

УДК 551.515:551.48:778.35

АЛ. А. ГРИГОРЬЕВ, Г. А. ИВАНЯН

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ГОРНЫХ СТРАН

В настоящее время вопросам применения изображений Земли, получаемых с помощью космических летательных аппаратов (КЛА), (как с пилотируемых, так и, в основном, с непилотируемых) в гидрометеорологических исследованиях посвящено немало публикаций советских и зарубежных авторов. Однако, в этих публикациях слабо освещены возможности использования космических изображений (КИ) для исследования гидрометеорологических процессов горных стран. Настоящая статья посвящена данной проблеме.

Изучение гидрометеорологических характеристик горных территорий по данным космической съемки по сравнению с другими видами наблюдений имеет ряд преимуществ, в частности:

а) в возможности одновременного получения информации на больших площадях—в пределах горного хребта, горной системы и даже горной страны, в том числе и в труднодоступных районах; б) в скорости и оперативности получения такой информации одними и теми же дистанционными датчиками; в) в возможности гораздо чаще, чем старыми методами проводить повторные съемки с целью изучения динамики гидрометеорологических явлений; г) в особенностях интеграции, присущей КИ: территориальной, факторной и динамической [2]; т. е. в возможности совместного анализа всех природных компонентов ландшафта—от геологического строения и рельефа до атмосферных процессов.

Отметим, однако, что спутниковая информация только в какой-то мере заменяет, а большей частью дополняет данные, получаемые наземными и воздушными методами, и последние не теряют своего значения. Большая эффективность достигается при совместном использовании информации, полученной разными способами, когда появляется возможность взаимного уточнения и корректировки данных. Вместе с тем, спутниковые данные могут быть и уникальными—для слабоизученных горных районов, в которых отсутствуют постоянные пункты гидрометеорологических наблюдений, а также и для любых горных регионов—в периоды между проведением авиа-и наземных наблюдений.

Гидрометеорологическое дешифрирование КИ горных и равнинных местностей имеет много общего—в обоих случаях, главными прямыми признаками являются (как и при дешифрировании аэрофотоснимков) размер, форма, пространственное положение объектов, теней, тон и рисунок изображения. Вместе с этим, дешифрирование КИ гор и равнин имеет и ряд различий, ряд особенностей. При дешифрировании КИ

горных и равнинных стран разница особенно отчетлива при применении косвенных признаков дешифрирования. Они основаны на умозаключениях, логических построениях в результате установления закономерных взаимосвязей, существующих между различными элементами природного ландшафта.

Из особенностей КИ горных стран отметим две:

а) Чередование затененных и незатененных участков гор. Это особенно важно учитывать при интерпретации КИ горных стран, полученных при низких высотах Солнца ($h_0 \leq 30-40^\circ$), когда высокие пики гор выглядят ярче, так как лучше освещены, а долины кажутся более темными не только из-за того, что они обычно покрыты лесом, но и благодаря затенению окружающими хребтами. Затененные склоны гор изображаются темными пятнами с резкими границами. Соотношение затененных и незатененных площадей зависит от высоты Солнца, взаимной угловой ориентации гор, съемочной камеры и Солнца, глубины расчленения, ширины долин и т. д. Необходимость учета таких факторов при съемке горных стран из космоса, а также при дешифрировании КИ горных стран очевидна.

б) Вертикальная зональность горных ландшафтов. На одном и том же КИ нередко фиксируются несколько высотных ландшафтных поясов, различные спектрально-отражательные характеристики которых обуславливают большую пестроту КИ. Четкие принципы высотных поясов особенно трудно выделить на мелкомасштабных спутниковых фотографиях. Высотную поясность ландшафтов особенно важно учитывать при орографическом дешифрировании КИ для правильной оценки взаимосвязи рельефа с гидрографической сетью.

Изучение метеорологических процессов в горных странах по КИ

КИ оказались весьма полезными при изучении многих метеорологических процессов, обусловленных присутствием горных препятствий различных размеров. Своеобразным индикатором большинства этих процессов на КИ являются характерные поля облачности, мезомасштабные структурные особенности которых связаны, в первую очередь, с особенностями рельефа и термической недостаточностью подстилающей поверхности. Немаловажную роль при этом играет и эффект трения воздушных масс о земную поверхность.

Кроме указанных факторов, формирование мезомасштабных неоднородностей в поле облачности над горами зависит от распределения температуры и ветра в атмосфере. Последнее обстоятельство позволяет поставить ряд обратных задач спутниковой метеорологии. В частности, изучая распределение облачности по КИ, можно делать заключение, касающееся распределения ветра в нижних слоях атмосферы. Такие сведения особенно полезны в случае, когда обычных метеорологических данных для изучаемого района нет. Такого рода информацию можно использовать и для улучшения прогноза самой облачности.

КН не заменимы для анализа суммарного результата орографических воздействий на распределение мезомасштабных облачных образований, охватывающих настолько обширные территории, что их невозможно обнаружить по наблюдениям отдельных станций или с самолетов. Заметим, что размеры подобных облачных образований не настолько велики, чтобы они выражались на синоптических картах. По спутниковым фотографиям были обнаружены некоторые, ранее не известные, особенности в развитии и распределении орографической облачности средних масштабов. Информация, получаемая с КЛА (в основном с метеорологических спутников), уже сейчас используется как для проверки теоретических расчетов теории горных волн, так и для улучшения прогнозов горных волн, подветренных вихреобразований, орографических облаков, ветра в приземном слое атмосферы, гроз, туманов и других местных прогнозов.

