

С. М. АЛЕКСАНДРОВ, Б. В. ВИНОГРАДОВ

## О МОРФОСТРУКТУРНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОСМИЧЕСКОЙ ФОТОГРАФИИ ПРИБАЛХАШЬЯ

(Представлено академиком Ю. А. Косыгиным 30 I 1974)

Анализируемая фотография, на которой зафиксирована часть Казахского мелкосопочника к северу от оз. Балхаш и кайнозойская впадина к югу от него, получена космонавтами Г. Т. Добровольским, В. Н. Волковым и В. И. Пацаевым с пилотируемой орбитальной станции «Салют» 11 VI 1971 г. в оригинальном масштабе 1:8 175 000 (°). В процессе дешифрирования нами различаются как опознавание контуров и качественное или количественное распознавание элементов дистанционного изображения, так и собственно интерпретация морфоструктур. Под последней мы понимаем анализ пространственных разномасштабных целостных тектоно-орографических комплексов (°). Нами рассматривались несколько тенденций интерпретации космических изображений: ландшафтная (°, °), морфологическая (°), морфогенетическая (°), структурно-тектоническая (°), структурно-геофизическая (°), палеотектоническая (°). В своем анализе мы комплексировали данные о ландшафте, рельефе, тектоническом строении и геофизических полях, полученные космическими, воздушными и наземными средствами. Результаты интерпретации космической фотографии иллюстрирует рис. 1. Морфоструктурная информация космической фотографии обуславливается оптической фильтрацией деталей фотографического изображения в процессе тематической генерализации на разных уровнях: от локального масштаба (1:10<sup>5</sup>) до глобального (1:10<sup>8</sup>). В настоящем исследовании мы использовали региональный уровень генерализации (1:10<sup>6</sup>—1:10<sup>7</sup>) на фотографии с обзорностью около 250 000 км<sup>2</sup> с пространственным разрешением около 300 м. Амплитуда размеров, выявленных по представленной фотографии структурно-тектонических элементов, велика: от макроморфоструктур (цокольные равнины Казахского щита) до мезоморфоструктур (интрузивные массивы, вулканические кольцевые постройки). В настоящей статье мы ограничились анализом одного из полигонов, расположенного вблизи устья р. Каратал, хорошо исследованным в последние годы, что способствовало сбору наиболее полных сведений.

Принципиально новые важные данные, во-первых, были получены о продолжении разломов северо-западного простирания, закартированных к северу от озера, под песками древней аллювиальной равнины, где палеозойский фундамент перекрыт неогеновыми и четвертичными осадками (по данным сеймопрофилирования и бурения мощностью до 30—100 м). Уже по аэроснимкам удалось отметить линейное расположение некоторых солончаков и такыров. Наземное дешифрирование космического снимка выявило элементы, не известные ранее, особенно в сравнении дельт рек Или и Каратал. Долина р. Каратал имеет своеобразный коленчатый рисунок, хорошо выделяющийся на космической фотографии темно-серым тоном фотографического изображения, обусловленным тугайными лесами. Прямолинейные отрезки-колена образуют ломаную линию, внутренние углы которой отклоняются от 180° на 15—25°. Северо-западное, северо-восточное и меридиональное направления отрезков совпадают с простиранием основ-

