



**ДИСТАНЦИОННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРИ ПОИСКАХ
ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ**

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

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Ответственный редактор
д-р геол.-мин. наук *В. Н. Шаранов*

4704

НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

1986



Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых. — Новосибирск: Наука, 1986.

В сборник включены материалы IV сессии Научно-координационного совета по аэрокосмическим исследованиям природных ресурсов, отражающие новые результаты анализа космогеоструктурной информации при прогнозе и поисках месторождений полезных ископаемых. Впервые приводятся данные космодешифрирования для локального прогноза коренного оруденения и прогноза нефтегазоносных районов Сибири и Средней Азии.

Для специалистов, занимающихся комплексными исследованиями с применением аэрокосмической информации при поисках полезных ископаемых.

Рецензенты *В. Р. Кирейтов, А. С. Лапухов*

Редколлегия

акад. *А. С. Алексеев*, канд. геол.-мин. наук *Л. К. Зяткова*,
д-р геол.-мин. наук *А. С. Лапухов*, канд. физ.-мат. наук
В. П. Пяткин, д-р геол.-мин. наук *В. А. Соловьев*, акад.
А. Л. Яншин

І раздел

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОГНОЗЕ И ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

А. А. РОМАШОВ

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТАХ

Вопросам, связанным с применением материалов аэрокосмических съемок (МАКС) для исследования нефтегазоносных и перспективных территорий, уделяется большое внимание. Однако неразработанность единой методики использования МАКС при поисках нефти и газа сдерживает широкое внедрение их в практику нефтегазопроисковых работ.

Анализ глубинного строения земной коры нефтегазоносных территорий основан на комплексировании МАКС с геолого-геофизическими данными и проводится с учетом стадийности поисково-разведочного процесса и методического принципа последовательной детализации. Все это характеризует качественный переход от традиционных методов изучения к системному анализу глубинного геологического строения регионов и позволяет представить их как последовательные структурно-целостные модели. Системный подход раскрывает сложное строение объектов на разных уровнях генерализации (УГ), выявляет их динамику, устанавливает закономерности пространственных взаимосвязей элементов, составляющих изучаемые объекты [Гридин, 1983; Ромашов, Галактионов, 1981; и др.].

В зависимости от стадийности поисков нефти и газа в настоящее время принято выделять обзорные (м-б 1 : 5 000 000 — 1 : 1 500 000), региональные (м-б 1 : 1 000 000 — 1 : 200 000) и детальные (м-б 1 : 100 000 и крупнее) космо- и аэрогеологические исследования, ведущиеся на МАКС соответствующей обзорности, уровня генерализации и разрешения. Основные характеристики материалов космических съемок (МКС), применяемых при нефтегазопроисковых работах, и геологические задачи, решаемые с их помощью, приведены в таблице (см. таблицу).

Среди материалов дистанционных съемок (МДС) для каждой стадии (масштаба) подбираются основной комплект и дополнительные, один из которых (более мелкого масштаба) — обзорно-справочный для выявления общих структурных особенностей региона, второй (более крупного масштаба) — детализационный для уточнения неясных или сложно построенных участков и отдельных космогеологических объектов (КГО). При этом основной комплект МДС обычно состоит из трех экземпляров: двух — на матовой бумаге и одного — на глянцевой. При формировании дополнительного комплекта необходимо подбирать, особенно для обзорно-справочных целей, разносезонные сканерные изображения. Это позволяет максимально снизить влияние эффекта «ландшафтного мерцания» и повысить достоверность выделения КГО. Для детализационных целей крайне важны крупномасштабные много- и спектрзональные космо- и аэрофотоснимки [Крымов и др., 1980; Ромашов, 1982; Флоренский, 1979; и др.].

Основным методом дешифрирования МАКС является геоиндикационный, базирующийся на комплексе дешифровочных и природно-ланд-

Основные характеристики МКС, применяемых при нефтегазописковых работах [по Гонину, Стапанову, 1975; Виноградову, 1980; и др.]