Однако, в настоящее время эти работы скорее носят методический, чем оперативный характер.

Менее исследованы возможности применения КН при изучении фёнового эффекта на подветренных склонах (хотя иногда на спутниковых фотографиях хорошо различается безоблачное пространство между наветренными и подветренными склонами гор), фёновых, горно-долинных и других местных ветров горных стран, а также поведения струйных течений и различных фронтов над горными препятствиями разных размеров.

Из вышеприведенных задач подробнее рассмотрим вопросы применения спутниковых фотографий для проверки теории горных волн.

Обтекание горных препятствий воздушным потоком сопровождается различными метеорологическими явлениями, из которых наиболее интересными являются: орографическая облачность, волны препятствий (горные волны), подветренные вихри, орографические осадки и грозы. В горных районах до значительных высот прослеживаются зоны с очень сильно развитой турбулентностью.

Теоретически и экспериментально было показано, что для возникновения орографического волнообразования необходимо возникновение определенных метеорологических условий [6, 7, 9, 12]:

а) Наличие достаточно мощного (простирающегося от вершины гор до верхних слоев тропосферы) воздушного потока, в котором скорость ветра усиливается с высотой, или, по крайней мере, остается постоянной. Минимальная скорость ветра на вершине горного хребта должна превышать определенный, характерный для данной горной системы, критический минимум, который находится в пределах 8—13 м/сек.

б) Направление ветра должно быть перпендикулярным к хребту или его отклонение от нормали не должно превышать $\pm 30^\circ$. Направление с высотой должно оставаться приблизительно постоянным.

в) Атмосфера должна быть устойчиво стратифицированной.

При вышеуказанных условиях длина горных волн, распространяю-

щихся за препятствием вниз по течению (подветренных волн), как следует из линейной и нелинейной теорий, [6; 7; 9; 12; 13], связана со средней скоростью потока по формулам:

Для линейной теории:

$$L = 2\pi\bar{u} \sqrt{\frac{T}{g(\partial_a - \partial)}},$$

где $\bar{u}$ — средняя скорость потока, T — абсолютная температура, ∂_a и ∂ — адиабатический и действительный вертикальный температурный градиенты соответственно, g — ускорение силы тяжести, L — длина волны.

Для нелинейной теории по Дородницыну длина подветренной волны в километрах грубо равна удвоенному квадратному корню из величины средней скорости ветра, т. е.: $L \approx 2\sqrt{\bar{u}}$.

Приведенные формулы и условия позволяют по легко определяемым на спутниковых фотографиях длинам волн волнистых облаков, возникающих за горными хребтами, судить о некоторых метеорологических характеристиках (скорость и направление ветра, температура, стратификация) воздушных масс.

В настоящее время нами и другими авторами [8; 10; 13; 19] проанализировано сравнительно большое число спутниковых фотографий волнистых облаков, возникающих за разными горными хребтами (Урал, Аппалачи, Альпы, Анды, горные системы Скандинавии, Восточной Сибири, Монголии, Северной Америки и др.) и данные измерений сопоставлены с выводами теории горных волн.

На спутниковых фотографиях чаще всего (больше половины случаев) встречаются полосы волнистых облаков с длиной волны в пределах 10—15 км, что хорошо согласуется с теорией [6; 7; 9; 12]. В зависимости от распределения ветра и температуры с высотой часто наблюдаются также волнистые облака с длиной волны в пределах 15—20 км и 5—10 км. Редко длина подветренной волны бывает более 20 км [10].

Скорости воздушного потока, рассчитанные по значениям длин волн, измеренных по спутниковым фотографиям, во всех случаях (было рассмотрено около трех десятков случаев) получились в среднем 5—7 м/сек меньше рассчитанных теоретически. При этом эта разница имеет тенденцию возрастания с увеличением длины волны [10]. Это обстоятельство, по нашему мнению, можно объяснить тем, что скорость ветра на уровне облачного слоя (ее и мы фактически определяем по КИ) меньше средней скорости всего слоя (т. к. ветер усиливается по высоте), которая входит в формулы как линейной, так и нелинейной теории. Отметим, что кроме указанной причины, могут быть и другие. Отсутствие достаточного количества спутниковых фотографий волнистых облаков препятствий и одновременных (или близких к моменту съемки) аэрологических данных для тех же районов, не позволяет сделать более четких выводов относительно расхождения эмпирических (получаемых по КИ) и теоретических величин скорости ветра.

Практический интерес представляет также вопрос определения направления ветра по КИ волнистых облаков. Оно, как показывает теория, не должно отклоняться более, чем на 30° от нормали к горному хребту. Эмпирические данные, полученные по спутниковым фотографиям и другими методами, показывают, что облачные валы обычно простираются параллельно горным хребтам.

В рассмотренных нами случаях направление ветра с облачными полосами не превышало $\pm 10^\circ$ почти в 2/3 случаев. В остальных случаях отклонение ветра не превышало 30° . Такие данные получены и в работе [10].

Таким образом, по спутниковым фотографиям орографических облаков можно получить достаточно достоверную информацию о направлении и скорости ветра. Эта задача осложняется в случаях, когда к орографическому воздействию добавляется термический эффект, что приводит к образованию других форм облачности.

