежающихся со светло- и бело-серой диффузной текстурой снимка. Зандровые песчаные террасы средней тайги индцируются почти белым гладким фототонном. Резко выраженные борта ложбин стока, дренирующие флювиогляциальные и озерно-ледниковые равнины, опознаются на космических снимках по линейно вытянутой микроструктуре, а менее выраженные и сильно размытые уступы — по упорядоченному размещению заболоченных очагов, возникших на месте выклинивания грунтовых вод из-под террасовых уступов.

Литологический состав покровных отложений индцируется по текстуре: размытая, как бы не в резкости, отвечает однородным с высокой водопрпускной способностью пескам; однотонная гладкая, серого оттенка — супесям, легким суглинкам; гладкая темно-серая — суглинистому покрову; белая гладкая — органомным породам.

Яркие индикационные признаки несет тип структуры заболоченности. Для таежной зоны установлено 14 вариаций мезоструктуры, которые различаются по размерам и формам очагов заболачивания, геоморфологической приуроченности (междуречьям, древним ложбинам стока, плейстоценовым речным долинам, аллювиальным надпойменным террасам, поймам), характеру ориентированности в пространстве. Оттенки фототона и комбинации структур рисунка изображения позволяют определить границы структур рельефа низких порядков и фоновые почвообразующие породы. При ненарушенной лесной растительности дешифровочные возможности более благоприятны, нежели в нарушенных ландшафтах (рис. 2).

Анализ рельефа по крупномасштабным космическим и мелкомасштабным аэрофотоснимкам. При составлении крупно- и среднемасштабных почвенных карт и проектов хозяйственного освоения необходимы сведения о структуре рельефа вплоть до элементарных геоморфологических поверхностей в ранге речных террас. Последние являются низшими таксономическими единицами, в границах которых наблюдаются историческая общность развития литолого-стратиграфического разреза, однотипность

Рис. 2. Картограмма почвообразующих пород Обь-Енисейского междуречья, составленная по телеснимкам масштаба около 1 : 2 500 000.

Породы: 1 — пойменные песчано-галечниковые, 2 — пески рыхлые, 3 — супеси, 4 — суглинки легкие, 5 — суглинки тяжелые, 6 — золотый лесс, 7 — пойменные слоистые, 8 — органомные. Комплексы: 9 — пески, супеси, 10 — пески, легкие суглинки, 11 — супеси, легкие суглинки, 12 — супеси, суглинки золотые, 13 — пески, торфа, 14 — супеси, торфа, 15 — пески, супеси, торфа, 16 — суглинки легкие, торфа, 17 — суглинки тяжелые, торфа, 18 — пойменные слоистые торфа, 19 — суглинки средние, 20 — пойменные илистопесчаные, 21 — олееность пород; 22 — геоморфологические поверхности.

генезиса почвообразующей породы и однохарактерность морфологических признаков элементарных форм рельефа.

В качестве «базовой» элементарной геоморфологической поверхности нами принята терраса транзитных рек высшего порядка (в нашем случае — терраса долины р. Енисей). Совокупность речных террас плейстоценового возраста образует единый генетический тип морфоскульптуры, принятой нами за низшую единицу классификации морфоскульптур. К этому типу морфоскульптур относятся все плейстоценовые долины рек региона. Каждой долине присваивается свой порядок, который определяется порядком реки.

Следующий тип морфоскульптуры образуют ложбины стока. Почти все их генетическое разнообразие выявляется на мелкомасштабных космических снимках, но «внутреннее» — геологическое — строение дешифрируется по крупномасштабным космическим и мелкомасштабным аэрофотоснимкам. Ложбины представлены комплексом террасовидных поверхностей с вложениями современными долинами рек.

Вся территория за пределами ложбин стока именуется нами условно «материками». Материки могут быть простыми и сложными. Простые представлены участками поверхности однотипного генезиса, не подвергшимися размыву и переотложению водами в результате подпруживания рек и морских трансгрессий; сложные представлены комплексами из задровых (флювиогляциальных) равнин, ледниковых, водно-ледниковых равнин, совокупность которых формирует морфоскульптуру более высокого порядка, которая частично рассмотрена нами на примере космоснимков м-ба 1 : 2 150 000. Не имея возможности проанализировать особенности морфологии и литолого-стратиграфии верхнего яруса по всей системе морфоскульптур, ограничимся отдельными примерами.

Долина Енисея. Методика индикации рельефа включает прямое стереоскопирование и картирование по косвенным дешифровочным признакам. Характерные линеаменты (террасовые уступы, днища речных долин, в некоторых случаях — борта долин) подчеркиваются фототонем. Литологический состав почвообразующих пород и пространственное положение террасовых поверхностей индицируются через фототон, степень заболоченности, строение мозаик лесоболотных комплексов, морфологию гидросети — густоту, характер извилистости, плановое строение. Из элементов стратиграфического строения наиболее надежно можно определить ярусность отложений; для этого необходимо систематизировать русловую сеть по порядкам, каждому порядку отвечает свой литолого-стратиграфический разрез дренируемой толщи. На основе плановой структуры гидросети, гипсометрических отметок пунктов слияния составляется стратиграфический разрез водосбора рек первого, второго, третьего и т. д. порядков и в целом для района.

На рассматриваемом отрезке долины Енисея плейстоценового возраста наблюдается преимущественно плоская пойма, которая делится на низкую и высокую, имеет трехъярусное строение. Верхний ярус образован маломощными суглинками, второй — гравелисто-песчаный, третий — галечниковый. Первая надпойменная терраса плоская, малорасчлененная; верхний ярус тяжелосуглинисто-глинистый, второй — песчаный. Третья надпойменная терраса плоская, редко глубоко расчлененная; первый ярус — тяжелосуглинистый, второй — песчаный — гравелисто-песчаный.

Генезис четвертой террасы существенно иной; она формировалась при наличии подпора и западного стока подпорных вод. Рельеф плоский, с «дюнными» элементами. Верхний ярус — песчаный, а нижний — слоистый, с глинистыми прослоями, о чем свидетельствуют хаотически разбросанные мелкие заболоченные очаги, возникшие на местах выхода грунтовых вод.

Пятая терраса имеет доплейстоценовый возраст (?). Поверхность ее густо и глубоко расчленена. Верхний ярус слагает маломощный покров

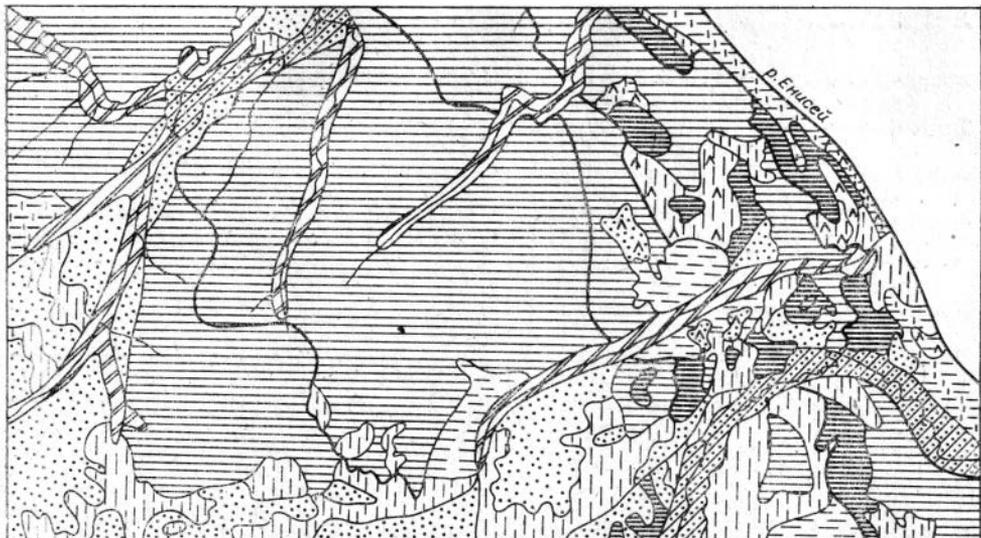


Рис. 3. Картограмма рельефа и почвообразующих пород, составленная по крупномасштабным космоснимкам. Усл. обозн. см. на рис. 2.

средних — тяжелых суглинков лессовидного облика; на карте четвертичных отложений эти породы именуются лессом. Второй ярус слагают пески.

Формирование последующих гипсометрических уровней (возможно, в эту же группу следует включить и пятую террасу) мало связано с деятельностью русловых процессов собственно Енисея; ведущую роль в их образовании играли морские трансгрессии и водно-ледниковые (?) процессы.

Древние ложбины стока, образующие этот тип морфоскульптур, существенно различаются по морфологии и гипсометрии в зависимости от масштабов неотектоники, времени образования и экзогенных факторов.

С наиболее древним циклом морских трансгрессий связано формирование Бол. Каскетской ложбины стока. Зандровые террасовидные поверхности ложбины испытали значительную переработку в результате последующей эрозионной деятельности. С более поздним циклом морских трансгрессий связано образование Сым-Каскетской ложбины стока.

В обоих случаях водами западного стока сформировано несколько террасовидных поверхностей, слагающих собственно ложбины стока. Террасы более древнего возраста в области положительных морфоструктур сильно расчленены, имеют мелкоочаговый тип заболоченности в центральной зоне и крупноочаговый — в периферических. Террасы молодых ложбин стока — плоские, малорасчлененные, с характерным плащевым типом заболоченности; лишь в пограничных участках с плейстоценовыми речными вложенными долинами расчлененность много выше и в результате спуска верхнего яруса грунтовых вод масштабы и структура заболоченности существенно иные.

Надежно индицируются на снимках вложенные современные (т. е. плейстоценовые) долины притоков. Гипсометрическое положение и литолого-стратиграфическое содержание наложенных террас определяются по аэрофотоснимкам. Методика работы в этом масштабе обычно с позиций геоморфологии, но имеет большую смысловую и методическую нагрузку в почвенно-геоботаническом плане, так как именно на этом уровне отыскиваются корреляционные связи между почвами, растительностью и простыми формами и таксонами рельефа, почвообразующими породами (рис. 3).

ЛИТЕРАТУРА

- Архипов С. А., Вдовин В. В., Мизеров Б. В., Николаев В. А. Западно-Сибирская равнина. М.: Наука, 1970. 240 с.
- Герасимов И. П. Структурные части рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 130 с.
- Земцов А. А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976. 315 с.
- Зятыкова Л. К., Кузнецова Г. Ф. Структурно-геоморфологические исследования в различных морфоскульптурных зонах Западной Сибири.— В кн.: Структурно-геоморфологические исследования в Сибири. Новосибирск: Наука, 1970, с. 5—25.
- Карта четвертичных отложений СССР (М-б 1 : 2 500 000)/Под ред. Г. С. Ганшина. М.: Мингео СССР, 1976.
- Мещеряков Ю. А. Морфоструктура Западно-Сибирской равнины.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1962, № 3, с. 3—14.
- Полынов Б. Б. Учение о ландшафтах. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 250 с.

С. М. ОВЧИННИКОВ, В. Н. СЕДЫХ, В. А. КУЛЬШИН

ДИСТАНЦИОННАЯ ИНДИКАЦИЯ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОВЕРХНОСТНО-ГЛЕЕВАТЫХ ПОЧВ СРЕДНЕТАЕЖНОГО ПРИОБЬЯ

При проведении почвенно-географических работ литолого-морфологическое строение территории обычно служило основой для изучения закономерностей пространственного распределения почв и почвенного покрова. Границы почвенных выделов при составлении почвенно-картографических материалов проводились в соответствии с границами литолого-геоморфологических разностей, а при отсутствии сведений о почвообразующих породах пространственные закономерности изменения почвенного покрова контролировались главным образом рельефом. В этом случае данным о растительности придавалось второстепенное значение и различные тематические карты растительного покрова применялись как подсобный материал.

Использование в почвоведении аэроснимков, начавшееся в 1930-х гг. [Гавеман, Ливеровский, 1953], и применение космических снимков в настоящее время повысили роль растительности при изучении и картографировании почв. При изучении же по аэро- или космическим снимкам почв таежных территорий знанию растительного покрова и сопряженности его границ с границами почвенных выделов стало придаваться первостепенное значение [Гавеман, Ливеровский, 1953; Вавилов, 1964; Березин и др., 1969; Афанасьева и др., 1977; Зонн, 1979; Корсунов, 1979; и др.]. Это вызвано тем, что на аэрокосмических снимках непосредственно отображаются признаки растительного покрова, которые и позволяют при интерпретации изображений принимать их в качестве основания для установления границ почвенных выделов. Возникла необходимость более глубокого изучения взаимосвязей между почвой, рельефом и растительностью для использования признаков последней в дешифрировании почв на аэрокосмических снимках.

Дешифрирование почв таежных территорий базируется на анализе изображения лесных сообществ, приуроченных к различным почвам, связи которых изучаются наземными исследованиями. Подобная методика выявления почв и почвенного покрова на аэроснимках развита довольно основательно [Афанасьева, Петрусевич, 1977], тем не менее нерешенные задачи еще имеются.

Лесной покров любой территории представляет собой сочетание в пространстве древостоев так называемых коренных типов леса и их производных. Возникновение производных типов леса связано с пожарами,

рубками, ветровалами и другими экзогенными и антропогенными факторами. Это означает, что к одним и тем же почвам могут быть приурочены лесные сообщества, различающиеся по видовому составу, структуре, продуктивности и соответственно по индикационным признакам. В связи с этим возникает проблема выяснения взаимосвязей не между отдельными насаждениями и почвой, а между совокупностью генетически связанных лесных сообществ и почвенным покровом, в чем и заключается сложность задачи индикации почв таежных территорий. Решение этой задачи зависит от уровня знаний динамики лесов, осуществляющейся на тех или иных почвах, и способов интерпретации этой динамики для дешифрирования почв и почвенного покрова. О возможности такого подхода к решению рассматриваемой задачи говорится в работе В. Н. Седых [1981].

В составе почвенного покрова среднетаежного Приобья имеются весьма различные группы или классы почв бореального ряда со своеобразным строением почвенного профиля [Гаджиев, Овчинников, 1977]. Среди автоморфных почв доминируют подзолистые поверхностно-глееватые, которые формируются на суглинисто-глинистых породах, широко распространенных на надпойменных террасах и междуречных равнинах. Лесной же покров в пределах простираения этих почв довольно разнообразен. К ним приурочены различного возраста березовые, березово-кедровые и кедровые насаждения, типичные для района исследований.

О приуроченности древостоев различных лесообразующих пород к одним и тем же почвам свидетельствуют характеристики двух почвенных разрезов, заложенных в бассейне р. Ларь-Еган. Оба разреза заложены на расчлененном холмисто-увалистом междуречье в верхней части увала (абсолютная высота над уровнем моря 87 м).

Один из участков, на котором был описан разрез 714, покрыт 55-летним березняком высотой 13 м и полнотой 0,8, с запасом 100 м³/га. Подрост состоит преимущественно из кедра и частично — из ели (возраст 30 лет, высота 1 м, численность 2 тыс. шт/га). В подлеске редко встречаются шиповник и рябина. Травяно-кустарниковый ярус образуют черника, брусника, линнея северная, осока шаровидная, проективное покрытие которых не превышает 10%. В моховом покрове, мощность которого достигает 5—7 см, преобладают плеурозий Шребера, гилокомий блестящий, редко встречается кукушкин лен.

Березняк возник после пожара на месте кедровника, о чем свидетельствуют наличие углей под слоем подстилки и присутствие обгорелых остатков и сухостойных деревьев кедра. Насаждение относится к третьей фазе развития восстановительно-возрастной динамики кедровых лесов, как показано на схеме.