Вид и масштабы нефтегазописковых работ	Тип носителя	Аппаратура	Виды материалов дистанционных съемок	Зона спектра, мкм	Ширина захвата местности, км	Разрешение на местности, км	Масштаб приведенный	Геологические задачи, решаемые с помощью МКС при нефтегазописковых работах
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обзорные, м-б 1 : 5 000 000 — 1 : 2 500 000	ИСЗ * «Метеор-1» № 1—17	Телевизионная (РТВК)	Цифровой	0,5—0,75	950—1400	1,2—1,9	1 : 9 000 000 1 : 6 000 000	Выявление трансконтинентальных линейных элементов, разрывных нарушений, планетарной трещиноватости; выделение структурно-формационных зон и крупнейших овално-кольцевых структур; тектоническое и неотектоническое районирование платформенных и складчатых территорий
	ИСЗ «Метеор-1» № 18—25	Сканерная система малого разрешения (МСУ-М)	Визуализированный многозональный	0,5—0,6 0,6—0,7 0,7—0,8 0,8—1,1	1400	1,8	1 : 9 000 000	
	ИСЗ «Метеор-2» № 28—31	Сканерная система среднего разрешения (МСУ-С)	Визуализированный многозональный	0,5—0,6 0,6—1,1	1200—1300	0,2—0,8	1 : 2 500 000 1 : 1 500 000	

Обзорно-региональные, м-б 1 : 1 500 000 — 1 : 1 000 000	ПКК ** «Союз» ДОС *** «Салют»	ФМС	Визуализированный фотографический черно-белый, цветной многозональный	0,50—0,63 0,59—0,71 0,74—0,85	300—700	0,5	1 : 2 000 000 1 : 1 000 000	Выявление региональных линейных элементов, разрывных нарушений, трещиноватости; картирование неоген-четвертичных отложений, структурно-литологических толщ; изучение региональных складчатых структур; выделение зон новейшей активизации, разломов и др.
		КАТЭ-140	Визуализированный фотографический	Широкий 0,45—0,86	300—700	0,1—0,4	1 : 2 000 000 1 : 1 000 000	
	«Метеор» — «Природа»	Фрагмент-2 (МСУ-Э)	Визуализированный многозональный	0,4—0,5 0,5—0,6 0,6—0,7	85	0,8	1 : 500 000 и крупнее	
Региональные, м-б 1 : 1 000 000 — 1 : 200 000			Цифровой	0,7—0,8 0,8—1,1 1,2—1,3 1,5—1,8 2,1—2,4	85	0,25—0,5	1 : 500 000 и крупнее	Дешифрирование структурно-тектонических элементов: разломов, элементов складчатости, участков разной степени новейшей активизации, овално-кольцевых структур, элементов залегания, трещиноватости и др.
	ПКК «Союз» — ДОС «Салют»	МФК-6	Визуализированный многозональный	0,46—0,50 0,52—0,56 0,58—0,62 0,64—0,68 0,76—0,86	200—700	0,02—0,04	1 : 1 000 000 1 : 500 000 и крупнее	

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Детальные, 1 : 100 000 и крупнее	«Ландсат» (США)	Сканерная система высокого разрешения (М)	Цифровой многозональный	0,5—0,6 0,6—0,7 0,7—0,8 0,8—1,1	185	0,06—0,09	1 : 1 000 000 1 : 100 000	Выделяются возрастные и генетические типы новейших отложений, элементы геоморфологии, тектоники локального класса: разрывы, элементы локальных структур, сбросы, грабены, крылья, надсводные мульды соляных куполов; литологические маркирующие горизонты: песчаники, фосфориты, мергели и др.
	ИСЗ «Метеор-2» № 29—31	Сканерная система высокого разрешения (МСУ-Э)	Цифровой многозональный	0,5—0,7 0,6—0,8 0,8—1,1	200	0,03	1 : 1 000 000 и крупнее	
	ИСЗ типа «Космос» и др.	Сканерная система высокого разрешения (МСУ-Э)					0,03	1 : 500 000 и крупнее

* Искусственный спутник Земли.