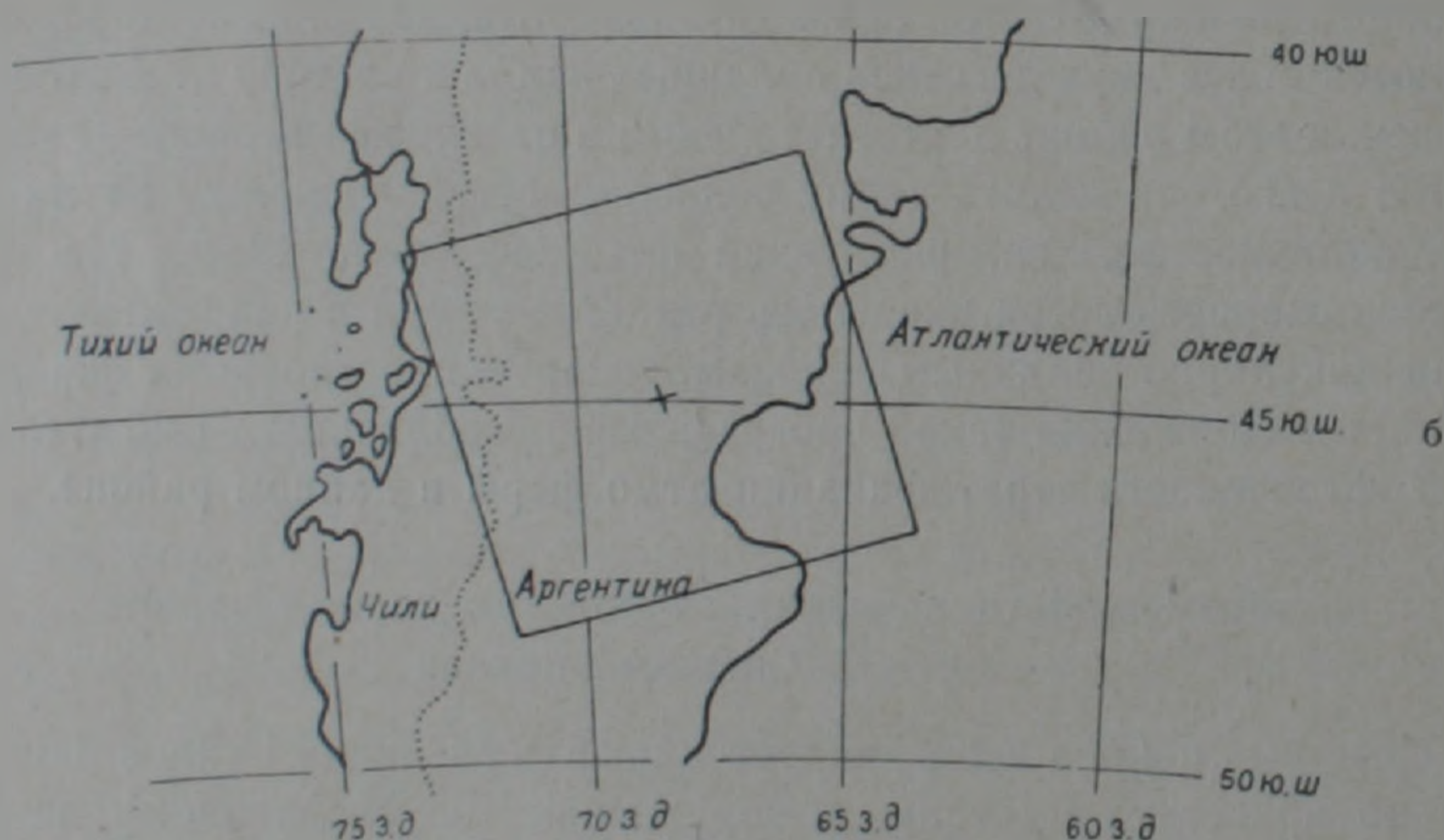
Для иллюстрации приведем пример идентификации направления и скорости ветра воздушного потока над Южной Аргентиной и Чили к востоку от Анд по КИ (фиг. 1а), полученному с метеорологического спутника «Нимбус—1» [19].

Телевизионный ТВ снимок охватывает территорию в пределах показанного на карте-схеме (фиг. 1б) квадрата. На снимке хорошо различаются более двух десятков облачных валов к востоку от Анд, высота которых в этом районе достигает 2000 м, а отдельных вершин—до 2500 м. По КИ легко определить длину волны (расстояние между двумя полосами облачности), которая равна приблизительно 13 км. На уровне облаков скорость ветра оказалась равной 15 м/сек, а направление почти перпендикулярно облачным полосам, которые простираются параллельно Андам. Появление такой орографической облачности свидетельствует об устойчивости стратификации атмосферы в данном районе.

Возможности изучения гидрологии горных стран по КИ. Снежный покров

Снежный покров дешифрируется по КИ различных типов ландшафтов—по яркосветлому тону изображения, обусловленному наиболее высокими значениями альбедо, а также по ряду косвенных признаков и прежде всего—распределению его по рельефу—(фиг. 2а,б). При дешифрировании телевизионных (ТВ) снимков [15, 16] за снег в ряде случаев могут быть ошибочно приняты облака, лед, а иногда и светлоокрашенные песчаные массивы, солончаки межгорных депрессий—то есть такие природные образования, которые так же, как и снег характеризуются высокими значениями альбедо.

Особенно трудно отличить кучевую облачность от покрытых снегом и изолированных горных вершин и от отдельных ледников. В отличие от ТВ снимков по оригинальным фотографиям с пилотируемых космических кораблей (ПКК) как черно-белым, отличающимся значительно большей детальностью передачи изображения оттенками тона,



Фиг. 1. а) Телевизионный снимок волнистых облаков над Южной Америкой, полученный 13 сентября 1964 г. с высоты 928 км. с метеорологического ИСЗ «Нimbus—1». б) Местоположение заснятой территории (очерчено квадратом).