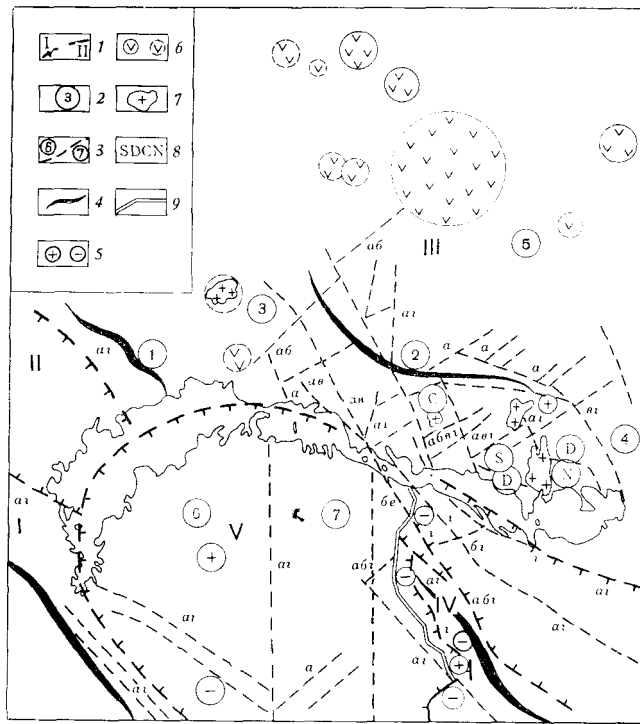


Рис. 4. Схема интерпретации морфоструктурных элементов Прибалхашья (составлена С. М. Александровым). 1 — границы и индексы морфоструктурных элементов и районов; 2 — индексы подрайонов; 3 — диплементы (*a* — опознающие на космическом снимке, *b* — прослеженные по аэрофотоснимку, *в* — откартированные при наземных наблюдениях, *г* — подтвержденные геофизическими данными); 4 — оси антиклинорий, выраженные в морфоструктуре; 5 — положительные и отрицательные гравитационные аномалии, *б* — кольцевые морфоструктуры (достоверные и предполагаемые); 7 — интрузивные массивы в ранге морфоструктур, прослеженные по космическому снимку и подтвержденные наземными наблюдениями; 8 — возрастные индексы геологических образований, выраженных в рельефе; 9 — спрямленные участки речных долин. Обозначения на схеме: I — каледонский антиклинорий Бетпак-Далы (Чу-Илийские горы); II — каледонско-герцинский краевой вулканический пояс (Сары-Шаганская мелкосопочная равнина), III — эпигерцинская Центрально-Казахстанская плита с древними ядрами каледонских структур, герцинскими синклинориями и кайнозойским чехлом; 1 — Западно-Балхашский антиклинорий (горы Шүнак-Актау), 2 — Балхашский антиклинорий (горы Карауңгир), 3 — Моинты-Токрауский синклинорий (Моинты-Жамшинская мелкосопочная равнина), 4 — Лепсинский синклинорий (Балхаш-Сасыккольская наклонная равнина с островными горами), 5 — Северо-Балхашский синклинорий (Баканас-Аягузская мелкосопочная равнина); IV — герцинский антиклинорий Джунгарского Алатау (горы Ушкөл, Коныртау); V — Балхашская гетерогенная альпийская впадина, наложенная на разные структуры; 6 — каледонский Балхашский срединный массив, 7 — герцинские структуры

ных дизъюнктивных структур Прибалхашья. Конфигурация отражает неглубокое залегание блоковой структуры палеозойского фундамента, являясь ее проекцией на земную поверхность. Нормальный веерообразный рисунок низовьев р. Или формируется в условиях глубокого залегания фундамента, который, по сейсмическим и гравиметрическим данным, погружен здесь на 300–1000 м.

Дополнительным критерием явился анализ гравимагнитных аномалий в низовье Каратала, которые имеют простирание 300–325°, причем отрицательные гравитационные аномалии трассируют гранитные тела, с которыми, вероятно, связаны процессы гранитного диапиризма, обуславливающие новейшие слабые поднятия блоков. Прослеживание аномалий по простиранию к северу от Балхаша позволило установить их пространст-

венную и генетическую связь, что важно для оценки металлогении структур, погребенных под песками. Для прослеживания разломов под водами озера можно рекомендовать комплексную аэромагнитную и длиннофокусную аэрофотосъемку акватории.

Весьма важными оказались результаты бурения кайнозойского чехла. Распределение неогеновых осадков контролируется устойчивой решеткой разломов. Если в миоцене длинные оси прогибов имели северо-западное простирание, то начиная с плиоцена (илийская и хоргосская свиты) отчетливо вырисовываются прогибы северо-восточного простирания. Это согласуется с направлением большинства современных долин Прибалхашья к северу от озера.

Вторым выводом можно считать господство трех основных систем нарушений в пределах мелкосопочника, что в силу оптической генерализации особенно четко выявляется именно на космической фотографии.