Схема послепожарной восстановительно-возрастной динамики кедровых лесов и признаки отображения их возрастных этапов развития

Фаза, продолжительность, лет

Характеристика фазы

1
от 1 до 15—20

Фаза возобновления лиственных и хвойных пород. Заселение гарей березой (осиной) продолжается 5—20 лет и прекращается при образовании сомкнутого полога. Возобновление ели, пихты и кедра происходит одновременно с лиственными и продолжается в последующей фазе.

Живой напочвенный покров в сочетании с несомкнувшимися молодняками лиственных пород и обильным сухостоем образует на снимке серый тон изображения полосчатой текстуры. Характерны темные и светлые пятна различной формы, индицирующие присутствие темнохвойных пород сохранившихся допожарных генераций.

2
от 15—20 до 40

Фаза развития сомкнутых лиственных пород и возобновления темнохвойных пород. На фотоснимках отличаются серым гладким тоном изображения с хорошо выраженным полосчатым рисунком. Полосчатость рисунку придают тени, отбрасываемые сухостойными деревьями. Характерны также темные и светлые пятна, связанными с присутствием деревьев допожарных поколений.

3
от 40 до 80

Фаза интенсивного роста лиственных древостоев и формирования под-
роста темнохвойных пород в сомкнутые биогруппы. Высокоомкнутые
лиственные древостой образуют гладкий или мелкозернистый светло-
серый до белого тон фотозображения. Полосчатость рисунка отсутст-
вует в связи с полным отпадом сухостойных деревьев. Характерны
темные точки и пятна различной формы, образуемые темнохвойными
породами допожарных поколений.

4
от 80
до 120—140

Фаза формирования двухъярусных насаждений. Древостой березы и
осины имеют максимальные таксационные показатели. Отмечаются
активный рост пихты, ели и кедра и образование из них второго яруса.
Изображение насаждений на аэроснимках отличается мягкой зернистой
структурой светло-серого тона. Характерно обилие темных мелких
пятен, указывающих на присутствие темнохвойного яруса под пологом
лиственных древостоев.

5
от 120 до 160

Фаза формирования одноярусных лиственно-темнохвойных насажде-
ний и распада лиственных древостоев. Темнохвойные породы преобла-
дают по запасу. Для изображения насаждений на аэроснимках харак-
терен мозаичный рисунок, образуемый сочетаниями светлых и темных
пятен.

6
от 160 до 200

Фаза физической спелости кедрового древостоя. Разрушаются пихто-
вые древостой первой генерации, и начинается активный отпад ели.
Общий запас насаждений достигает максимальной величины. Участие
кедра в составе древостоев 60—90%. Завершается восстановление до-
пожарных кедровников. Для фазы характерно преобладание темного
цвета в изображении насаждений. Распространены отдельные светлые
пятна, указывающие на присутствие лиственных пород, доминировав-
ших на ранних фазах развития.

На черно-белом фотоснимке осеннего залета древостой березы отоб-
ражен мелкозернистым светло-серым тоном. Участок имеет четкие гра-
ницы и контрастно выделяется на общем фоне фотоснимка.

Почвенный разрез (Р. 714) характеризуется следующими морфологи-
ческими признаками генетических горизонтов.

		Мощность, см
A_0	Коричневая влажная оторфованная подстилка; в нижней части мно- го угольков; переход резкий	0—9
A_{2g}	Белесый с сизовато-бурыми пятнами; влажный, легкоглинистый, рыхлый, пластинчато-листоватой структуры; много корней; заметны мелкие и мягкие темно-ржавые орштейны; переход ясный, граница перехода неровная	9—15
A_{2B}	Бурый с белесыми пятнами; влажный, легкоглинистый, рыхлый, комковато-пылеватой структуры; много корней; переход постепенный	15—27
B_1	Светло-бурый; влажный, легкоглинистый, плитчато-пластинчатой структуры с белесой присыпкой по граням структурных отдельностей (педов), уплотнен; много корней; переход ясный	27—51
B_2	Светло-бурый; влажный, легкоглинистый, плитчато-ореховатой структуры; в межструктурных отдельностях (педях) отмечается максим- альное количество белесой присыпки; крупные плитчатые отдельности распадаются на более мелкие ореховатые частички; встречаются корни; переход постепенный	51—93
B_{3g}	Бурый с ржавыми и сизыми пятнами; влажный, легкоглинистый, плотный, призматическо-плитчатой структуры; на гранях структурных отдельностей (педов) белесая присыпка; единично встречаются живые и мертвые корешки; переход постепенный	93—117
BC_g	Бурый с ржавыми и сизыми пятнами; легкоглинистый, по сравне- нию с предыдущим горизонтом более опесчанен, плотный, призматич- еской структуры; редко встречаются корешки; переход постепенный	117—131
BC_g^*	Бурый с ржаво-сизыми пятнами; влажный, легкоглинистый, плот- ный, крупно-призматической структуры; много орштейнов; переход постепенный	131—170
C_g	Сизовато-палевый с ржавыми пятнами; мокрый, легкоглинистый, плотный; по граням структурных отдельностей считается вода; уровень воды установился через 15 ч на глубине 137 см по стенке разреза. Вскы- пание от HCl по всему профилю отсутствует	170—210

Почвообразующими породами являются бескарбонатные легкие
глины.

Второй почвенный разрез (Р. 715) заложен на удалении 400 м от первого на подобной же расчлененной поверхности.

Участок покрыт 220-летним кедровником IV класса бонитета, полнотой 0,5, с запасом 200 м³/га. В составе древостоя имеется примесь ели и пихты. Подрост образуют темнохвойные породы с доминированием кедра (средний возраст 40 лет, количество до 10 тыс. шт/га). Подлесок отсутствует. В травяно-кустарничковом ярусе брусника, черника, хвощ лесной, осока шаровидная, линнея северная. Моховой покров мощностью до 20 см образован зелеными мхами и кукушкиным льном. Пятнами по микрозападинам встречается сфагнум. Под слоем подстилки встречаются угольки, что свидетельствует о послепожарном происхождении кедровника, которые согласно восстановительно-возрастной динамике относятся к шестой фазе развития вышеприведенной схемы.

На аэрокосмофотоснимке участок отображается мелкозернистым темным тоном.

Почва имеет следующее морфологическое строение:

		Мощность, см
<i>A₀</i>	Горпчевая влажная полуразложившаяся подстилка; встречаются мицелии грибов; переход резкий	0—10
<i>A_{2g}</i>	Белесоватый с бурыми пятнами; влажный, легкоглинистый, рыхлый, непорочно-комковатой структуры; много корней; заметны мажущиеся темно-ржавые орштейны; переход ясный, граница переходов неровная	10—15
<i>A_{2B}</i>	Темно-бурый с белесыми пятнами; влажный, легкоглинистый, рыхлый, комковато-пылеватой структуры; встречаются крупные и мелкие корни; переход постепенный	15—20
<i>B₁</i>	Бурый; влажный, легкоглинистый, слабо уплотненный, плитчато-пластинчатой структуры с белесой присыпкой по граням структурных отдельностей (педов); много корней; переход постепенный	20—55
<i>B₂</i>	Светло-бурый; влажный, легкоглинистый, слабо уплотненный, плитчато-ореховатой структуры; на поверхности структурных отдельностей (педов) находится максимальное количество белесой присыпки; крупные структурные отдельности легко распадаются на мелкие плточки; встречаются корни; переход постепенный	55—95
<i>BC_g</i>	Бурый с ржавыми пятнами; влажный, легкоглинистый, призматической структуры, плотный; заметны мелкие орштейны; встречаются единичные живые и мертвые корешки; переход постепенный	95—138
<i>C_g</i>	Светло-бурый с ржавыми и сизыми пятнами; верхняя часть горизонта мокрая, а нижняя мерзлая; между структурными отдельностями заметны линзы льда, которые имели распространение до глубины 235 см; на поверхности мерзлого горизонта скапливается верховодка; вода мутная без запаха. Вскипание от HCl по всему профилю отсутствует	138—200

Как видно из описания, почвенные разрезы характеризуются сходными морфологическими признаками. В описанных профилях почв выделяется оторфованный горизонт *A₀*, сравнительно маломощный осветленный с признаками оглеения горизонт *A_{2g}*, ниже которого идут бурый с белесыми пятнами переходный горизонт *A_{2B}* и бурые или светло-бурые, обычно неоглеенные или слабо оглеенные подгоризонты *B₁*, *B₂* и *B₃*. В нижней части профиля вновь появляются отчетливые признаки оглеения, не связанные с грунтовыми водами. Последние залегают на глубине более 10 м и не оказывают влияния на почвообразование данных профилей. Степень оглеения нарастает с глубиной и достигает максимума в нижних частях иллювиального горизонта или в почвообразующих породах. Таким образом, в профилях изученных почв постоянно наблюдается пространственная разобщенность двух зон «атмосферного» глея — периодического иллювиального оглеения в осветленном горизонте *A₂* и более стабильного «полузастойного» висячего глея в нижней части профиля.

Этим почвам присущ достаточно однородный по профилю легкоглинистый механический состав (табл. 1), среди фракций преобладают крупнопылеватые, содержание которых достигает 41%. Песчаная фракция играет незначительную роль. Количество илистых частиц и так назы-

Механический состав подзолистых поверхностно-глеватых почв

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Потеря от обработки НС1	Количество частиц (%) различного диаметра (мм)						
			1—0,25	0,25— —0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005— —0,001	<0,001	<0,01
<i>Разрез 714</i>									
A_{2g}	9—15	1,1	1,3	5,7	38,5	14,3	15,2	23,9	53,4
A_{2B}	15—20	1,1	1,3	6,7	33,1	13,5	14,3	30,0	57,8
B_1	35—40	0,9	1,2	4,2	41,6	13,3	13,4	25,4	52,1
B_2	65—70	1,2	0,4	18,5	21,7	12,3	11,7	34,2	58,2
B_{3g}	100—105	1,3	0,3	8,4	30,8	9,2	11,0	39,0	59,2
BC_g	120—125	1,4	0,8	20,1	22,8	10,5	7,0	37,4	54,9
BC_g	145—150	1,0	4,2	22,9	20,3	6,1	10,3	35,2	51,6
C_g	205—210	1,7	0,6	13,0	26,8	9,5	10,4	38,0	57,9
<i>Разрез 715</i>									
A_{2g}	10—15	1,2	1,2	6,2	38,6	14,8	17,4	20,6	52,8
A_{2B}	15—20	1,7	1,1	6,3	38,7	14,0	13,8	24,4	52,2
B_1	35—40	1,0	1,1	4,7	38,6	14,4	14,4	25,8	54,6
B_2	65—70	1,4	0,2	3,6	36,2	13,0	12,2	33,4	58,6
BC_g	125—130	2,7	0,4	10,1	24,8	12,5	14,2	35,3	62,0
C_g	195—200	1,5	0,9	15,1	26,3	11,8	8,2	36,2	56,2

ваемой физической глины постоянно увеличивается книзу, достигая наибольших величин в иллювиальных горизонтах почвенного профиля. Потеря тонкодисперсной фракции в элювиальном горизонте может быть связана с разрушением илистых частиц (истинное оподзоливание) и с выносом их без разрушения (лессиваж).

Результаты химических и физико-химических анализов (табл. 2, 3) подтверждают близость изучаемых почв. Распределение гумуса по профилю почти одинаково в обоих разрезах при небольшом различии в содержании его в верхнем горизонте. В слое подстилки, судя по потере при прокаливании, находится 73—80% органического вещества. Под березовыми насаждениями менее развит моховой покров, поэтому зольность подстилки в них выше, чем в подстилке кедровников, где моховой покров развит сильнее. В верхнем минеральном горизонте A_2 содержание гумуса в почвах под березняками достигает 3,44%, а в почвах под кедровником 2,80%. В иллювиальных подгорizontах обоих разрезов содержание гумуса практически одинаково, а с глубиной резко падает. На глубине 50—60 см содержание его не превышает 0,41%.

Почвы характеризуются кислой реакцией среды, особенно в подзолистом горизонте ($pH_{\text{водн}} 4,4—4,8$). Нижележащие горизонты имеют менее кислую реакцию. Поглощающий комплекс описываемых почв слабо насыщен основаниями. В элювиальных горизонтах ненасыщенность составляет 51—60%, а в иллювиальных подгорizontах резко снижается. В составе поглощенных оснований кальций преобладает над магнием.

Валовой химический анализ показывает, что в описываемых почвах элювиальный горизонт обеих почв обеднен валовым железом и алюминием, относительно обогащен кремнеземом, что иллюстрируется изменениями величин молекулярных отношений SiO_2/R_2O_3 , более узких в горизонте B_1 , чем в A_2 . Что касается окислов кальция и магния, то вынос их из горизонтов незначительный.

Механический и валовой химический анализы почвенных образцов из обоих разрезов весьма сходны, что проявляется в дифференциации гранулометрического и химического состава почвенных профилей, характерных для суглинистых или легкоглинистых подзолистых поверх-

Таблица 2

Некоторые физико-химические свойства подзолистых поверхностно-глееватых почв

Горизонт	Глубина взятия образца, см	рН		Гумус по Тюрину, %	Обменные катионы, мг-экв/100 г почвы, по Гедройцу			Ненасыщенность, по Н, %
		водный	солевой		Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+	
<i>Разрез 714</i>								
A ₀	0—9	5,9	4,6	73,60 *	Не опр.	Не опр.	Не опр.	—
A _{2g}	9—15	4,8	4,1	3,44	2,80	2,40	5,52	51,49
A _{2B}	15—20	4,8	4,2	1,78	5,76	1,20	3,28	32,03
B ₁	35—40	4,9	4,4	0,39	6,80	1,60	1,76	17,32
B ₂	65—70	4,9	4,4	0,23	13,40	6,00	1,16	0,82
B _{3g}	100—105	5,1	4,6	0,18	22,60	6,00	0,08	0,28
BC _g	120—125	5,4	4,7	Не опр.	20,40	9,40	0,06	0,20
BC' _g	145—150	5,6	4,8	»	16,60	5,40	Не опр.	—
C _g	205—210	5,7	4,9	»	20,60	6,80	»	—

Разрез 715

A ₀	0—10	5,0	3,7	80,00 *	Не опр.	Не опр.	Не опр.	—
A _{2g}	10—15	4,4	3,4	2,80	2,18	2,81	7,65	60,58
A _{2B}	15—20	4,6	3,5	1,13	2,96	1,31	3,34	43,88
B ₁	35—40	4,6	3,6	0,53	15,27	7,41	1,83	7,46
B ₂	65—70	4,8	3,6	0,41	18,40	7,65	1,10	4,05
BC _g	125—130	5,0	4,1	Не опр.	15,41	6,11	Не опр.	—
C _g	195—200	5,3	4,1	»	20,76	7,13	»	—

* Потери при прокаливании.

ностно-глееватых почв средней тайги Западной Сибири [Караваяева, 1973; Гаджиев, Овчинников, 1977 и др.].

Таким образом, признаки морфологического строения профилей, данные по механическому и химическому составу обоих почвенных профилей, характеризуют одну и ту же подзолистую поверхностно-глееватую почву, к которой приурочены лесные сообщества, резко различающиеся фитоценоотическими признаками и изображениями на аэрокосмоснимках.