так и в особенности—цветным, снежный покров увереннее дифференцируется от всех указанных природных образований за исключением льда. Затруднения в дифференциации снега и льда наиболее часты, когда лед покрыт свежавыпавшим снегом. Однако, по оригинальным фотографиям в отличие от ТВ снимков возможно значительно более детальное опознавание форм рельефа, что позволит, в частности, в горных районах осуществлять более точное разделение по фотографиям снега от облаков льда по их приуроченности к рельефу. Для покрытых сне-



Фиг. 2. Фрагменты ТВ снимков Тянь-Шаня, полученных с метеорологических ИСЗ: а) 31. X. 1967 г. с ИСЗ «Космос—184» и б) 2. IX. 68 г. с ИСЗ «Космос—226» с изображением ландшафтов в зимнем и осеннем аспектах. Оригинальный масштаб около 1:7000000. Цифры на снимках: 1—озеро Иссык-Куль, 2—снежный покров на склонах и вершинах гор, 3—наиболее крупные тектонически обусловленные линейные элементы, лучше прослеживаемые на снимке, снятом зимой, 4—долины.

гом гор очень характерна дендритовая структура, которая почти всегда отчетливо выражается по рисунку на КИ. Для количественных оценок запасов снежного покрова перспективна стереофотограмметрическая обработка ТВ снимков [11]. Не менее интересны и попытки определения по ТВ снимкам (по относительной яркости изображения) мощности снега [22].

Ледовый покров

Оригинальные КИ горных стран позволяют обнаружить новые небольшие ледники, уточнить распространение ранее известных ледников, судить о характере современного оледенения в целом [3, 14]. Как и снежный покров, ледники дешифрируются по очень светлому тону, а также (уже в отличие от снежного покрова) по специфическим плановым очертаниям, обусловленным генетически связанными с ними формами рельефа—цирками, трогами, опознаваемым только по оригинальным фотографиям. Кроме того, индикатором ледников могут служить и такие формы ледникового рельефа, как срединные, боковые и конечные морены, различаемые, в частности, на фотографиях Тибета, Гималаев.

По указанным признакам ледник и снежные поля отчетливо идентифицируются на космической фотографии Южного Тибета (фиг. 3а, б).

Более детальная дифференциация ледников и снежных полей стала возможной сравнением двух фотографий одной и той же территории—первой (приведенной выше), полученной в дневное время, и второй, полученной в утренние часы, когда особенно хорошо просматриваются формы рельефа—вершины и склоны хребтов, днища и склоны цирков, тонкие вытянутые полосы морен, контрастно выделяющиеся на светлом фоне изображения ледников.

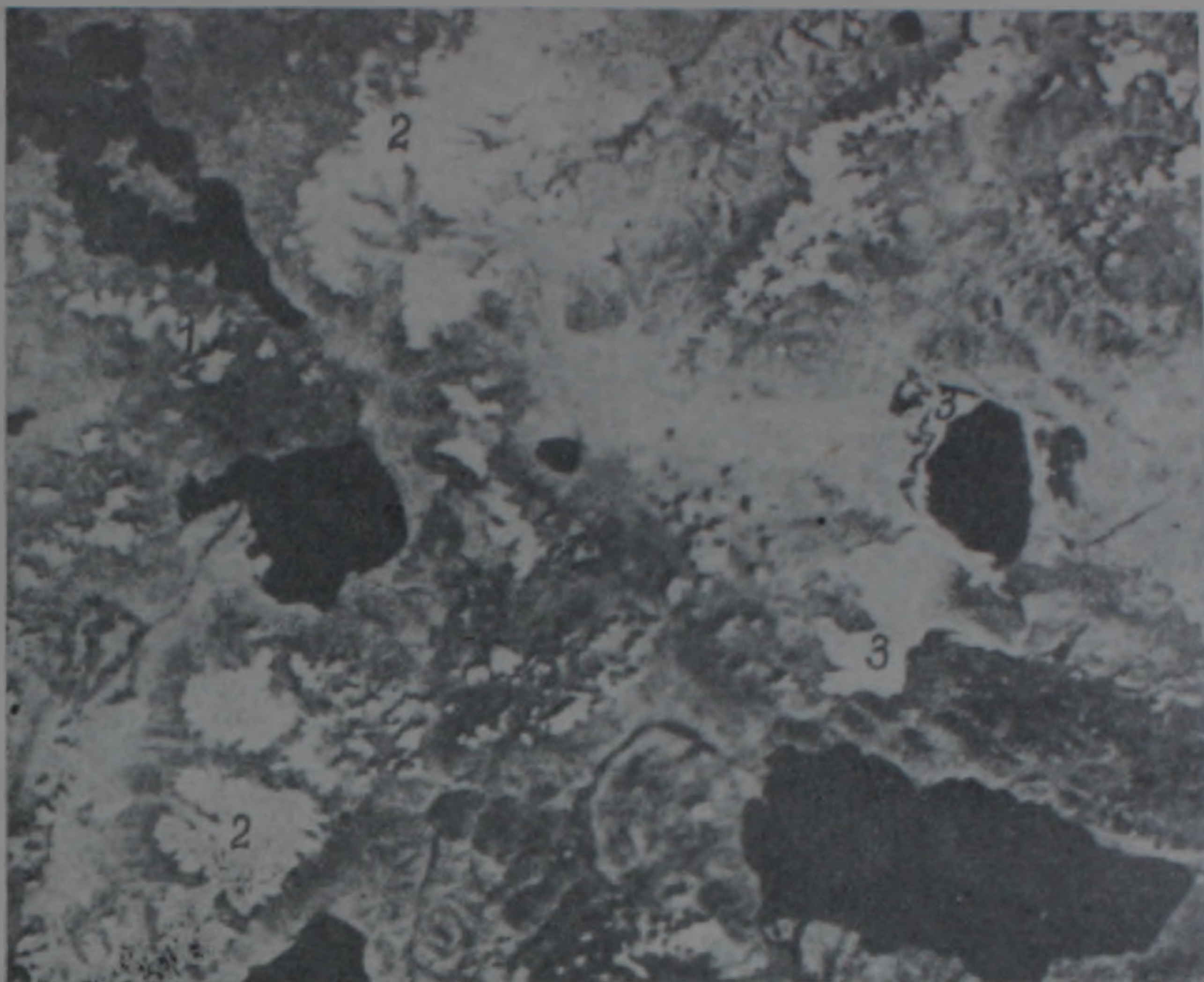
По оригинальным фотографиям несложно дифференцировать ледники по областям аккумуляции и абляции, дешифровать различные типы ледников (в частности, на фотографиях Центральной Азии идентифицируются простые и сложные, долинные, дендритовидные ледники и их другие типы), и таким образом произвести инвентаризацию ледников, основываясь на их модернизированной (по данным космической съемки) морфогенетической классификации.