Северо-западные разломы, откартированные и ранее, характерны для всей зоны сочленения активизированных поднятий Тянь-Шаня и Казахского щита (7). Они идентифицируются на снимке благодаря доминирующему полосчатому фоторисунку, отражающему линейность элементов микрорельефа и ландшафта (почв, растительности, грунтовых вод), по примолившим участкам долин и берега. Весьма примечательно, что играющей важную роль в герцинской структуре Прибалхашья Центрально-Казахстанский разлом, на новейших структурных схемах в 70–80 км от оз. Балхаш резко (на 50°) меняет направление на меридиональное. На космической фотографии отчетливо видно его продолжение к северо-западу, причины чего мы рассмотрим ниже. Разломы северо-восточного направления к северу от озера выражены на снимке благодаря системе примоливейных долин, в том числе и наиболее крупных (Токрау и Ащизек). В ряде случаев (р. Ащизек) разломы взаимно смещены, что подтверждается и наземными измерениями, причем северо-восточные нарушения относительно моложе. Статистические замеры трещиноватости на северном побережье оз. Балхаш, проведенные по методике С. С. Шульца (ст.), показали явное господство трещин северо-западного простирания (до 75%), с подчиненной ролью трещин северо-восточного и меридионального простирания.

Меридиональные разломы вообще немногочисленны. Наиболее хорошо выраженный из них прослеживается к югу от оз. Балхаш, главным образом по геофизическим данным (4). Он ограничивает с востока Балхашский срединный массив, а к северу от озера разделяет (под названием Токрауского разлома) Балхашский антиклинорий и Моинты-Токрауский синклинорий. Это крупная зона нарушений, смятий, имеющая древнее заложение (догерцинское), фиксирующаяся серией линейно вытянутых гравитационных и магнитных аномалий. К западу от нее мощность кайнозойских осадков не более 300 м, а к востоку резко увеличивается до 1000 м, что свидетельствует о его новейшей активности. В современном рельефе с ней совпадает прямолинейное крупное сухое русло Бакапас, на протяжении почти 100 км врезанное на 7–10 м в древнеаллювиальную равнину, а к северу от Балхаша прямолинейные меридиональные отрезки долины Токрау. На космической фотографии и мелкомасштабных аэроснимках эти меридиональные морфоструктуры дешифрируются не только по прямолинейности контуров, но и благодаря тому, что они разделяют резко различающиеся ландшафты (дельта р. Или и золотая равнина, дельта Токрау и денудационная равнина). Однако в целом эти меридиональные разломы затушевываются диагональной сеткой нарушений, определяющей основную «физиономичную» структуру космической фотографии.

Итак, в результате дешифрирования космической фотографии, изучения геолого-геофизических материалов и непосредственных наблюдений с использованием аэрофотоматериалов выявлен общий линейно-узловой рисунок разломов, определяющих дифференцированные движения морфо-

структур, дешифрируемость которых определяется их различной активностью. Наиболее молодые, обусловленные диагональной решеткой нарушений, лучше выражены в рельефе и подчеркиваются остальными компонентами ландшафта, благодаря чему определяют каркас фоторисунка космического изображения.

В заключение необходимо отметить, что дешифрирование проводилось по относительно мелкомасштабному изображению в узкой изопанхроматической зоне спектра. Важной перспективой будущего является возможность получения разномасштабных многозональных изображений.

Институт географии  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
14 X 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> М. Г. Артамонов, Е. Н. Исаев, ДАН, т. 199, № 1 (1971). <sup>2</sup> И. В. Башилова, Наука и жизнь, № 7 (1971). <sup>3</sup> Б. В. Виноградов, Ал. А. Григорьев, Геоморфология, № 1 (1971). <sup>4</sup> Геология СССР, т. 40, Южный Казахстан, М., 1971. <sup>5</sup> И. П. Герасимов, Структурные черты рельефа на территории СССР и их происхождение, Изд. АН СССР, 1959. <sup>6</sup> Исследования природной среды с пилотируемых орбитальных станций, Л., 1972. <sup>7</sup> В. В. Ключкин, XXV Герценовские чтения, Л., 1972. <sup>8</sup> В. Г. Трифонов, Позднепалеозойская структура Северного Прибалхашья и ее происхождение, Тр. Геол. инст., в. 175 (1967). <sup>9</sup> H. G. Gierloff-Emden, U. Rust, Münchener Geographische Abh., V. 5, 1971.