Таблица 3

Валовой химический состав подзолистых поверхностно-глееватых почв

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Потери при прокаливании, %	% на прокаленное вещество								Молекулярные отношения		
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	
			Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃								
<i>Разрез 714</i>													
A _{2g}	9—15	7,83	73,80	15,50	4,74	0,98	1,17	0,13	0,14	8,1	6,7	41,0	
A _{2B}	15—20	7,50	71,16	16,73	5,71	1,50	1,08	0,29	0,10	7,2	5,9	32,9	
B _{3g}	100—105	6,41	70,67	17,28	5,77	0,76	1,95	0,06	0,12	7,0	5,7	32,7	
C _g	205—210	5,97	71,60	15,66	5,95	2,14	1,15	0,13	0,12	7,8	6,3	32,2	
<i>Разрез 715</i>													
A _{2g}	10—15	10,75	75,61	14,58	3,80	1,11	0,79	0,04	0,29	8,8	7,5	52,5	
A _{2B}	15—20	7,42	74,43	16,17	5,16	1,08	1,10	0,12	0,07	7,8	6,5	38,7	
B ₁	35—40	5,18	74,63	16,59	5,16	1,50	0,86	0,21	0,04	7,6	6,4	38,9	
C _g	195—200	5,88	71,94	15,20	5,81	2,13	1,28	0,09	0,13	8,0	6,5	33,3	

На подобных местообитаниях, как отмечалось выше, также повсеместно присутствуют лиственные древостои с подростом или со вторым ярусом темнохвойных пород, которые с точки зрения генетической классификации лесов [Колесников, 1956] являются составными элементами одного типа леса или звеньями одного процесса, или возрастными этапами восстановительно-возрастной динамики кедровых лесов среднетаежного Приобья пирогенного происхождения [Седых, Смолоногов, 1975; Седых, 1979].

Согласно этой динамике, пожары, воздействуя на лес, приводят к разрушению насаждений кедра и тем самым к возникновению условий для поселения на гарях лиственных и темнохвойных пород.

Длительно развиваясь под лиственным пологом, темнохвойные породы в 140—160 лет становятся доминирующими в лесных сообществах, и только в возрасте 160—200 лет завершается восстановление дожарных кедровников. На протяжении 200 лет насаждения проходят шесть фаз развития, закономерно и последовательно сменяющихся во времени. Каждая фаза отличается определенным строением, продуктивностью, морфологией лесных сообществ и соответственно — изобразительными признаками на аэрокосмоснимках.

Как выяснилось, каждому этапу восстановительно-возрастной динамики кедрчехи зеленомошниковых свойств определенный характер изображения лесных сообществ на фотоснимках, который обусловлен состоянием и пространственным положением структурных элементов фитоценозов. Рисунок насаждений первых трех фаз развития формирует сухой, отдельные живые деревья дожарных поколений или их группы и последожарные лиственные древостои. Изображения же насаждений 4-, 5- и 6-й фаз развития связаны с пространственным положением древостоя только последожарных генераций и зависят от положения по высоте темнохвойного яруса. С увеличением высоты темнохвойного яруса увеличивается площадь темного тона, и уменьшается в связи с отпадом лиственных древостоев площадь белого. Отсюда восстановительно-возрастная динамика, с одной стороны, позволяет объяснить причину многообразия строения и изображений лесных сообществ, приуроченных к одним и тем же местообитаниям, с другой стороны, что важно для рассматриваемого вопроса, раскрывает их ценогенетические связи. Последнее служит основанием для использования всей совокупности контрастно-различающихся насаждений в качестве дешифровочного признака при идентификации подзолистых поверхностно-глееватых почв на уровне подтипа, а также показывает необходимость привлечения знаний о лесообразовательном процессе для изучения почв и почвенного покрова с использованием аэрокосмических фотоснимков.

Следует отметить, что необходимость использования всей совокупности генетически связанных насаждений возникает при индикации почв на уровне подтипа и более крупных таксономических единиц. Идентификация же почв на уровне более мелких таксонов, чем подтип, будет ограничиваться дешифровочными признаками лесных сообществ отдельных возрастных этапов восстановительно-возрастной динамики лесов.

ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьева Т. В., Петрусевич Ю. М., Трифонова Т. А. Практикум по дешифрированию аэрофотоснимков при почвенных исследованиях. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1977. 158 с.
- Березин А. М., Вавилов Е. И., Григорьев А. А. Индикационная роль лесной растительности при дешифрировании почв и четвертичных отложений. Л.: Наука, 1969. 128 с.
- Вавилов Е. И. Дешифрирование и картирование почвенного покрова лесной зоны на примере Белоруссии. — В кн.: Опыт картирования растительности и почв по аэроснимкам. М. — Л.: Наука, 1964, с. 17—27.

- Гавеман А. В., Ливеровский Ю. А. Аэросъемка в почвенном картировании. — Почвоведение, 1953, № 3, с. 1—9.
- Гаджиев И. М., Овчинников С. М. Почвы средней тайги Западной Сибирь. Новосибирск: Наука, 1977. 152 с.
- Зонн С. В. Проблемы географии и перспективы их решения аэрокосмическими методами. — В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. М., 1979, с. 5—11.
- Кубленников Б. П. Кедровые леса Дальнего Востока. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 264 с.
- Корсунов В. М., Боболева Э. Е., Карпенко В. Д., Плешиков Ф. И. Картирование почвенного покрова таежных ландшафтов с использованием дистанционных методов. — В кн.: Исследование таежных ландшафтов дистанционными методами. Новосибирск: Наука, 1979, с. 135—151.
- Седых В. Н. Формирование кедровых лесов Приобья. Новосибирск: Наука, 1979. 112 с.
- Седых В. Н. Дистанционная индикация восстановительно-возрастной динамики кедровых лесов Среднего Приобья. — В кн.: Дистанционная индикация структуры таежных ландшафтов. Новосибирск: Наука, 1981, с. 36—49.
- Седых В. Н., Смолоногов Е. П. Восстановительная динамика темнохвойно-кедровых лесов низовой реки Назым. — В кн.: Лесообразовательный процесс на Урале и Зауралье. Свердловск: изд. Уральского научного центра, 1975, с. 146—168.

В. Н. СЕДЫХ, В. С. СИДОРОВА

ТЕКСТУРА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ НА АЭРОСНИМКАХ

Таблицы хода роста древостоев, составленные для решения различных лесохозяйственных задач, содержат таксационные показатели возрастных изменений леса — состава лесных пород, среднего диаметра, средней высоты и запаса древостоев и т. д. [Анучин, 1971]. Возраст является важнейшим таксационным признаком, по данным которого можно получить из таблиц все необходимые количественные характеристики леса. В свою очередь, таблицы хода роста позволяют решать и обратную задачу определения возраста насаждений по значениям других таксационных показателей, что существенно важно для разработки метода лесотаксационного дешифрирования аэроснимков. Если в таблицы наряду со стандартными таксационными признаками ввести изобразительные характеристики насаждений, то станет возможным решение задачи количественного дешифрирования лесов как визуальным способом [Седых, 1983], так и с помощью ЭВМ.

Анализ строения лесных сообществ, развивающихся согласно схеме восстановительно-возрастной динамики кедровых лесов [Седых, 1981], и их изображений на аэроснимках показал, что связь между возрастом насаждений и состоянием проекции древостоев на верхнюю горизонтальную плоскость, а следовательно, и характером изображений на аэроснимках является закономерной и устойчивой. Каждой фазе развития насаждений свойственно определенное изображение. В связи с возрастным изменением количества и размерных показателей деревьев однозначно изменяется текстура, а тон изображений постепенно трансформируется из светлого в темный. Наиболее информативным признаком изображений, раскрывающим изменение состояний лесных сообществ, оказалась текстура, на основании которой были разработаны изобразительные характеристики насаждений для визуальной индикации динамики кедровых лесов [Седых, 1981].

Развитие современной вычислительной техники и математических методов обработки изображений позволяет перейти от визуального дешифрирования к количественному описанию изображений на ЭВМ. От автоматизации лесного дешифрирования следует ожидать более объективного выделения лесных сообществ на аэроснимках и получения более точных таксационных характеристик.

Аэрокосмические изображения принято характеризовать тоном, текстурой и контекстом [Nahalick, 1973]. Тон — это поточечная характеристика изображения, когда в каждой точке (элементе разрешения изображения) определяется значение вектора яркостей в каждом спектральном канале (для многоспектральной съемки). Текстура обычно характеризует устойчивое пространственное распределение яркостей на изображении (как правило, в одном из спектральных каналов) и часто дается статистической мерой по небольшому блоку изображения. Контекст характеризует взаиморасположение блоков, окружающих заданный блок. Эти признаки всегда присутствуют на изображении, но роль их может быть различна. Она зависит как от способа получения изображения (прямая трансляция со спутника в оцифрованной форме в одном или нескольких спектральных каналах, аэрофотосъемка) и масштаба снимков, так и от характера самих физических объектов на изображении.

Важная роль текстуры при описании изображений очень широкого класса объектов отмечается рядом крупнейших специалистов [Ehrich, 1978]. Известно, что даже при многоспектральной космической съемке, когда основная роль в процессе различения и классификации объектов принадлежит многомерному вектору яркостей, присоединение текстурного признака повышает точность классификации на 10—15% [Ehrich, 1973].

На черно-белых аэрофотоснимках осеннего залета масштаба 1 : 50 000, использованных при решении поставленной задачи, текстура изображений имеет исключительно важное значение. Исследование морфоструктуры насаждений и их изображений показывает [Седых, 1981], что именно качественное описание главным образом текстуры характеризует сообщество в целом в каждую фазу развития и позволяет различать эти фазы. Изображения лесных сообществ характеризуются частым чередованием пятен различной яркости, причем расположение пятен статистически устойчиво для каждого сообщества, что является основой для их дешифрирования. Для данного масштаба снимков каждое относительно однородное по тону пятнышко изображения — это обычно группа деревьев одной породы или теневой провал между группами деревьев. Отдельно стоящие деревья, а тем более очертания их крон, при этом масштабе просматриваются плохо. Поэтому физической основой выделения лесного массива на снимках описываемого масштаба является взаиморасположение групп различных лесных пород, образующих сообщества.

Для математического описания текстуры изображения леса могут быть использованы различные модели [Nahalick, 1973; Weszka, 1976; Ehrich, 1972]. Особенно популярны сейчас статистические модели, наиболее простые и дешевые [Rosenfeld, 1979]. Кедровникам зеленомошной группы типов леса, возникшим на гарях и развивающимся совместно с березовыми древостоями, свойственна довольно простая зернистая текстура — сочетание светлых и темных пятен (светлый тон соответствует березе, темный — кедру). С возрастным развитием пропорции кедра и березы в составе насаждений закономерно изменяются, в связи с чем меняется и текстура. Эта текстура может быть охарактеризована простой в вычислительном отношении статистикой Дж. Вешки [Weszka, 1976], согласно которой измеряется вероятность разностей яркости в двух точках с заданным расстоянием $\vec{\delta}$ в паре этих точек по небольшому блоку изображения. Используя различные меры статистики, можно подчеркнуть те или иные особенности текстуры [Weszka, 1976]. В данном случае была использована средняя разность по блоку для $\arg(\vec{\delta}) = 0$ и $\text{mod}(\vec{\delta}) = \bar{1}$. Эта мера легко связывается с визуальным восприятием текстур, особенно простых, и тем самым облегчает анализ изображения. Чем мельче и контрастней текстура, тем больше значение меры.

Сопоставляя значения возраста леса и меры текстуры через определенный интервал времени, можно получить кривую хода роста текстуры

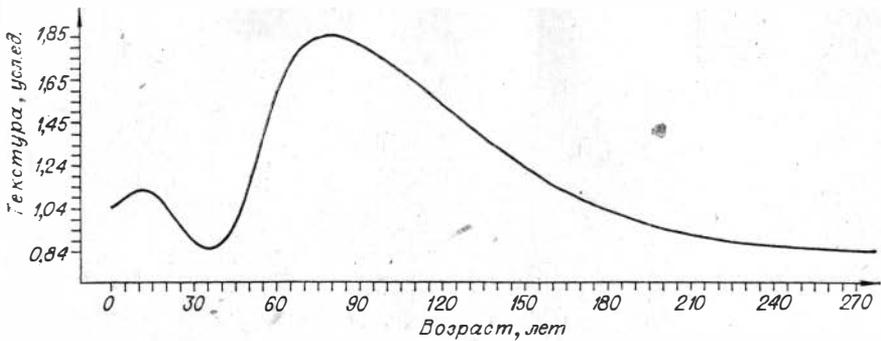


Рис. 1. Кривая хода роста текстуры в зависимости от возраста сообщества.

в дополнение к аналогичным кривым для таксационных показателей. Для точного построения кривой желательно измерить текстуру лесных сообществ через небольшой возрастной интервал, но, к сожалению, для этого пока нет достаточного объема данных. Была построена приближенная кривая (рис. 1) по данным замера текстуры лишь в нескольких узловых точках, соответствующих разным фазам развития насаждений. Промежуточные же точки были получены с помощью кубической сплайн-интерполяции. Естественно предположить, что кривая поведения текстуры должна быть плавной, поскольку она отражает постепенное возрастное изменение состояний леса. Поэтому сплайн-функция должна довольно точно приближаться к искомой кривой [Стечкин, Субботин, 1976].

Для определения значения текстуры в узловых точках был использован автоматический метод выделения протяженных однородных по текстуре областей [Алексеев и др., 1981]. Путем сопоставления этих областей с известными насаждениями (возраст которых был определен наземной таксацией), отраженными на снимке, формировались узловые точки: возраст — среднее значение текстуры по области. Благодаря большим площадям областей обеспечивалась достаточная статистика.

Поведение возрастной кривой текстуры восстановительно-возрастной динамики кедровников оказалось в полном соответствии с ожидаемым. В начальной фазе развития (до 20 лет) изображение лесных участков имеет преимущественно серый тон и слабо выраженную полосчатую текстуру. Следует отметить, что в это время, пока молодняки еще не сомкнуты, не выпал сухостой и живой напочвенный покров отображается на аэроснимках, текстура может быть весьма разнообразной — гладкой, полосчатой, зернистой и т. д. Соответственно поведение текстуры в первой фазе довольно неустойчиво. Она может в любой части фазы иметь максимум или даже два, но значения ее всегда низкие, и разброс их невелик. Далее, по мере смыкания крон березы, во второй фазе развития (20—40 лет) средний тон светлеет, текстура устойчиво уменьшается и достигает минимума. Третья фаза развития (40—80 лет) характеризуется высокой сомкнутостью древостоев березы. Освещенные части крон деревьев в сочетании с затененными частями образуют на изображениях зернистую, хорошо читаемую текстуру. Кривая текстуры монотонно поднимается. В четвертой фазе (80—120 лет) происходит активный распад древостоев березы и в связи с этим постепенное освобождение второго темнохвойно-кедрового яруса. Оба яруса в совокупности на изображениях образуют хорошо выраженную текстуру, которая в это время достигает максимума. В пятой (120—160 лет) и шестой (160—200 лет) фазах развития с проникновением кедра в верхний полог и продолжающимся отпадом березы средний тон изображений темнеет, текстура уменьшается, достигает минимума и далее стабилизируется.