Более интегральное изображение имеют ледники на ТВ снимках [17]. Таковы изображения ледниковых щитов Гренландии, Антарктиды, ледников Центральной Азии.

Гидрографическая сеть

На КИ Земли отчетливо дешифрируется гидрографическая сеть. На ТВ снимках эрозионная сеть изображается более обобщенно и можно различить только интегральные рисунки эрозионной сети, при этом более отчетливо—на весенних снимках гор, еще покрытых снегом. Однако, и по ним можно судить о морфологических типах речной сети, некоторых особенностях ее строения, речных перехватах и т. д. [3].

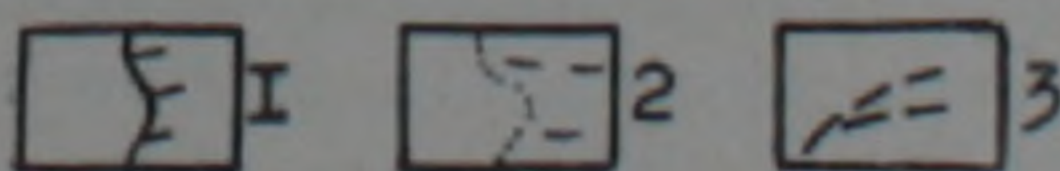
Так, в частности, на ТВ снимке горных хребтов Тянь-Шаня (фиг. 2а), частично покрытых снегом, опознаются многие лишённые снежного покрова горные ущелья и долины, выделяющиеся на снимке по более темному тону и ветвящемуся рисунку изображения. Спрямоленные очертания некоторых из них указывают на их тектоническую обусловленность.



а



б

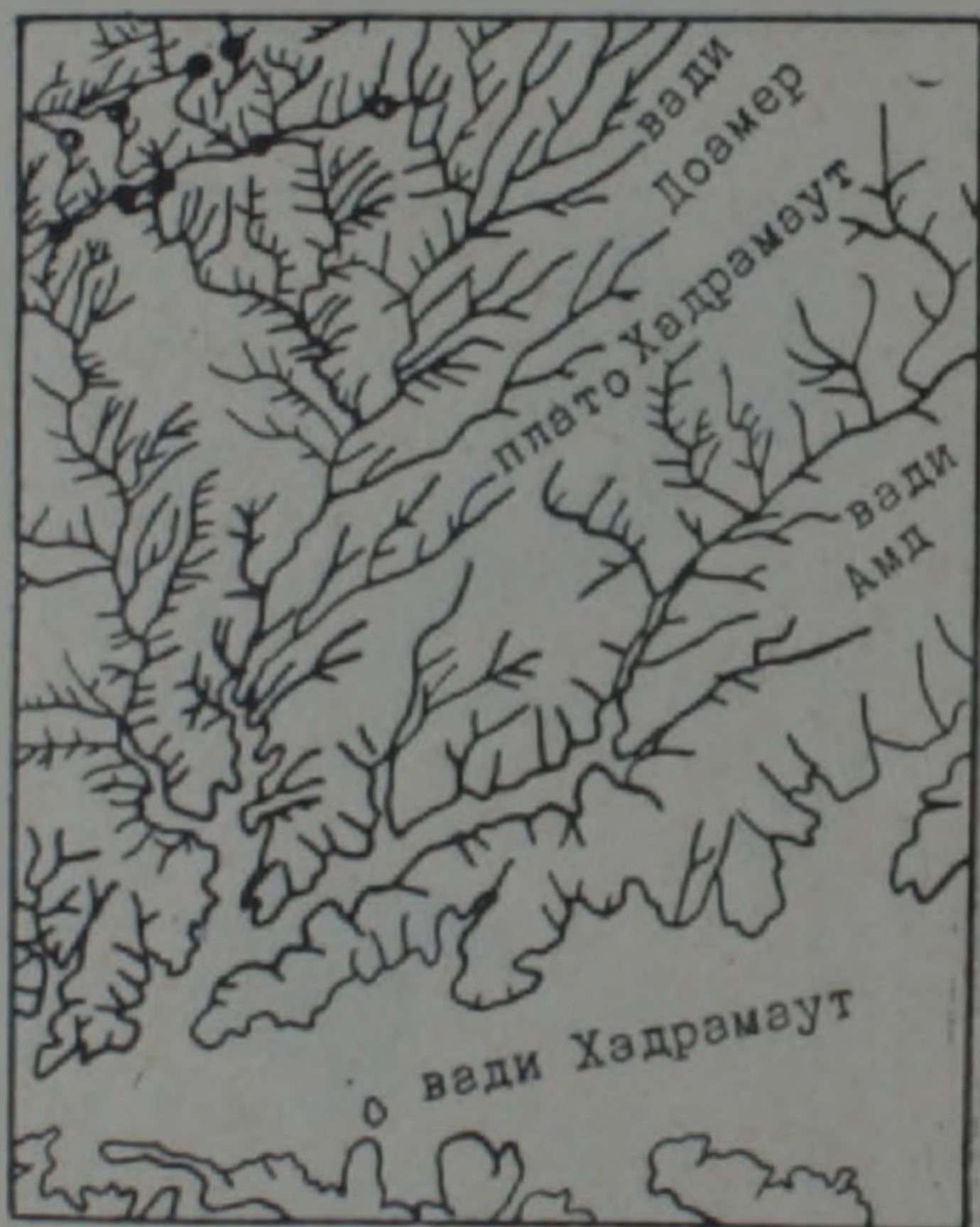


Фиг. 3. а) Космическая фотография Южного Тибета, полученная Купером 25. VIII. 65 г. (9 час. 39 мин. местного времени) с пилотируемого космического корабля «Джеминей-5» камерой Хассельбледа с $f=80$ мм на цветной пленке Ансюхром. Масштаб около 1:600000. Цифры на снимке: 1—кучевые облака, 2—ледники и снежники, 3—солевые отложения днищ озерных котловин, 4—озера, часто подпруженные моренными отложениями. б) Карта-схема интерпретации фото (фиг. 3а). 1—ледники и снежники на вершинах гор, 2—днища озер, осушенных вследствие сезонного колебания их уровня, 3—речные долины.

На оригинальных фотографиях эрозионная сеть идентифицируется значительно более детально. Опознаются не только типы, но и формы речных долин, а у крупных рек—и их русла. Уже первые космические фотографии горных районов Тибета, Гималаев, позволили выявить неточности в изображении эрозионной сети на существующих картах [14]. На этих фотографиях идентифицируются различные рисунки эрозионной сети (фиг. 3а), а также хорошо выявляется зависимость ее развития от геолого-геоморфологических факторов. Отчетливо устанавливаются границы водосборов, речных бассейнов. Анализ космических фотографий разных горных районов Земли позволяет судить об изменениях, эволюции гидросети. Многочисленные следы речных перехватов опознаются на снимках плато Хадрамаут (фиг. 4а, б), высокогорий Тибета, старые, ныне сухие русла рек—свидетели былой обводненности местности, а также временные водотоки, прослеживаются на ряде фотографий межгорных депрессий аридных регионов [5].



а



б

Фиг. 4. а) Высокopersпективная космическая фотография плато Хадрамаут (Аравия), полученная с пилотируемого космического корабля «Джеминей—4» на цветной пленке Истмен Колор камерой Хассельбледа с $f=80$ мм. Цифры на снимке: 1—Столовое плато, сложенное почти горизонтально залегающими осадочными породами, 2—тектонически обусловленный линеймент, 3—сухое днище наиболее крупного вади Хадрамаут, выполненное аллювиально-пролювиальными песчано-суглинистыми отложениями, 4—депрессии на плато. б) Фрагмент карты-схемы гидрографической интерпретации фото (фиг. 4а). Черные кружки—участки речных перехватов, белые кружки—участки намечающихся речных перехватов.

Дендритовидный характер ветвления рисунка изображения эрозионной сети, идентифицируемый на космической фотографии (фиг. 4а, б) возвышенности Хадрамаут (Аравия), отражает геологическую структуру плато, сложенного почти горизонтально залегающими осадочными

породами. Большинство вад сухие; на днищах некоторых из них, в том числе и наиболее крупного—вади Хадрамаут, на фотографии заметны тонкие слабоизвилистые линии русел временных водотоков. Интерпретация рассматриваемой фотографии позволила не только детально идентифицировать эрозионные формы, но и выявить ряд перехватов эрозионной сети (фиг. 4б), не отраженных на существующих топографических картах, судить о возможной эволюции эрозионного расчленения плато.

По оригинальным фотографиям дифференцируются речные воды разной прозрачности. Хотя подобных данных по горным районам пока еще нет, обнадеживающие результаты дал нам анализ космической фотографии с ПКК «Аполлон» равнинной реки Миссисипи. На фотографии идентифицируются по более светлому тону мутные воды основного русла реки и изображающиеся темным тоном относительно более прозрачные спокойные воды стариц.