Текстурные кривые роста строились по данным различных снимков одного залета, близких по техническим условиям обработки. Однако с целью уменьшения имеющихся различий в общем тоне и контрасте изо-

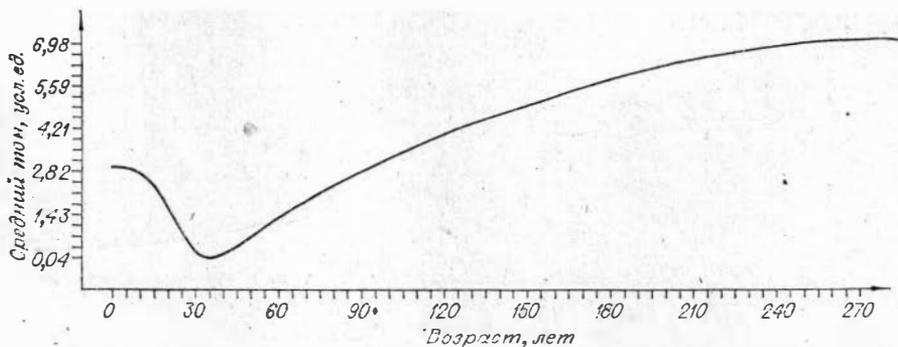


Рис. 2. Кривая хода роста среднего тона в зависимости от возраста сообщества.

бражений снимки предварительно эквализовались, т. е. подвергались выравнению тона и контраста. После этой процедуры построенные кривые текстуры кедровников оказались совпадающими в пределах точности таксации возраста.

Кривую возрастного изменения текстуры можно было бы полностью использовать для решения обратной задачи — определения возраста леса по значению текстуры, но, как видно из графика, обратная функция неоднозначна, что связано с выбором статистики текстуры — статистики разностей яркостей в паре соседних точек (т. е. черные точки на белом фоне и белые на черном могут дать одно и то же значение текстуры). Однако эта неоднозначность снимается присоединением к текстурному признаку тонового. Аналогично кривой роста текстуры была построена кривая роста среднего тона по тому же блоку изображения (рис. 2). Как видно из графиков, использование текстурного признака в сочетании с тоновым позволяет решить задачу определения возраста насаждений по их изображениям. Стало возможным не только автоматическое определение возраста насаждений, но и (с помощью таблиц хода роста) получение количественных характеристик леса. Более того, как показали эксперименты, эти два признака с большой степенью вероятности отличают лесные сообщества, развивающиеся согласно динамике кедровников, не только друг от друга, но и от нелесных объектов. В этом различии текстурный признак играет главную роль. Таким образом, подобное использование текстуры и тона изображений позволило подойти не только к определению возраста насаждений по аэроснимкам с помощью ЭВМ, но и к принципиальному решению задачи автоматизации лесотаксационного дешифрирования (рис. 3, 4).

Как показало сравнение с наземными данными, автоматическое определение возраста лесных сообществ и их разделение проводятся с помощью кривых весьма успешно. Пространственные границы фаз развития (за исключением начальной), выделенных ЭВМ и визуальным дешифрированием, совпадают, т. е. можно утверждать, что уровень автоматического определения возраста насаждений с точностью до фазы соответствует определениям визуального дешифрирования. Более детальное сравнение показывает, что в большинстве случаев точность определения возраста древостоев с помощью средств автоматизации выше точности визуального определения, а для пятой и шестой фаз значения возраста приближаются к значениям наземной таксации.

Дальнейшее совершенствование предлагаемого метода определения возраста леса требует большего набора опорных точек для более точного построения кривых текстуры и тона, использования различных мер в определении текстуры, а также привлечения признаков контекста и априорной информации. Но уже сейчас ясно, что текстурные признаки играют определяющую роль в идентификации возрастных состояний лесных сообществ, развивающихся в соответствии с восстановительно-возраст-

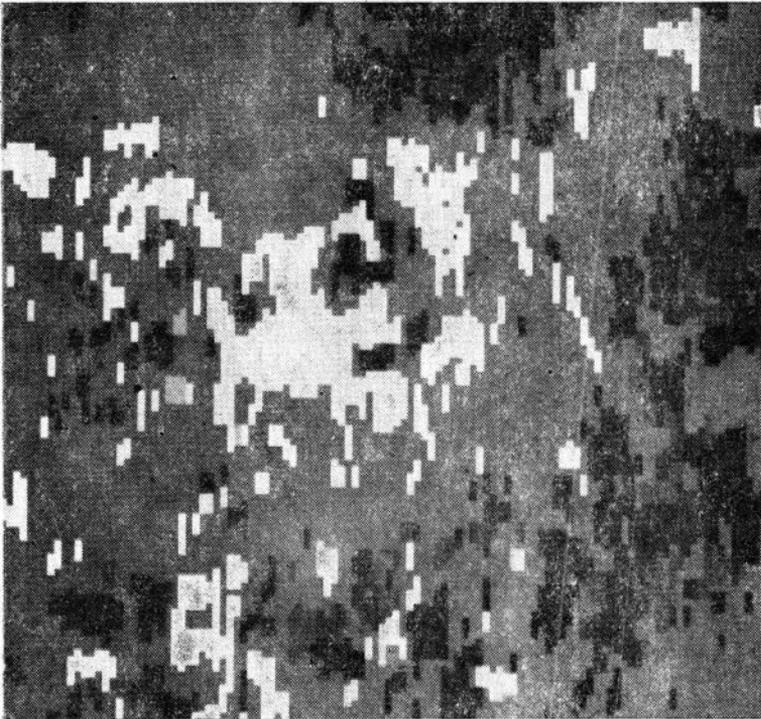


Рис. 3. Эквализованное изображение фрагмента аэроснимка лесного ландшафта.

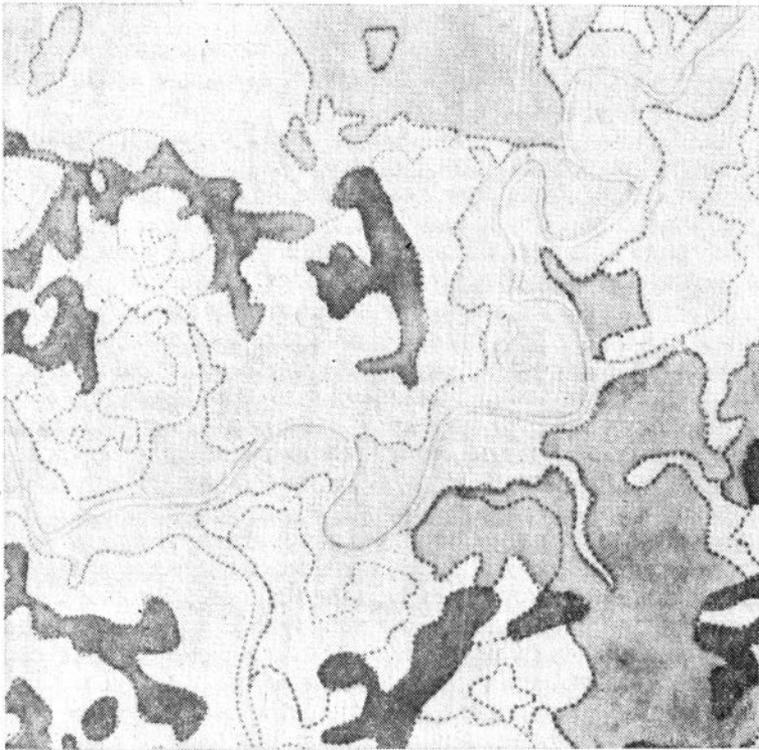


Рис. 4. Автоматически построенная возрастная карта кедровников.

ной динамикой кедровников, и их использование может позволить подойти к конструктивному решению задачи автоматизации процесса лесотаксационного дешифрирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев А. С., Васильев С. В., Мозалевский В. Г. и др. Автоматизация процесса обработки аэрокосмических снимков в целях инвентаризации лесов.— Исследование Земли из космоса, 1981, № 6, с. 93—100.
- Анучин Н. П. Лесная таксация. М.: Лесная промышленность, 1971. 512 с.
- Седых В. Н. Дистанционная индикация восстановительно-возрастной динамики кедровых лесов среднего Приобья.— В кн.: Дистанционная индикация структуры таежных ландшафтов. Новосибирск: Наука, 1981, с. 36—49.
- Седых В. Н. Использование таблиц хода роста при лесотаксационном дешифрировании.— В кн.: Космические методы изучения природной среды Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1983, с. 80—81.
- Стечкин С. Б., Субботин Ю. Н. Слайды в вычислительной математике. М.: Наука, 1976.
- Ehrlich R. V. A View of Texture Topology and Texture Description.— Computer Graphics and Image Processing, 1979, N 8, p. 144—202.
- Haralick R. M., Schonmugon K., Dinstein I. Textural Feature for Image Classification.— IEEE Trans. Syst. Man. Cybern., 1973, vol. SMC-3, p. 610—621.
- Rosenfeld A. Some Recent Developments in Texture Analysis.— IEEE Comp. Soc. Confer. Patt. Recogn. Image Proces., Chicago, Illinois, 1979, p. 618—623.
- Weszka J. S., Dyer C. R., Rosenfeld A. A Comparative Study of Texture Measures for Terrain Classification.— IEEE Trans. Syst. Man. Cybern. 1976, vol. SMS-6, p. 269—285.

В. И. ХАРУК, М. В. СЕМЕНОВ, М. И. ТИМЧЕНКО,
Б. А. ХРЕБТОВ

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАТОЛОГИИ ЛЕСА

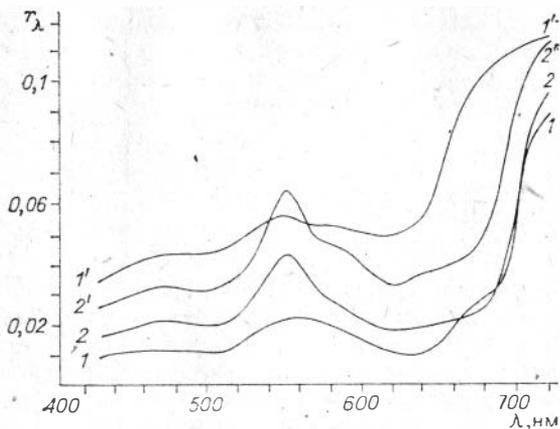
Патологические отклонения, наблюдаемые в таежных экосистемах, обычно являются результатом многих факторов. Из всего многообразия причин, ведущих к заболеванию и гибели насаждений (инфекции, антропогенные воздействия, промышленные эмиссии и др.), остановимся на одной: воздействии насекомых, объедающих листву.

Насекомые-вредители представляют собой нормальный элемент энтомофауны леса. Однако в отдельные годы взаимодействие дерево — насекомое переходит из квазистабильного состояния в фазу массовой вспышки размножения насекомых [Исаев и др., 1974]. Такой взрыв численности иногда называют «зеленым пожаром», имея в виду его последствия.

Важным элементом борьбы с насекомыми является мониторинг субпатологических сукцессий в пределах ареала вредителя, занимающего нередко миллионы гектаров. Для того, чтобы информация о состоянии столь значительных пространств поступала и обрабатывалась оперативно, необходимо использовать потенциал дистанционного зондирования, средств автоматизированной обработки изображений; определить временные характеристики экологических и ландшафтных особенностей, наиболее благоприятных для размножения вредителя; учесть воздействие метеофакторов и специфику биологии развития насекомых. Одной из ступеней оптимизации мониторинга патологий явилось бы создание динамической карты таежных экосистем, на которую были бы нанесены районы вероятного возникновения вспышек массового размножения насекомых.

Попытки использования дистанционных методов в исследованиях лесных патологий предпринимаются с 1920-х годов. Имеются успехи в их применении для обнаружения и картирования очагов размножения сибирского и непарного шелкопряда, листовертки, стволовых вредителей [Исаев, Ряполов, 1979]. Наиболее распространенные исходные данные,

Рис. 1. Спектры отражения поврежденной растительности (1', 2') и контроля (1, 2). 1, 1' — березняк, непарный шелкопряда; 2, 2' — лиственничник, сибирский шелкопряда.



применяемые для этих целей, — обычные цветные или спектрзональные снимки как крупномасштабные (в основном для тестовых участков), так и панорамные.

Следует отметить, что подавляющее большинство работ по дистанционной патологии леса выполнены на уровне демонстрационных проектов. Аэрокосмическая информация пока не входит составным элементом в экологический мониторинг.

Методика и объект исследования. Объекты исследования — лиственничник (район КАТЭК, г. Шарыпово), березняк, сосновый бор (Красноярский район Красноярского края), поврежденные соответственно сибирским и непарным шелкопрядами, сосновой пяденицей.

Аэросъемка выполнялась с борта самолета АН-30 и включала многозональное фотографирование камерой МКФ-6, спектрометрирование прибором МСС-2 (диапазон 400—800 нм), ИК-съемку тепловизором «Вулкан» (в окнах прозрачности 3—5, 8—14 мкм), спектрзональное фотографирование.

При дешифрировании использовались приборы «Интерпретоскоп», «Фосдак-1000», МСП-4.

Результаты исследований. Измерения прибором МСС-2 выполнялись с высоты 400 м. Неповрежденная растительность имеет спектр, типичный для хлорофиллсодержащих тканей (рис. 1). Различия между кривыми 1 и 2 определяются как видовыми особенностями объектов, так и типом почвенного покрова. Спектры растительности, дефолированной насекомыми на 70—100%, имеют очевидные различия, особенно в полосах поглощения хлорофилла (кривые 1' и 2'). В спектрах древостоев, полностью лишенных листвы, наблюдаются минимумы, обусловленные присутствием хлорофилла, что объясняется в основном паличием травяной растительности и отчасти — пигментов коры древесных растений.

Многозональная съемка эффективна для обнаружения всех видов повреждения древостоев. На синтезированных снимках выделяется большее число градаций повреждений, чем на спектрзональных. При этом наиболее информативны 4 и 6 зоны. Зона 4 (максимум чувствительности 660 нм) реагирует на изменения концентрации хлорофилла, зона 6 (максимум 840 нм) — на перестройки в микроструктуре листа. Зона 1 мало пригодна для исследования лесных территорий в силу сильного светорассеяния (преимущественно релейского) (см. рис. 2). Коэффициенты спектральной яркости (КСЯ) на длинах волн 550 и 680 нм зависят от высоты съемки гораздо слабее, чем при $\lambda = 420$ нм. Заметна разница между северным и южным полигонами: на последнем значительно влияние атмосферного аэрозоля.

Тепловая съемка сканером «Вулкан» (чувствительность $\sim 0,5^\circ$) позволяет различить растительность, средне ($\sim 50\%$) и сильно ($> 70\%$) поврежденную. На изображениях дефолированные участки имеют повышенную температуру по сравнению с контролем. Это следствие как снижения уровня транспирации поврежденного древостоя, так и изменения радиационного баланса почвенного покрова с уменьшением густоты крон. Эффект более выражен во втором окне прозрачности (8—14 мкм).

Спектрональная съемка, несмотря на широту используемых в ней спектральных областей и неадекватность их выбора, удовлетворительно индицирует патологические изменения в лесных экосистемах, превосходя по практической значимости другие виды съемок. Приводимая на рис. 2 схема повреждения листовенничного древостоя сибирским шелкопрядом построена преимущественно на основе анализа спектрональных снимков. При дешифрировании учитывались цвет и текстура изображения, сквозистость и форма крон, вид отбрасываемой тени.

Обсуждение результатов. Оценивая пригодность различных видов дистанционной информации в исследованиях патологии леса, важно иметь в виду следующее. Во-первых, применяемые датчики должны быть достаточно чувствительны, чтобы индцировать начальные стадии процесса. Нет необходимости доказывать, что это позволило бы оптимизировать борьбу с вредителем, спасти к минимуму нежелательные последствия размножения насекомых. Во-вторых, исходные данные должны быть пригодны для оценки нанесенного или предполагаемого ущерба, для предсказания развития поврежденных древостоев, что требуется при планировании лесохозяйственных мероприятий, например проведения рубок.

Информация, получаемая трассовыми спектрометрами, позволяет диагностировать не только патологические изменения растений, но и стрессовые состояния, например водный дефицит. При дефолиации изменения в спектре отражения связаны с уменьшением хлорофиллсодержащей массы. Особенно наглядны изменения при значительной дефолиации (см. рис. 1).