Озера

На КИ идентифицируются горные озера (фиг. 2а). По ТВ снимкам можно судить об особенностях распространений озер, в ряде случаев, на снимках с повышенным разрешением, обнаружить новые озера. Поскольку на снимках озера выявляются как составная часть ландшафта в целом, в значительной степени облегчается проведение лимнологического районирования, составления морфогенетических классификаций озер. Интерпретация озер по оригинальным фотографиям позволяет детализировать данные, полученные по ТВ снимкам. Прежде всего по ним может быть уточнена конфигурация озер. Оригинальные фотографии дают объективную и весьма точную документальную основу для картографирования озер. Различия в изображении озер на существующих картах, в особенности труднодоступных горных районов, и карто-схемах, составленных интерпретацией фотографий, весьма заметны. В первую очередь фотографии могут быть использованы для корректировки изображения озер на мелкомасштабных картах.

На фотографиях идентифицируются разновозрастные береговые линии, отражающие стадии сокращения площади акватории, изменения конфигурации озер. Анализ космической фотографии высокогорного района Тибета (фиг. 3) позволяет судить о значительном уменьшении—до современных размеров—озера Табия Цако (Тибет), связанного с прорывом моренной запруды и частичным спуском озерных вод. На фотографии сухого (в период съемки) днища озерной котловины, заливаемой в половодье, кроме основного заметны еще несколько небольших озерков.

В некоторых случаях по данным космического фотографирования удается получить косвенные указания о пресности или солености воды в водоеме. Одним из индикаторов солености воды озера Табия-Цако—(фиг. 3б) может служить характер строения береговой отмели и ныне сухой части днища, сложенных солевыми отложениями, лишенными

растительного покрова и выделяющимися по очень светлому тону изображения.

По оттенкам тона (цвета) изображения по оригинальным фотографиям, полученным при благоприятных условиях съемки, просматриваются глубины, заметны различия в прозрачности водной толщи, наконец, рисунки течений, что, в частности, обнаруживается на снимке с ПКК «Джеминай—4» искусственного озера Солтон Си на днище крупной межгорной депрессии (Калифорния, США).

Динамика гидрологических явлений

Основой для изучения динамики гидрологических явлений служит сравнительный анализ последовательных (повторных) КИ одной и той же территории, в ряде случаев—сравнение снимков и карт.

Вследствие своей мелкомасштабности ТВ снимки наиболее полезны для оценки появления, распространения, схода снежного покрова (фиг. 2а, б)—явления, характеризующегося значительным площадным развитием, а отчасти и для изучения ледового покрова на крупных озерах. Вместе с тем, ТВ снимки пригодны для выявления динамических особенностей некоторых других гидрологических явлений, в частности, ледников. Сопоставляя ТВ снимки северного гористого побережья Гренландии с имеющимися картами, нам удалось установить значительные изменения в распространении кромки ледового щита, (что отчасти возможно связано с неточностью составления самих карт).

По оригинальным фотографиям в отличие от ТВ снимков могут быть значительно детальнее прослежены локальные особенности динамики гидрологических явлений. Об этом свидетельствуют, в частности, данные интерпретации разностей ледового покрова на озерах Трансгималаев [14], а также наши данные по озерам и рекам гористой части Канадского кристаллического щита (Восточный Квебек), вариации площади зеркала водоемов (Тибет), периодического затопления дельт [23] и т. д.

Сопоставлением космической фотографии, полученной с ПКК в июне 1970 г. и карт Атласа Мира [1] выявляется заметное различие в конфигурации береговой линии на восточном побережье озера Урмия. Очевидно, вследствие разлива рек, показываемый на карте полуостров (с возвышенностью Чубухлы) на восточном побережье озера превратился в остров, что и зафиксировано съемкой.

Среди перспективных направлений использования КИ для изучения гидрологии горных стран отметим следующие:

1. Изучение ледников: выявление зон питания и абляции; исследование динамики, проведение типологической классификации, инвентаризации.

2. Исследование снежного покрова, особенностей распространения, мощности, ритмики и динамики, появления и схода, составление карт залегания снежного покрова методом сопоставления серий снимков данного района.

3. Выявление особенностей эрозионного расчленения горных ландшафтов, изучение рисунков гидросети и их типизация, выявление следов перестройки речной сети, составление новых и уточнение старых карт эрозионного расчленения, определение зон водосбора.

4. Обнаружение и картирование выходов подземных вод, прослеживание областей питания и разгрузки грунтовых вод.

5. Изучение горных озер и водохранилищ, динамики колебания их уровня, ледового покрова на озерах, проведение типологической классификации и инвентаризации озер.

6. Гидрогеологическое районирование горных ландшафтов.

Среди специальных видов космических съемок в других зонах спектра, перспективных для гидрологических целей, наиболее реальной в ближайшем будущем следует назвать инфракрасную съемку—для изучения термальных вод вулканических районов, увлажнения верхних слоев почво-грунтов, а возможно и неглубоко залегающих грунтовых вод, наконец, древних речных долин [18, 20, 21].

Таким образом, спутниковые наблюдения позволяют, с одной стороны, охватить гидрологические явления на чрезвычайно больших площадях и в результате изучать их в региональном и даже в глобальном масштабе (например, судить о синхронности или асинхронности их деятельности), с другой—проникать в детали гидрологического строения отдельных локальных районов, наконец—изучать явления в их динамике. Все это несомненно резко увеличит поток гидрологической информации и будет способствовать развитию гидрологии.

Приведенный материал показывает, что КИ дают ценную информацию о гидрометеорологических процессах горных стран. Созрела необходимость более широкого оперативного использования ее на практике. Эта проблема—одна из составных частей комплексных программ изучения природных ресурсов Земли с помощью КЛА [4], планируемых как в СССР, так и в США.

Ленинградский Государственный
университет

Поступила 12.X.1972.

Ա. Ա. ԳՐԻԳՈՐԵՎ, Գ. Ա. ԻՎԱՆՅԱՆ

ԼԵՌՆԱՅԻՆ ԵՐԿՐՆԵՐԻ ՏՐԵՋԵՐԱԿԱՆ ԼՈՒՍԱՆԿԱՐՆԵՐԻ
ՋՐԱՕՒԵՐՆԵՎՈՒԹԱՔԱՆԱԿԱՆ ՄԵԿՆԱՔԱՆՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Տիեզերական ապարատներից ստացվող լուսանկարչական ու սպեկտրալ պատկերները զգալի ինֆորմացիա են պարունակում լեռնային երկրների ջրաօդերևութաբանական պայմանների վերաբերյալ: Այդ ինֆորմացիան ոչ միայն մեծ չափով լրացնում է այլ եղանակներով ստացվող տվյալների պակասը, այլև իր առանձնահատկությունների շնորհիվ մի շարք հարցերի լուծման համար եզակի է:

Հոգվածում քննարկվում են լեռնային երկրների ջրաօդերևութաբանական բնութագրերի որոշման համար տիեզերքից ստացվող լուսանկարների կիրառման առանձնահատկությունները: Դիտարկվում են լեռնաշղթաների շրջանացմամբ պայմանավորված ալիքավոր ամպաշերտերի, օրոգրաֆիկ տեղումների, ամպրոպների, մառախուղների, ֆյունային երևույթների ուսումնասիրության, լեռնային քամիների ուղղության և արագության, մթնոլորտի ստրատիֆիկացիայի, ջերմաստիճանային պայմանների որոշման, լեռնային երկրների ձյունածածկի, սառցադաշտերի, գետային ցանցի, լճերի ջրաօդերևութաբանական այլ բնութագրերի ու դրանց դինամիկայի հետազոտման մեջ տիեզերական լուսանկարների օգտագործման հարցերը:

Բերվում են լեռնային երկրների օրոգրաֆիկ ամպածածկույթի, ձյունածածկի, լճերի ու սառցադաշտերի, ջրաբանական ցանցի տիեզերական լուսանկարների մեկնաբանման օրինակներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Атлас Мира. ГУГК, М., 1967.
2. Виноградов Б. В. Космическая фотография для географического изучения Земли. Изв. ВГО, т. 98, №2, 1966.
3. Виноградов Б. В., Григорьев Ал. А. Использование космических фотографий для изучения экзогенных форм рельефа. Изв. ВГО, т. 102, №6, 1970.
4. Виноградов Б. В., Кондратьев К. Я. Космические методы землеведения и пути их разработки и применения для изучения природных ресурсов Земли. Известия АН СССР, сер. геогр., №2, 1970.
5. Григорьев Ал. А. Опыт геоморфологического и геологического дешифрирования космических фотографий Земли (на примере бассейна Тулароса, США). Изв. ВГО, т. 102, №5, 1970.
6. Дородницын А. А. Возмущения воздушного потока, вызванные неровностями Земли. Труды ГГО, вып. 23, 1938.
7. Дородницын А. А. Некоторые задачи обтекания неровностей поверхности Земли воздушным потоком. Труды ГГО, вып. 31, 1940.
8. Минина А. С. Практика нефанализа. Гидрометеониздат. Ленинград, 1970.
9. Мусаелян Ш. А. Волны препятствий в атмосфере. Гидрометеониздат. Л., 1962.
10. Смирнова Н. В. Волнистые облака препятствий, наблюдаемых с искусственных спутников Земли. Труды ГМЦ, вып. 20, 1968.
11. Темников С. Н. Использование телевизионной информации метеорологических спутников Земли в гидрологических целях. Метеор. и гидрол. №3, 1970.
12. Alaka M. O. (Ed.). The airflow over mountains. WMO Technical Note, n. 34, Geneva, 1960.
13. Anderson R. K., Ferguson E. M., Oliver V. J. The use of satellite pictures in weather analysis and forecasting. WMO Technical Note, n. 75, Geneva, 1966.
14. Bird J. B., Morrison A. Space photography and its geographical applications. Geogr. Rev., vol. 154, n. 4, 1964.
15. Conover J. H. Note on the flora and snow cover distribution affecting the appearance of North-Eastern United States as photographed by Tiros satellites. Monthly Weather Rev., vol. 93, n. 10, 1965.
16. Fritz S. Satellites pictures of the snow-covered Alps during april 1960. Archiv für Meteorologie, 1962.
17. Kaminski H. Eis und Schnee in Satellitenphotos. Umschau, B. 70, H. 6, 1970.
18. MacLeod N. H. Ecological interpretation of data from Nimbus 3. High-Resolution infrared radiometer. Journ. of Geoph. Res., v. 76, n. 6, 1971.
19. Nimbus 1 User's Catalog: AVCS and APT, Washington, 1965.

20. *Pouquet J.* Geopedological features derived from satellite measurements in the 3.4—4.2 mcm and 0.7—1.3 mcm spectral regions. Preprint X—622—69—437. Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 1969.
21. *Rabchevsky G. A.* Hydrologic conditions viewed by the Nimbus meteorological satellites. Internat. Remote Sensing Workshop (IRSW). Univ. of Michigan, Ann Arbor, 1971.
22. *Swensson H.* Satelliter sasom hjälpmedel vid snoöch iscatering. Geografiska Notiser, n. 3, 1970.
23. *Wobber F. J.* Enviromental studies using Earth orbital photography. Photogrammetria, v. 24. n. 3—4, 1969.