Не составляет труда и спектральная индикация древостоев с хлоротичной листвой. Однако при попытке использовать только спектральные характеристики не следует забывать, что межвидовое и экотипическое варьирование КСЯ нередко перекрывает изменения, обусловленные различиями в состоянии растительности, особенно на начальных этапах повреждения. Отметим также, что при регистрации спектров отражения с летательного аппарата происходит неизбежный «смаз» спектров, пропорциональный скорости самолета и времени развертки спектра. Так, при съемке спектрометром МСС-2 (время развертки спектра 0,4 с) с самолета АН-30 при высоте 500 м размер спектрометрируемой площадки на местности составляет $\sim 50 \times 50$ м. Таким образом, даже при столь небольших высотах съемки происходит усреднение растительности по территории, в пределах которой наряду с пораженными деревьями могут находиться и не затронутые вредителем. Все это резко снижает практическую значимость трассовых спектрометров. Необходимы датчики, позволяющие регистрировать спектральные и «структурные» признаки объектов. Последнее особенно важно в связи с тем, что повреждение нередко проявляется в изменении морфологии дерева, формы его кроны.

Из доступных видов съемки наиболее близка к этим требованиям многозональная — камерой КМФ-6. Ее возможности были проверены при съемке соснового бора, поврежденного пяденицей. Качество изображения позволило увеличить исходный масштаб съемки 1 : 40 000 до 1 : 10 000. При анализе различных вариантов синтеза изображения наиболее информативными, как уже отмечалось, оказались 4 и 6 (5). Априори можно было бы ожидать различий между здоровой и поврежденной растительностью в главном максимуме поглощения хлорофилла у 400—450 нм. Однако в синей части спектра наблюдаются наибольшие искажения вследствие фильтрации излучения сквозь атмосферу (рис. 2). Зоны 5, 6, расположенные в ближней ИК-зоне, близки по информативности.

ИК-съемка реагирует на стрессовые состояния растительности, однако получаемая информация подвержена воздействию таких физических факторов, как влажность и температура. Отмершие хлоротичные листья, имеющие в сухом состоянии сильно по сравнению с нормой отражение в ИК-части спектра, при увлажнении меняют контраст. Температурные нюансы, фиксируемые тепловизором «Вулкан», определяются собственным излучением объекта и весьма динамичны. Наблюдавшиеся нами темпера-

К СТАТЬЕ Л. К. ЗЯТЬКОВОЙ «ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ...»

Фото 1—4 — фрагменты телевизионных снимков с искусственных спутников системы «Метеор».

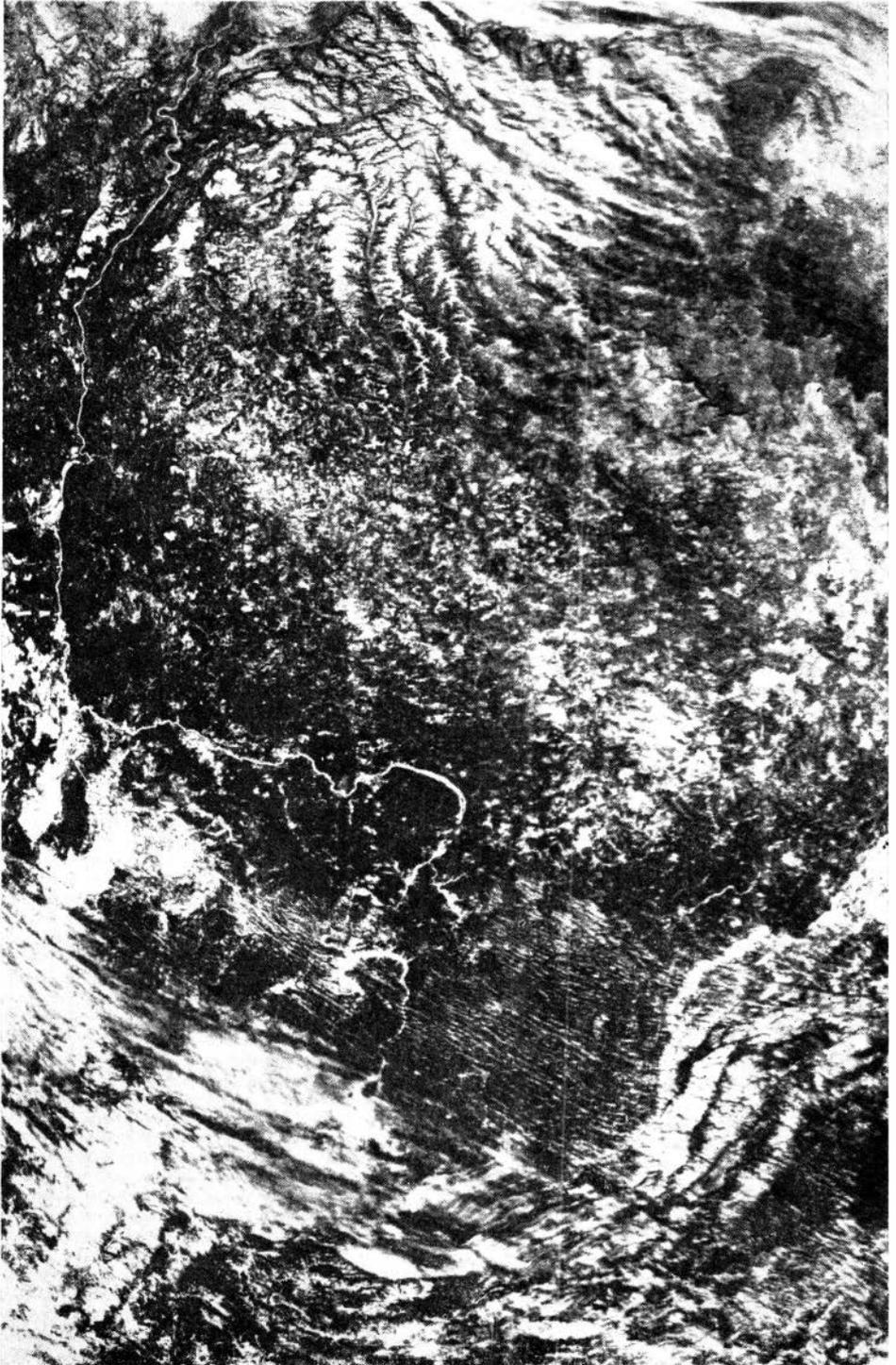


Фото 1. Сибирская платформа, плато Путорана. Платформенные структурно-геоморфологические комплексы: А₁ — пивально-геоморфологический; Б₁ — гумидный приагарский структурно-геоморфологический (февраль, 1977 г.).



Фото 2. Район сопряжения платформенной и орогенной ступеней. Переходная зона морфоструктур между Западно-Сибирской молодой и Сибирской древней платформами и Алтае-Саянской орогенной ступенью (март, 1980 г.).



Фото 3. Район сопряжения Сибирской платформенной ступени с Байкальской рифтовой зоной (орогенная Восточно-Саянская и Байкальская зоны глубинных разломов) (сентябрь, 1980 г.).



Рис. 4. Верхоянская горная система, Лено-Вилюйская впадина, Алданское плато (март, 1979 г.).

К СТАТЬЕ Л. К. ЗЯТЫКОВОЙ
«ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ...»

Фото 1—4 — фрагменты телевизионных снимков с искусственных спутников системы «Метеор» и схемы их дешифрирования.

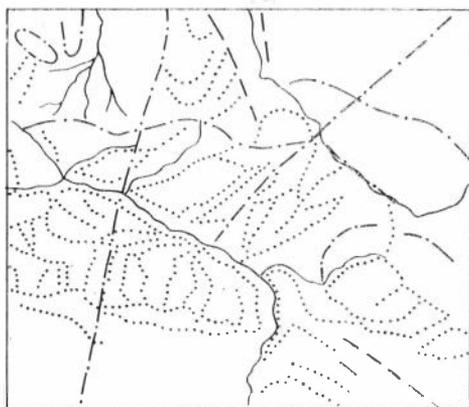
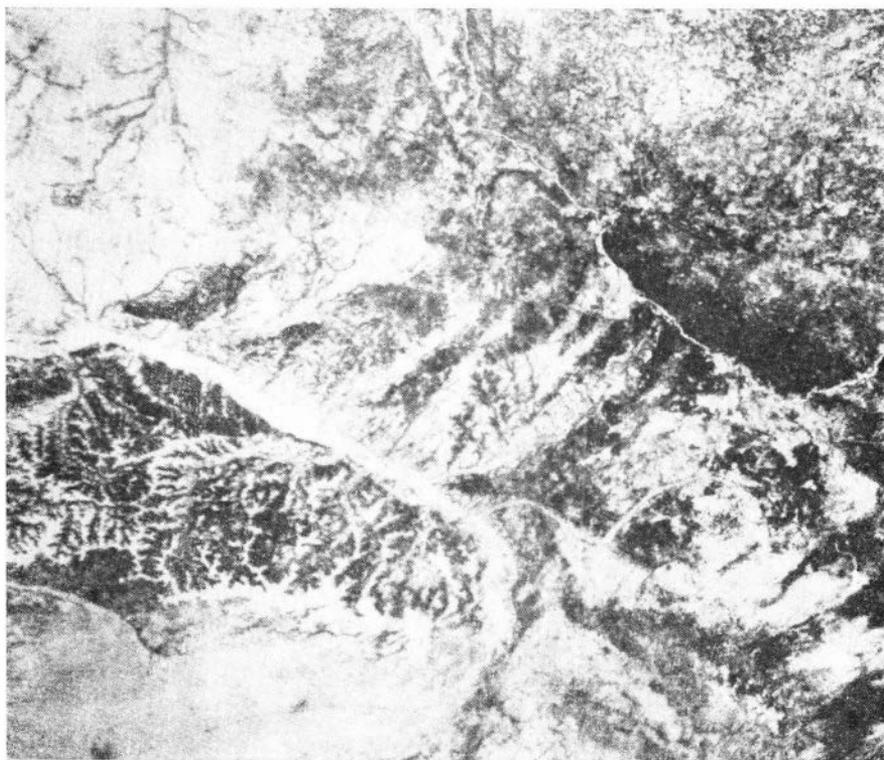


Фото 1. Западно-Сибирская платформенная ступень и район сопряжения с Сибирской платформой и Алтае-Саянской горной областью. На снимке четко отражена система разломов и блоковое строение зоны сопряжения (апрель, 1980 г.).

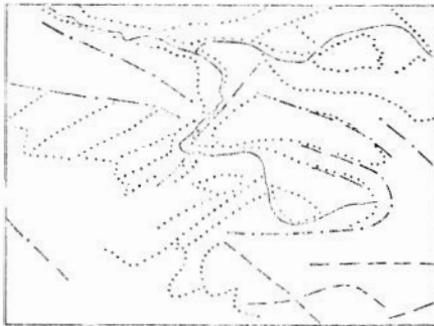
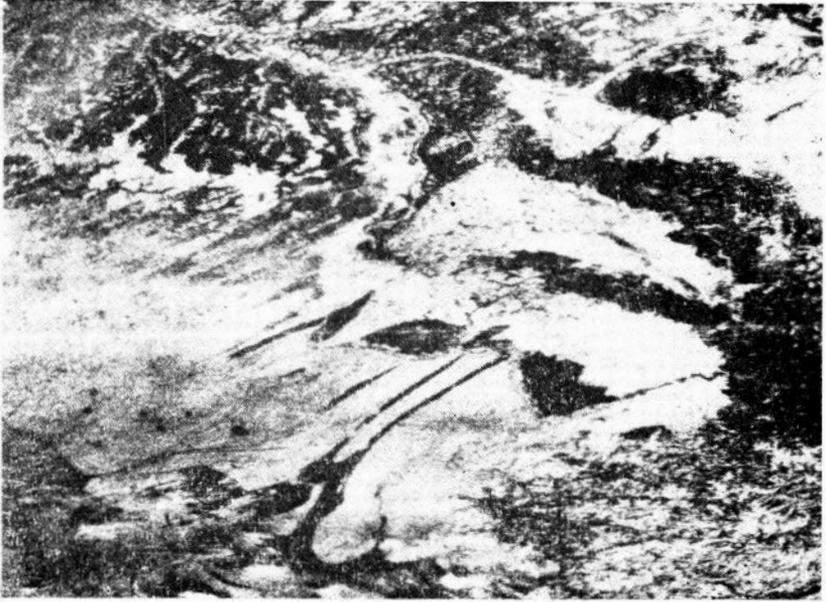


Фото 2. Бийско-Барнаудльская впадина, район сопряжения Салапр-Кузнецкой переходной зоны.

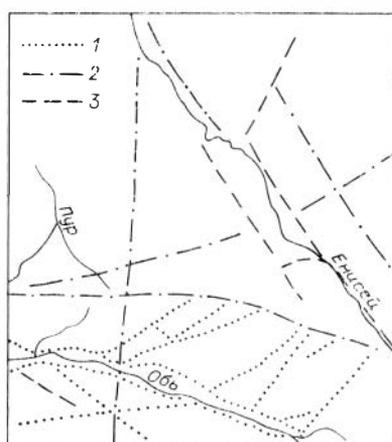
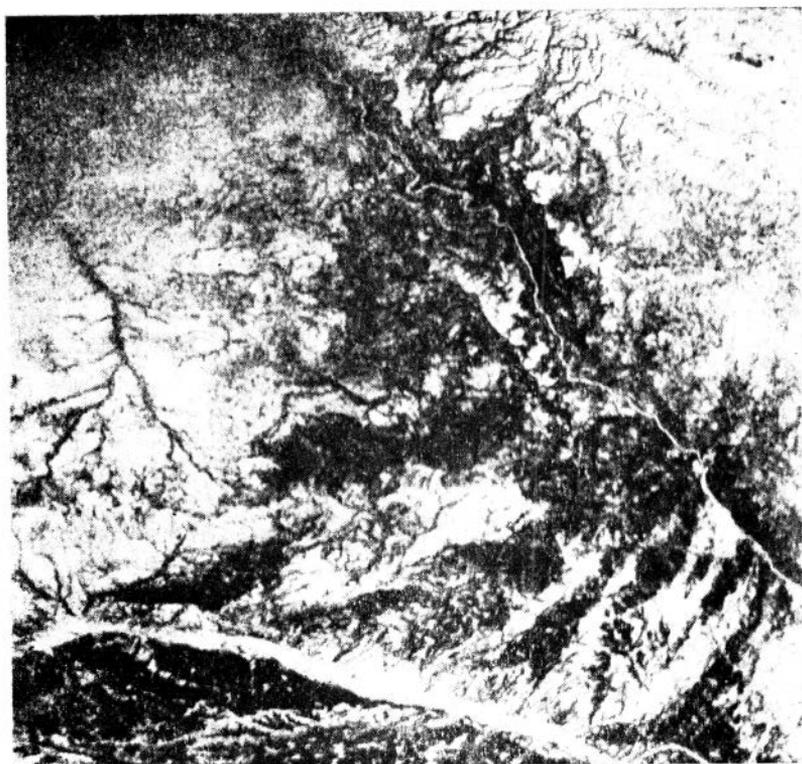


Фото 3. Туруханский грабен. Район сопряжения Сибирской платформы и Западно-Сибирской равнины (февраль, 1981 г.).



Фото 4. Южная часть Западной Сибири. Природно-климатические зоны с различными эрозионными процессами (февраль, 1981 г.).

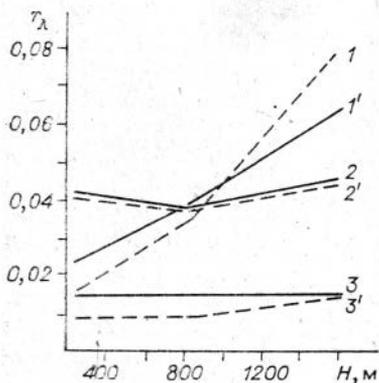


Рис. 2. Зависимость величины коэффициентов спектральной яркости от высоты съемки.

1, 1' — $\lambda = 420$ нм; 2, 2' — $\lambda = 550$ нм; 3, 3' — $\lambda = 680$ нм. 1 — северный полигон, 1' — 3' — южный.

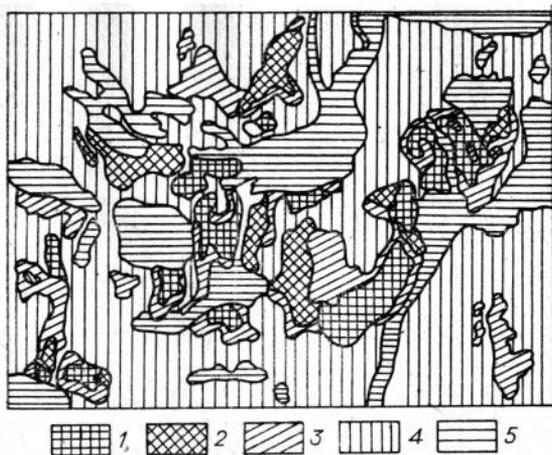


Рис. 3. Схема очага повреждения лиственничника сибирским шелкопрядом.

1-3 — степень повреждения: 1 — сильная (80—100%), 2 — средняя (40—50%), 3 — слабая (10—20%); 4 — неповрежденный лес; 5 — нелесные территории.

турные контрасты между здоровыми и поврежденными древостоями (объекты: березняки и лиственничники, пораженные соответственно непарным и сибирским шелкопрядом) вызваны уменьшением транспирирующей поверхности, а также «просвечиванием» напочвенного покрова сквозь поредевшие кроны. Патологически измененная растительность имеет на таких изображениях более высокую радиационную температуру. Не исключено, что при съемке в ночное время тепловые контрасты могут быть нивелированы или даже произойдет инверсия. Сопоставление тепловой и спектральной съемки показывает, что уверенное выделение поврежденных древостоев по температурным различиям производится в среднем на 50%. Приняв также во внимание перспективные искажения тепловизионной съемки, приходится признать ее ограниченную применимость (очевидно, лишь методическую) в исследованиях лесной патологии.

Спектральная съемка, как уже отмечалось, дает хорошие результаты при индикации различных отклонений в лесных экосистемах. Однако появляющиеся на снимках цветовые оттенки (основной информативный признак) обычно значительно варьируют и зависят от квалификации фотографа, что затрудняет получение сопоставимых данных. Сказанное относится также к синтезированным многозональным снимкам. Практически допустимые спектральные пленки (например, СН-6) двуслойны и обладают чувствительностью к красной и ближней ИК-областям. Имеются указания, что лучшие результаты достигаются при применении трехслойной пленки, дополнительно сенсibilизированной к зеленой части спектра.

Не следует забывать, что существующие рабочие типы пленок не позволяют выделить признаки повреждения леса до появления визуально воспринимаемых различий. Более того, нередко индикацию патологических изменений рациональнее проводить экспертным аэровизуальным обследованием.

Практически все применяемые в настоящее время в дистанционных исследованиях данные представляют собой относительные величины, позволяющие искать отклонения на каком-либо фоне. Получение абсолютных значений сопряжено с трудностями калибровки приборов и составляет одну из важных задач развития дистанционной техники, особенно сканерной.

Представленная на рис. 3 схема повреждения лиственничника сибирским шелкопрядом подтверждается данными наземных обследований.

Работа выполнена в июне — августе 1981 г. Практическая значимость схемы подтверждается тем, что она была использована при организации борьбы с вредителем бактериальными препаратами. Размещение очагов повреждения древостоя, как и в сосняках Краснотуранского бора и березняках в районе пос. Беллык (Краснотуранский район), тесно связано с ландшафтом местности. Рельеф территории расчлененный, максимальные превышения достигают 750—840 м над уровнем моря. Первичные резервации вредителя размещены на южных, прогреваемых склонах. Повреждения северных склонов редки и классифицируются как слабые. Исключение составляет район пос. Беллык — там поражены исключительно северные склоны, поскольку вследствие ландшафтно-экологических особенностей местности южный склон лишен растительности.

Мозаика схемы рис. 3 характерна для энтомовредителей фитоценозов. Ее структура, связь повреждаемости с рангом древостоя, ландшафтные особенности размещения микроочагов позволяют без проведения наземного обследования отличить этот тип воздействий от других повреждающих агентов, например промышленных эмиссий. Однако в общем случае задача не столь тривиальна. Дерево реагирует на разнообразные неблагоприятные факторы сходным образом: уменьшением прироста, изменением морфологии кроны, появлением хлоротичной листвы с последующей ее потерей. Выяснение возможностей дифференциации различных повреждающих агентов и степени их воздействия на древостой по данным дистанционного зондирования является одной из важных задач лесной патологии.

ЛИТЕРАТУРА

- Исаев А. С., Хлебопрос Р. Г., Кондаков Ю. П. Закономерности динамики численности лесных насекомых. — Лесоведение, 1974, № 3, с. 12—18.
- Исаев А. С., Ряполов В. Я. Анализ ландшафтно-экологической приуроченности очагов сибирского шелкопряда с применением аэрокосмической съемки. — В кн.: Исследование таежных ландшафтов дистанционными методами. Новосибирск: Наука, 1979, с. 152—167.

М. М. ШАЦ, П. В. ДОРОФЕЕВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ВЕРХОВЬЯХ р. ЛЕГЛЕГЕР (Южная Якутия)

В последнее время область распространения многолетнемерзлых пород (ММП), особенно ее южная часть, интенсивно осваивается. Там создаются крупные территориально-промышленные комплексы, разведываются и разрабатываются месторождения полезных ископаемых, прокладываются транспортные пути, строятся мощные магистральные газопроводы. Все это неизбежно сопровождается нарушением поверхностных условий — микро- и мезорельефа, снежного и почвенно-растительного покрова, а также приводит к изменению гидрогеологического, гидрологического и мерзлотного режимов верхних горизонтов горных пород.

Появившиеся в последние годы работы [Некрасов и др., 1979; Делеур, Некрасов, 1980; Гаврилов, 1980, 1982] показывают, что при изучении геокриологической обстановки весьма целесообразно использовать аэрокосмические снимки.

Как известно, своеобразие ММП связано с наличием в их толще подземных льдов различного генезиса, чрезвычайно чувствительных к изме-

нению условий тепло- и влагообмена как между приземным слоем воздуха и поверхностью горных пород, так и между различными горизонтами последних. Подобные изменения обычно вызывают колебания температуры грунтов и увеличение мощности слоя летнего оттаивания, что приводит к таянию подземных льдов и нарушению устойчивости поверхности. Антропогенная деятельность в области распространения ММП вызывает также и интенсификацию разнообразных криогенных процессов, что еще более усложняет геокриологическую обстановку и затрудняет освоение мерзлой зоны.

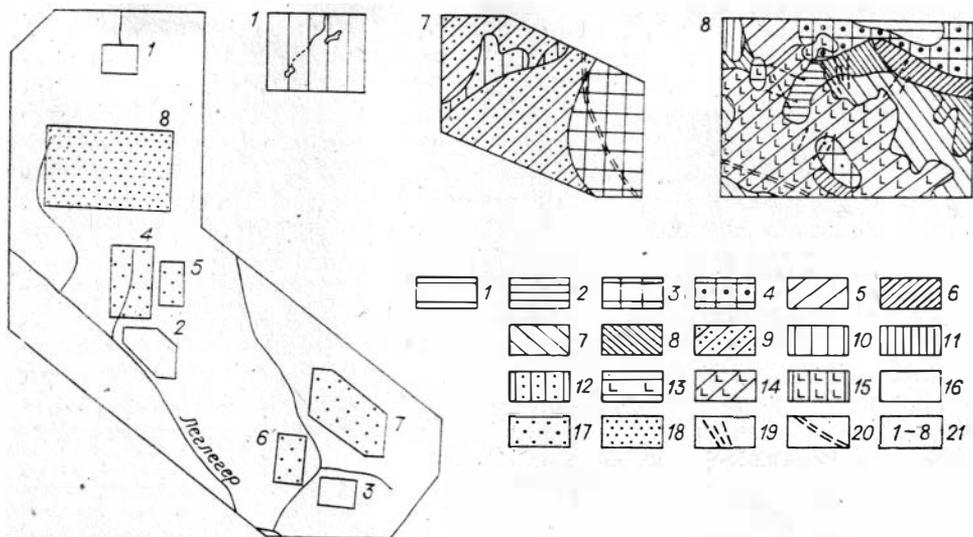
Анализ фактических, картографических и аэрокосмических материалов, полученных в различные годы для района верховьев р. Леглегер, позволяет проследить динамику природной обстановки на различных стадиях его освоения. Каждой из этих стадий присущи определенные виды хозяйственной деятельности, сопровождающиеся нарушением ландшафта и приводящие к изменению его компонентов, в том числе и геокриологической обстановки.

На стадии поисково-разведочных работ прорубаются отдельные просеки, закладываются разреженные буровые и шурфовочные линии, что сопровождается лишь локальным нарушением поверхностных условий, не претерпевших сколько-нибудь заметных изменений при проведении геологической съемки. Поисково-разведочные работы в целом не вызывают существенных изменений геокриологических характеристик, лишь незначительно изменяются мощности деятельного слоя и несколько интенсифицируются такие криогенные процессы, как пучение, термокарст и наледообразование.

На следующей стадии освоения — при детальной разведке месторождения — сгущается сеть разведочных и горных работ, осуществляется дорожное и жилищное строительство. При этом ландшафт меняется уже существенно — в пределах ограниченных участков происходит частичное нарушение и уничтожение почвенно-растительного покрова, перераспределение снега и т. п. В результате существенно варьирует и геокриологическая обстановка. Нарушение условий теплообмена на поверхности горных пород вызывает изменение их температуры, при этом резко возрастает мощность деятельного слоя. Все это сопровождается уже значительной интенсификацией названных выше криогенных процессов.

Разнообразное техногенное воздействие на следующей стадии разработки месторождения приводит к повсеместному нарушению и уничтожению почвенно-растительного покрова, перераспределению снега, изменению гидрологического и гидрогеологического режимов. Очевидно, что столь значительное вмешательство сильно изменяет условия теплообмена и вызывает увеличение амплитуды колебаний температуры на поверхности и в верхних горизонтах горных пород. В результате (в зависимости от местных условий) на значительной площади может быстро возрасти сезонное протаивание вплоть до полного оттаивания маломощных ММП. Но чаще наблюдается резкое увеличение глубины сезонного промерзания. По данным С. С. Вечерского [1973], при снятии части торфяного горизонта мощностью 18—25 см (с сохранением снежного покрова) глубина промерзания увеличивается на 30—50%, а при удалении торфяного горизонта на 50 см и очистке от снега — в первый год на 100%, а во второй и последующие годы формируется перелеток или ММП небольшой мощности.

Рассмотрим динамику природной обстановки в результате антропогенного воздействия в верховьях р. Леглегер (Южная Якутия). Этот район является частью Алдано-Тимптонской провинции Байкало-Становой горной области и находится в центре Алданского эрозионно-денудационного плоскогорья. В геоморфологическом отношении он представляет собой пологоволнистую поверхность, осложненную неглубокими речными долинами. Абсолютные высоты водоразделов составляют 1100—1200 м (в северной части до 1300 м) при относительных превышениях 100—200 м. Горные породы образованы архейскими метаморфическими разностями иенгрской серии, а также гранитоидами архея.



Местоположение и ландшафтные схемы изученных участков.

Ландшафты водораздельные: 1 — вершинных поверхностей и прилегающих крутых склонов с разреженным растительным покровом; 2 — плоских водораздельных поверхностей с разреженным кедровым стлаником; 3 — пологих водораздельных поверхностей с редколесьями лиственницы и зарослями кедрового стланика; 4 — пологих водораздельных поверхностей с разреженным кедровым стлаником. Ландшафты склоновые: 5 — крутых склонов с зарослями кедрового стланика; 6 — склоновых уступов, редко — с кедровым стлаником; 7 — пологих склонов с елью и лиственницей, с ерниковым подлеском, иногда — с кедровым стлаником; 8 — пологих склонов с разреженной лиственницей, редко — с елью со смешанным подлеском; 9 — пологих склонов с лиственницей, с подлеском из ерника и кедрового стланика. Ландшафты долинные: 10 — пологих поверхностей днищ долин с лиственницей и елью со смешанным подлеском; 12 — днищ долин заболоченных с ерником и моховым покровом. Ландшафты техногенные: 13 — площадок старых поселений на пологих склонах с ерниковым и разнотравным покровом; 14 — пологих склонов и днищ долин, часто — с подростком лиственницы, редко — ели со смешанным кустарниковым подлеском, по горным выработкам — с густыми зарослями ерника и ольхи; 15 — карьеры и отвалы на пологих водоразделах, часто — с густыми зарослями ольхи и разнотравьем. Типы антропогенного воздействия: 16 — первый; 17 — второй; 18 — третий; 19 — крупные горные выработки; 20 — магистральные дороги; 21 — номера участков.

Для района характерен резко континентальный климат со среднегодовой температурой воздуха (по данным близлежащей метеостанции Канку) — $10,2^{\circ}\text{C}$, среднеянварской — $31,9^{\circ}$ и среднеиюльской $13,3^{\circ}\text{C}$. Снег обычно появляется в середине сентября, а к концу месяца формируется устойчивый снежный покров. В конце мая он очень быстро сходит. Среднегодовая сумма осадков — 552,8 мм (Южная Якутия).

Структура растительного покрова района, находящегося в провинции светлохвойной тайги, относительно проста. Основная лесообразующая порода — лиственница даурская. Почти все растительные сообщества, за исключением пойменных, представлены сочетанием одних и тех же бореальных видов.

Большая часть территории покрыта горнотаежными лиственничными, редко — лиственничными с елью лесами с густым подлеском из березки Миддендорфа. Характерны и подгольцовые редколесья из сплошных зарослей кедрового стланика, березы кустарниковой, ольхи. По долинам рек развиты ерниковые заросли, болота.

В пределах района по результатам анализа литературных источников, картографических материалов, аэрофотоснимков и собственных исследований выделено восемь участков (см. рисунок), которые по степени антропогенного воздействия на них представляется возможным разделить на три типа.

Для первого типа характерно практическое отсутствие нарушений поверхностных условий. Участок 1, относящийся к данному типу, расположен в верховьях долины руч. Ороченки. Его поверхность — пологоволнистая, обрамленная увалистыми водоразделами. Центральная, наиболее пониженная часть сильно увлажненная, заторфованная, практически безлесная. К югу, западу и востоку вверх по пологим склонам увлаж-

ненность поверхности уменьшается, появляются лиственничные редколесья. К югу к лиственнице примешивается ель с густым ивняком в подлеске. Здесь с увеличением крутизны склона лес сменяется кедровым стлаником на крупноглыбовых развалах. ММП на участке имеют сплошное распространение с мощностью до 50 м и температурой от 0 до $-1,5^{\circ}\text{C}$. Сезонное протаивание составляет 1—1,5 м. Из криогенных явлений и образований преимущественное распространение имеют пятна-медальоны, термокарстовые просадки и наледи. Нарушения, связанные с геологическими работами, практически отсутствуют. На среднемасштабном спектрально-зональном снимке (4-кратное увеличение на проекторе) рассматриваемый участок дешифрируется темно-синим фототонном (интегральное фотоизображение торфяного массива), нарушенным осветленными полосами, вытянутыми к центру и соответствующими крупным эрозионно-термокарстовым ложбинам.

Участок 7 (см. рисунок) характеризует второй тип, которому свойственны незначительные нарушения поверхностных условий. Участок расположен в Верхней части северо-восточного склона и пологого водораздела и выделяется хорошей залесенностью склона и разреженностью древостоя на водораздельной поверхности по крупноглыбовым развалам. Основной лесообразующей породой является угнетенная лиственница, иногда с редкой елью на склоне. На спектрально-зональном снимке эти вариации в растительном покрове четко выделяются специфической цветовой гаммой. Склоны дешифрируются ровным сине-зеленым фототонном, который ближе к водоразделу постепенно переходит в бледный оттенок красного цвета.

Многолетнемерзлые породы имеют практически сплошное распространение на склонах и отсутствуют непосредственно на водоразделе. Их мощность на склонах в среднем составляет 20—30 м с постепенным увеличением до 50—60 м к подножию.

Нарушения поверхностных условий происходят из-за разбивки разреженной разведочной сети, вызывающей линейное уничтожение лесов. Максимальные нарушения ландшафта были связаны с прокладкой по водоразделу автотракторной дороги с полосой отчуждения шириной 10—15 м. Произшедшее при этом уничтожение растительности способствовало в зимнее время возрастанию продуваемости территории, что привело к уменьшению мощности снега и увеличению его плотности. Такие изменения снежного покрова, как правило, обуславливают значительное понижение среднегодовой температуры поверхности почвы (до $-4 \div -8^{\circ}\text{C}$). Это может вызвать увеличение мощности слоя сезонного промерзания и даже формирование маломощных мерзлотных пород (Южная Якутия, 1975). В результате активизируются криогенные процессы, связанные с глубоким сезонным промерзанием горных пород: морозобойное растрескивание, выпучивание щебнисто-глыбового материала, морозная сортировка рыхлых отложений.

Участок 8 (см. рисунок) относится к третьему типу — с максимальным нарушением ландшафта. Он включает приподнятые водораздельные пространства, в том числе прилегающие склоны. Северная часть участка переходит в выположенную водораздельную поверхность, где основная растительность представлена разреженным кедровым стлаником на крупноглыбовых элювиальных отложениях. Дешифровочным фототонном для данного типа ландшафта при спектрально-зональном изображении является несплошной розовый цвет на сине-зеленом фоне. К югу, в пределах пологовогнутого понижения, в верховьях небольшого ручья появляется густой лиственничный лес с елью. На спектрально-зональном снимке этот участок выделяется темным сине-зеленым цветом, осложненным бледно-розовыми полосами по разведочным линиям. В западной и южной части при большой нарушенности поверхности фототонном изображения характеризуется бледными сине-зелеными тональностями. На этом фоне довольно четко выделяются осветленные бледно-зеленые пятна, связанные со сплошным травянистым покровом на заброшенных поселениях. Площадка форми-

рующего поселения в долине руч. Таежный на снимке выделяется темным тоном красного цвета. Близкий цвет, как отмечалось выше, характерен и для водораздельных поверхностей.

Многолетнемерзлые породы в пределах участка имеют массивно-островное распространение. Водоразделы и привершинные части склонов полностью проморожены до $-3 \div -4^\circ\text{C}$ на глубину 100—120 м. В днище долины руч. Таежного мерзлые породы распространены обычно в виде небольших островов в пределах развития многолетних бугров пучения. Площадь таких островов обычно составляет первые сотни квадратных метров, редко — больше. Мощность ММП достигает 20 м, а их температура изменяется от 0 до 1°C .

Рассматриваемый участок подвергся наибольшему антропогенному воздействию. Первые нарушения (конец 1940-х годов) связаны главным образом с площадной вырубкой леса в долине и в верхней части северо-восточного склона, с обработкой месторождения полезных ископаемых и формированием карьера и отвалов на приводораздельной части пологого склона. В последующие годы эти нарушения усилились из-за увеличения площади вырубок, объемов горных работ и массового бурения скважин. Таким образом, к концу 1950-х годов западная и северо-западная части территории были нарушены значительным антропогенным воздействием, в результате чего здесь сформировался типичный техногенный ландшафт.

Возобновление работ на участке вызвало дополнительные нарушения как почвенно-растительного покрова, так и верхних горизонтов горных пород. Сопоставление исследований, характеризующих начальный этап антропогенного воздействия, и современных данных позволило получить количественные оценки изменений, вызванных перечисленными нарушениями поверхности. Не вдаваясь в подробный анализ факторов, обусловивших эти изменения, остановимся на сравнительной характеристике картографических материалов разных этапов мерзлотной съемки. Анализ показал, что максимальные изменения характерны для северо-восточного склона, где граница ММП спустилась вниз по склону на 200—300 м. Мощность мерзлых пород в среднем составляет 20—30 м при температуре $0 \div -0,2^\circ\text{C}$. Значительное увеличение площади ММП произошло также и на северном склоне, где граница в настоящее время проходит на 100—150 м ниже по склону от ее прежнего положения. Несколько меньше увеличилась площадь ММП на тех элементах рельефа, где нарушения поверхностных условий имели меньшие масштабы.

Приведенные данные показывают масштабы изменений природной среды, сопровождающих антропогенную деятельность. Все они прямо или косвенно отражаются на физиономическом облике ландшафта. Это позволяет, используя аэрокосмические материалы, проследить динамику природной обстановки в результате освоения территории. При этом каждому типу местности соответствует набор относительно мелких повторяющихся элементарных комплексов, слагающих индивидуальную структуру фотоизображения. Сложность и своеобразие этой структуры зависят от количества, частоты чередования элементарных природных комплексов, их конфигурации и площади. По И. С. Комарову и В. М. Валяху [1966], структура фотоизображения определяется главным образом пространственной сменой и соотношением природных комплексов более низких рангов, строением гидрографической сети и характером хозяйственного освоения территории. Все эти характеристики остаются постоянными, поэтому именно структура фотоизображения должна служить основным дешифровочным признаком.

Особое значение имеет вопрос об использовании снимков различных видов и сроков съемки. Наиболее отчетливо своеобразие структуры фотоизображения прослеживается на цветных спектральных снимках, где оно выражается не в смене черно-белых тонов различной плотности, как на многозональных снимках, а в яркой гамме контрастных цветов, выдержанных для каждого типа местности в определенной тональности. При дешифрировании спектральных снимков рационально исполь-

зовать предварительно составленную шкалу перехода от условных цветов к действительному содержанию. Подобная шкала может быть составлена путем подбора цветов спектра и прилагаться к набору снимков для определенной территории и конкретных условий съемки.

Характерно, что на спектрзональных снимках Южной Якутии техногенные ландшафты, сформированные на горных породах различного состава, проявляются по-разному. Сравнительный анализ фототизображений участков горных работ в пределах терригенных пород юрского и нижнемелового возраста и в пределах метаморфических пород архейского комплекса показал, что наиболее четко рисунок этих ландшафтов проявляется в первом случае. Как известно, продуктами выветривания гранитоидов преимущественно являются щепнисто-глыбовые отложения, а при выветривании песчаников преобладает песчанистый материал. Эти различия обладают неодинаковой спектральной яркостью, что и находит отражение в интенсивности фототона изображений техногенных ландшафтов, сформированных на породах разного состава.

Дешифрируемость различных объектов на спектрзональных снимках в значительной степени зависит от типа пленки и определяется сочетанием сенсibiliзации эмульсионных слоев, цвета непосредственного изображения и баланса самих пленок по светочувствительности [Зайцев, Мухина, 1966]. Сопоставление всех материалов позволяет предполагать, что использование пленки СН-23 дает возможность получить информацию по интересующим нас вопросам со снимков, сделанных в различное время и в разных районах. Несмотря на контрастность цветов, спектрзональные снимки передают все же меньше оттенков, чем цветные снимки, снятые в осеннее время.

Важным условием решения поставленной задачи является и наличие набора снимков, сделанных в различные сроки — от периода естественного состояния территории на стадии съемки до времени непосредственной разработки.

Анализ результатов дешифрирования снимков, сделанных в разное время, и данных, полученных по итогам картографических обобщений, позволяет проследить всю динамику геокриологической обстановки в процессе освоения.

Наиболее рациональна, на наш взгляд, следующая последовательность использования аэрокосмических снимков при изучении геокриологической обстановки небольших территорий площадью около 20—30 км². На начальном этапе осуществляется камеральная обработка всех имеющихся материалов, в том числе литературных, картографических, аэроснимков и среднемасштабных космоснимков по природной обстановке территории, позволяющая наметить хотя бы грубую, предварительную ландшафтно-индикационную схему.

На втором (полевом) этапе уточняется ландшафтно-индикационная схема, т. е. конкретизируются связи внешнего облика ландшафта с его геокриологической обстановкой. Кроме того, непосредственно на местности изучается ландшафтная обстановка участков, неотдешифрированных по тем или иным причинам на аэрофотоснимках.

На следующем этапе выполняется окончательный вариант ландшафтно-индикационной схемы и составляется на ее основе, а также по результатам непосредственных наблюдений геокриологическая карта.

Наконец, очередным, качественно новым этапом будет переход от крупно- и среднемасштабных аэрокосмоснимков к более обзорным мелко-масштабным. Подобный переход осуществляется при изучении территорий площадью более 30—50 км². В этом случае закономерности, установленные при исследовании ограниченных территорий, распространяются на более обширные при условии их относительной однородности. Хорошая обзорность космических снимков позволяет проследить по ним все вариации природной обстановки значительных территорий и, используя ландшафтно-индикационную схему, выявить свойственные им закономерности развития мерзлых толщ горных пород. В случае, если природная обста-

новка обширных пространств более сложна и разнообразна по сравнению с непосредственно изученной территорией, требуются специальные ландшафтно-индикационные исследования.

Таким образом, использование аэрокосмической информации при изучении динамики мерзлых толщ в процессе освоения территории позволяет контролировать геокриологическую обстановку в течение всего времени полевых работ от геологической съемки до непосредственной разработки месторождений. По материалам аэрокосмической съемки можно определить масштабность и специфику антропогенных нарушений поверхностных условий участков с различной мерзлотной обстановкой. Это важно для эффективной оценки вероятных нежелательных последствий при нарушении природной среды и организации специальных предупреждающих мероприятий. Результаты исследований позволяют получить качественные, а по мере расширения фронта исследовательских работ, очевидно, и количественные зависимости существующей геокриологической обстановки от стадии освоения, а также составить геокриологический прогноз на конкретные периоды времени.

ЛИТЕРАТУРА

- Вечерский С. С. Тенденция развития глубины промерзания грунтов на естественных и оголенных от снега площадках в зоне островной мерзлоты.— В кн.: Теория и методы прогноза измененной географической среды. Иркутск: изд. Института географии СО АН СССР, 1973, с. 166—167.
- Гаврилов А. В. Геокриологическая информативность локальных космических снимков. (Применительно к условиям Алдано-Станового респона).— Мерзлотные исследования, 1980, вып. XIX, с. 127—137.
- Гаврилов А. В. Использование материалов аэро- и космической съемки при составлении мерзлотного прогноза.— В кн.: Геокриологический прогноз в осваиваемых районах Крайнего Севера. М.: Наука, 1982, с. 56—60.
- Делеур М. С., Некрасов И. А. Комплексное геокриологическое дешифрирование спутникового снимка.— В кн.: Мерзлотные исследования в осваиваемых районах СССР. Новосибирск: Наука, 1980, с. 99—106.
- Зайцев Ю. А., Мухина Л. А. Применение цветной и спектральной аэрофотосъемки в геологических целях. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1966. 303 с.
- Комаров И. С., Ваях В. М. Некоторые проблемы применения аэрометодов при инженерно-геологическом картировании.— В кн.: Аэрометоды исследования местности. М.: Недра, 1966, с. 53—64.
- Кузьмина И. В. Значение ландшафтно-индикационного дешифрирования типов лесов на спектральных аэроснимках при инженерно-геологических исследованиях в Карелии.— В кн.: Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях. М.: Наука, 1971, с. 15—20.
- Некрасов И. А. и др. Геокриологическое картирование Южной Якутии по аэрокосмическим снимкам.— В кн.: Региональные и криолитологические исследования в Сибири. Якутск: изд. Ин-та мерзлотоведения СО АН СССР, 1979, с. 3—16.

Н. В. ВОСТРЯКОВА

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ УВЛАЖНЕННОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

К настоящему времени накоплен достаточно большой опыт использования спутниковой информации для изучения снежного покрова на больших территориях. Такое изучение сводится к оценке положения снеговой линии и к определению степени заснеженности территории. По телевизионным снимкам, получаемым с метеорологических спутников «Метеор», установление высоты снеговой линии в горах возможно с ошибкой 200—250 м.

Высота снеговой линии и степень заснеженности территории непосредственно входят в некоторые прогностические зависимости, и поэтому дистанционное их определение может оказаться полезным для усовершенствования расчетов и прогнозов талого стока горных рек. Однако важная

гидрологическая характеристика — водозапасы в снежном покрове, необходимая как для воднобалансовых оценок, так и для прогноза стока рек, не определяется непосредственно по снимкам, полученным в видимом диапазоне.

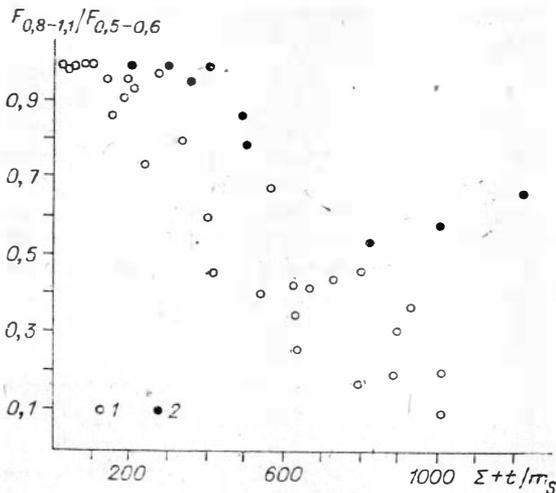
Снежный покров, по экспериментальным данным, имеет наибольшее альbedo на участке около 0,6 мкм [Кондратьев и др., 1979]. С увеличением длины волны яркость снега и его альbedo понижаются, причем замечено, что это понижение бывает более интенсивным для влажного тающего снега, чем для сухого. В видимом диапазоне спектра между отражательной способностью свежевыпавшего и двухдневного снега различия нет. Однако в диапазоне длин волн более 0,8 мкм свежевыпавший снег имеет более высокую отражательную способность. Следовательно, по мере старения снега отражательная способность уменьшается в инфракрасном и не уменьшается в видимом диапазоне длин волн. Это наводит на мысль о том, что инфракрасный диапазон длин волн можно использовать для оценки возраста и состояния снежного покрова.

В настоящее время, при наличии многозональной информации, для картирования снега чаще используются снимки в зонах 0,5—0,6 и 0,6—0,7 мкм. Однако известны попытки использовать многозональную информацию для отделения сухого снега от влажного, что впервые было сделано А. Стронгом с соавторами по результатам съемок с ИСЗ «Нимбус» в зонах 0,5—0,7 и 0,7—1,3 мкм в 1970 г. [Strong, Meclain, 1971].

Мы попытались применить многозональную космическую информацию с метеорологических спутников «Метеор» в зонах 0,5—0,6 и 0,8—1,1 мкм для оценки увлажненности снежного покрова за весенний период 1977—1982 гг. в бассейнах рек Катунь и Бии, расположенных в горных районах (средняя высота 1600—1800 м). Всего было рассмотрено и проанализировано свыше 40 снимков в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне. Исследования показали, что для начала интенсивного снеготаяния различия в степени заснеженности незначительны и не превышают 2—5%. Снежный покров в это время уже уплотнился, но его зона водоотдачи еще незначительна. К концу половодья снежный покров достаточно увлажняется и большая его часть находится в состоянии максимальной влагоемкости, т. е. в состоянии водоотдачи. Площадь снежного покрова в ближнем инфракрасном диапазоне составляет 0,95—0,98 от размера такового в видимом диапазоне в начале половодья и 0,2—0,4 в конце.

Следует отметить, что соотношение площадей заснеженности в диапазонах 0,5—0,6 и 0,8—1,1 мкм зависит от основных факторов, определяющих динамику схода снега в горных районах (суммы положительных температур воздуха и величины максимальных снеготазпасов). Чем больше снеготазпасы, тем меньше разница в степени заснеженности при одной и той же сумме накопившихся положительных температур воздуха. В отдельные дни при похолодании и выпадении осадков это различие в степени заснеженности резко уменьшается. Через 2—3 дня после выпадения осадков начинается активное таяние снежного покрова, увеличивается увлажненность снега.

Полученные данные весьма устойчивы для района съемки по годам и хорошо иллюстрируют возможность оценки состояния снежного покрова по соотношению площадных характеристик идентичных контуров в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне. На рисунке представлена зависимость соотношения площадей заснеженности в зонах 0,5—0,6 и 0,8—1,1 мкм от величины суммы положительных температур воздуха, по данным метеостанции Катанда, и модульного коэффициента снеготазпасов. Последний подсчитывался по методике, предложенной А. А. Харшаном [1970]. Для удобства построения графика в качестве предиктора использовалось отношение суммы накопившихся положительных температур воздуха ($\sum + t$) к величине модульного коэффициента (снеготазпасов (m_s)). Дни, когда выпадали осадки, на графике выделены в отдельную группу.



Зависимость соотношения заснеженных площадей в бассейне р. Катунь от суммы положительных температур воздуха и модульного коэффициента максимальных снегозапасов.

1 — дни без осадков; 2 — дни с осадками.

находится в большинстве случаев ниже высоты снеговой линии, определенной по снимкам в зоне 0,5—0,6 мкм, и лишь к концу таяния приближается к высоте снеговой линии в зоне 0,8—1,1 мкм. Аналогичные результаты были получены в районе Станового нагорья [Прокачева и др., 1982].

Разница температур воздуха для высот снеговой линии, определенных по снимкам в зонах 0,5—0,6 и 0,8—1,1 мкм, изменяется, по данным наблюдений, от 0,2 до 3° (при абсолютных значениях температуры воздуха для этих высот от 1 до 14°C), причем, чем больше разница этих температур, тем больше различия в степени заснеженности. При разнице температур воздуха около 5° разница в степени заснеженности будет максимальной. Такая ситуация при обычных условиях снеготаяния должна вызывать повышение влажности снега до максимальной водоудерживающей способности и иметь следствием интенсивную водоотдачу из снежного покрова.

Была сделана попытка сопоставить высоту снеговой линии, полученную по снимку в ближней инфракрасной зоне, с верхней границей зоны таяния. Последняя рассчитывалась по положению нулевой изотермы. Расчеты показали, что снеговая линия, полученная по снимку в зоне 0,8—1,1 мкм, лежит значительно ниже нулевой изотермы (верхней границы таяния). Отсюда можно сделать предварительный вывод, что по снимкам в ближней инфракрасной зоне дешифрируется не фронт снеготаяния, а некая граница интенсивного снеготаяния и водоотдачи из снежного покрова.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Существуют различия в площадных характеристиках заснеженности в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне. Эти различия особенно проявляются к концу половодья, когда снежный покров достаточно увлажнен и его значительная часть находится в состоянии максимальной влагоемкости.

2. Получена зависимость соотношения заснеженных площадей в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне от основных факторов весеннего снеготаяния (максимальные снегозапасы и сумма накопившихся положительных температур воздуха).

3. Сопоставление снимков, сделанных в зонах 0,5—0,6 и 0,8—1,1 мкм, дает возможность судить о состоянии снежного покрова и выделить зону наиболее интенсивного снеготаяния.

ЛИТЕРАТУРА

- Кондратьев В. Я., Григорьев А. А., Рабинович Ю. И., Шульгина Е. М. Метеорологическое зондирование подстилающей поверхности из космоса. Л.: Гидрометеопиздат, 1979. 245 с.
- Прокачева В. Г., Смищенко Д. В., Усачев В. Ф. Дистанционные методы гидрологического изучения зоны БАМ. Л.: Гидрометеопиздат, 1982. 223 с.
- Харшан А. А. Долгосрочные прогнозы стока горных рек Сибири. Л.: Гидрометеопиздат, 1970. 209 с.
- Strong A. E., McClain F. P. Detection of Thawing Snow and Ice Packs through the Combined Use of Visible and Near-Infrared Measurements from Earth Satellites.— Weather Review, Wash., 1971, № 99(11), Nov., p. 828—830.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

I раздел

Дистанционные исследования современного рельефа
для изучения особенностей геологического строения

<i>Зяцькова Л. К.</i> Дистанционные исследования рельефа Сибири	4
<i>Витязь В. И., Беспалов В. В., Быков В. Г.</i> Дистанционная информация о зонах разрядки тектонических напряжений на нефтегазоперспективных площадях Камовского свода Сибирской платформы	15
<i>Зяцькова Л. К.</i> Применение дистанционных исследований в изучении динамики природных процессов в пределах структурно-геоморфологических комплексов Западной Сибири	19
<i>Михеев В. С., Космакова О. П., Пузан Т. А.</i> Опыт дешифрирования ландшафтной структуры по космическим снимкам на основе экспериментальной выборки	27
<i>Беляева В. А., Бортникова А. П., Запивалов Н. П., Стогниенко Э. Д.</i> Выявление геологических критериев поисков нефти и газа на юге Западно-Сибирской плиты с применением комплексного анализа результатов дешифрирования космоснимков и геолого-геофизических данных	34

II раздел

Дистанционные исследования природных косвенных индикаторов
особенностей современного рельефа

<i>Овчинников С. М.</i> Использование аэрокосмических материалов при изучении почв Западной Сибири	41
<i>Горожанкина С. М., Константинов В. Д.</i> Почвенно-геоботаническое районирование на основе аэрокосмических снимков	51
<i>Константинов В. Д.</i> Изучение геоморфологических условий таежного почвообразования по аэрокосмическим снимкам	58
<i>Овчинников С. М., Седых В. Н., Кульшин В. А.</i> Дистанционная индикация подзолистых поверхностно-глееватых почв среднетаежного Приобья	66
<i>Седых В. Н., Сидорова В. С.</i> Текстура изображения лесных сообществ на аэро-снимках	73
<i>Харук В. И., Семенов М. В., Тимченко М. И., Хребтов Б. А.</i> Дистанционные исследования патологии леса	78
<i>Шац М. М., Дорощев И. В.</i> Использование аэрокосмической информации при оценке изменения геокриологической обстановки в верховьях р. Леглегер (Южная Якутия)	82
<i>Вострякова Н. В.</i> Опыт применения космической информации для оценки увлажненности снежного покрова	88

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЛЬЕФА СИБИРИ

Утверждено к печати
Институтом геологии и геофизики СО АН СССР

Редактор издательства *Е. Г. Макеенко*
Художественный редактор *М. Ф. Глазырина*
Технический редактор *Г. Я. Герасимчук*
Корректоры *Л. Л. Михайлова, С. М. Погудина*

ИБ № 23671

Сдано в набор 22.05.84. Подписано к печати 21.05.85. МН-02048. Формат 70 × 108¹/₁₆.
Бумага типографская № 3. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 8,4 + 0,7
на мел. бум. Усл. кр.-отт. 9,4. Уч.-изд. л. 9,4. Тираж 1050 экз. Заказ № 215. Цена 1 р. 40 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука», Сибирское отделение,
630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.

4-я типография издательства «Наука». 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.

УДК 551.240 + 629.7

Дистанционные исследования рельефа Сибири. Зятькова Л. К. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

Отражены результаты дистанционных исследований современного рельефа, природных морфодинамических процессов, используемых для изучения особенностей геологического строения, определения зон разломов, зон разрядки тектонических напряжений, связанных с поисками полезных ископаемых и выявлением сейсмической активности.

Ил. 8. Табл. 3. Библиогр. 15.

УДК 550.814

Дистанционная информация о зонах разрядки тектонических напряжений на нефтегазоперспективных площадях Камовского свода Сибирской платформы. Витязь В. И., Беспалов В. В., Рыков В. Г. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

Дешифрирование теле-, космо- и аэрофотоснимков выявлены линейные и дуговые разрывы, образующие линейные, веерные, радиальные и кольцеобразные дизъюнктивные структуры. Описаны морфологические типы и взаиморасположение дизъюнктивных структур разного масштаба. Дизъюнктивные структуры, в том числе выполненные траповыми интрузиями, представляют собой зоны разрядки полей тектонических напряжений. Прогнозируются локальные трубки взрыва, возможно кимберлитовые. Нефте- и газопроводящие располагаются вне зон интенсивных тектонических деформаций.

Ил. 3.

УДК 551.3 + 624.1 + 629.7

Применение дистанционных исследований в изучении динамики природных процессов в пределах структурно-геоморфологических комплексов Западной Сибири. Зятькова Л. К. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

Широкое использование космических фотоматериалов, периодичность их изучения в различное время года дают возможность с учетом климатической зональности изучать эндо- и экзодинамические процессы земной коры. В результате дешифрирования космических снимков выделены геоиндикационные, ландшафтно-индикационные и морфодинамические процессы рельефообразования.

Ил. 6. Табл. 1. Библиогр. 34.

УДК 528.946 + 629.78

Опыт дешифрирования ландшафтной структуры по космическим снимкам на основе экспериментальной выборки. Михеев В. С., Космакова О. П., Пузатый Т. А. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

На территории Северо-Байкальского региона камерально сделана проработка ландшафтной структуры дифференциально-синтетическим методом и выполнено картографирование геосистем по информации космических снимков. Через отраженные на карте территориальные классы разных рангов и типов выявлены соотношения между процессами и явлениями в пределах целостных подразделений географической среды как основы ее пространственной дифференциации для решения возможных научных и прикладных задач освоения, оптимизации и охраны природы.

Ил. 2. Библиогр. 14.

УДК 528.77(202) + 550.8(571.1)

Выявление геологических критериев поисков нефти и газа на юге Западно-Сибирской плиты путем комплексного анализа результатов дешифрирования космоснимков и геолого-геофизических данных. Беляева В. А., Бортикова А. П., Запывалов Н. П., Стогниенко З. Д. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

По результатам дешифрирования космических снимков различного уровня генерализации построена карта ландшафтов современной поверхности юга Западно-Сибирской плиты. Анализ особенностей фотоизображения и планового расположения ландшафтов позволил выделить морфоструктуры линейные и центрального типа, которые по результатам сопоставления со структурными картами по различным опорным горизонтам являются отражением глубинных структур.

Ил. 2. Библиогр. 3.

УДК 631.471

Использование аэрокосмических материалов при изучении почв Западной Сибири. Овчинников С. М. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

На основании интерпретации аэрокосмических снимков и данных наземных исследований выявлены основные особенности строения ландшафтов, пространственной структуры почвенного покрова и установлена его тесная взаимосвязь со структурой растительного покрова, чертами геологического строения и рельефом.

Ил. 1. Библиогр. 23.

УДК 631.47 + 581.5 + 629.78

Почвенно-геоботаническое районирование на основе аэрокосмических снимков. Горюжанкина С. М., Константинов В. Д. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

На примере Западной Сибири показаны возможности применения разномасштабных космоснимков для природного районирования. Рассмотрены основные критерии выделения таксонов разного ранга (почвенно-растительных областей, провинций, округов, районов и микрорайонов) и охарактеризованы их дешифровочные признаки. На основе снимков составлены схемы районирования, дополняющие и уточняющие предшествующие с учетом космической видеoinформации.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. 7.

УДК 631.4.47 + 551.4.471 + 629.78

Изучение геоморфологических условий таежного почвообразования по аэрокосмическим снимкам. Константинов В. Д. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

Излагается методика индикации и картографирования рельефа и литологического состава почвообразующих пород по аэрокосмическим снимкам. В качестве основной единицы картографирования принята элементарная геоморфологическая поверхность в ранге речной террасы (крупный масштаб).

Ил. 3. Библиогр. 7.

УДК 631 + 634.0.587

Дистанционная индикация подзолистых поверхностно-глеевых почв средне-таежного Приобья. Овчинников С. М., Седых В. Н., Кульшиц В. А. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

Рассматриваются методические вопросы дешифрирования почв таежных территорий. Установлено, что к одним и тем же подзолистым поверхностно-глееватым почвам приурочены различные по фитоценотическим признакам лесные сообщества, которые являются возрастными этапами восстановления кедровых лесов на гарях. Утверждается необходимость использования дешифровочных признаков всей совокупности генетически связанных насаждений для идентификации почв на аэрокосмоснимках.

Табл. 3. Библиогр. 10.

УДК 528.727 + 629.78

Текстура изображений лесных сообществ на аэроснимках. Седых В. Н., Сидорова В. С. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

На материалах аэрофотосъемки и данных наземной таксации исследована текстура и тон изображений лесных сообществ, развивающихся согласно восстановительно-возрастной динамике кедровых лесов среднего Приобья. По кривой текстуры и среднего тона изображений предложен прием определения возраста насаждений на аэроснимках с помощью ЭВМ.

Ил. 4. Библиогр. 9.

УДК 629.195.1 + 634.0.582 + 634.0.416

Дистанционные исследования патологии леса. Харук В. И., Семенов М. В., Тимченко М. И., Хребтов Б. А. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

Рассмотрены возможности индикации повреждений лесных экосистем вредными насекомыми с помощью методов дистанционного зондирования — спектрометрирования, многозональной и тепловой съемки. Отмечается тесная связь повреждаемости древостоев с ландшафтными характеристиками местности.

Ил. 3. Библиогр. 2.

УДК 551.345 + 551.501

Использование аэрокосмической информации при оценке изменения его криологической обстановки в верховьях р. Леглегер (Южная Якутия). Шац М. М., Дорофеев И. В. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

Показаны возможности контроля за состоянием геокриологической обстановки на различных стадиях освоения территории с использованием аэрокосмических снимков различных видов и сроков съемки. Обоснована возможность выявления эмпирических зависимостей между существующей на определенный момент геокриологической обстановкой и стадией освоения района.

Ил. 1. Библиогр. 8.

УДК 528.72(208) + 535.36

Опыт применения космической информации для оценки увлажненности снежного покрова. Вострякова Н. В. Дистанционные исследования рельефа Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985.

Рассматривается возможность использования многозональной космической информации для оценки состояния увлажненности снежного покрова. Сделан вывод о существовании различий в площадных характеристиках заснеженности в видимом и ближнем ИК-диапазоне в период устойчивого снеготаяния. Это дает возможность судить о состоянии снежного покрова и выделить зону наиболее интенсивного снеготаяния.

Ил. 1. Библиогр. 4.