** Пилотируемый космический корабль.

*** Долговременная орбитальная станция.

шафтных признаков, среди которых для разной обзорности, УГ и разрешения выделяются главные (ведущие) и второстепенные (дополнительные) индикаторы структурно-геологических элементов нефтегазоносных областей (линейных, площадных, складчатых и др.). При этом от обзорных работ к детальному расширяется (обогащается) спектр ведущих индикаторов за счет перехода в эту категорию части дополнительных признаков.

Например, на сверхмелкомасштабных космоснимках (КС) континентального (обзорного) УГ (м-б 1 : 10 000 000 — 5 000 000) главными геоиндикаторами границ Прикаспийской нефтегазоносной провинции являются трансрегиональные денудационные и частично абразионные уступы, располагающиеся дугообразно практически вдоль всего ее периметра от Волгограда через Уральск, Оренбург вдоль окраины Мугоджар до Южной Эмбы и образующие овално-кольцевую суперструктуру около 1000 км в поперечнике. Основными геоиндикаторами, подчеркивающими ее внутреннюю кольцевую структуру на КС регионального УГ (м-б 1 : 1 500 000 — 1 : 500 000), являются также дугообразно расположенные водотоки высочайших (шестого и более) порядков, участки региональных денудационных уступов протяженностью в десятки и сотни километров.

И наконец, на КС локального и детального УГ локальные овално-кольцевые структуры, созданные соляной тектоникой, маркируются целой гаммой денудационных, флювиальных, эоловых и других геоиндикаторов [Волчегурский и др., 1977; Космофототектоническая карта..., 1978; Оруджева и др., 1982; Ромашов, 1982].

Комплексы геоиндикаторов систематизируются в соответствии с УГ дистанционных материалов и стадийностью работ (обзорной, региональной и детальной), составляя геоиндикационный аппарат (банк признаков), как правило, привязанный территориально. В результате создаются геоиндикационные карты признаков КГО линейного, площадного, овално-кольцевого и других типов различного генезиса и глубины заложения. Дешифрирование обычно выполняется вначале на представительных ключевых (опорных, эталонных) участках нефтегазоносных территорий. Это позволяет в дальнейшем широко экстраполировать геоиндикационные признаки, а при натурных (полевых) наблюдениях оптимизировать схемы описания КГО, расположение аэровизуальных и наземных заверочных маршрутных наблюдений, необходимость буровых и геофизических работ, опробования и др. [Ромашов, Галактионов, 1981; и др.].

Использование МАКС при изучении нефтегазоносных территорий привело к открытию практически во всех провинциях, областях и районах многочисленных космогеологических объектов. Размеры, форма и вид их настолько разнообразны и необычны, что во многих случаях трудно истолковать их геологическую природу. Это объясняется либо отсутствием геолого-геофизической (традиционной) информации соответствующего УГ для корректного сопоставления, либо тем, что выделенные типы объектов, чаще всего структуры центрального типа, не имеют известных структурно-тектонических или тектономагматических аналогов и на данном уровне геологических знаний не могут быть уверенно идентифицированы.

Кроме того, схемы дешифрирования МАКС различны у разных авторов, хотя зачастую составлены они по одним и тем же исходным информационным материалам: снимкам, фотосхемам, фотокартам и др. Это прежде всего связано с отсутствием единой и четкой классификации всех выделяемых КГО линейного, площадного и центрального типов как регионального (зонального), так и локального ранга. Сами различия в схемах дешифрирования (приемы которого еще далеки от совершенства) вряд ли являются существенным недостатком. Ведь никого не удивляет разнообразие структурных, тектонических и даже геологических карт, часто составленных на основании более достоверных, чем дешифрирова-

ние МДС, фактических данных, таких как сейсморазведка, бурение, изучение обнажений и т. д. [Крымов и др., 1980; Ромашов, 1982; Флоренский, 1979; и др.].

На наш взгляд, основные трудности здесь связаны, во-первых, с отсутствием реально разработанной методики и приемов дешифрирования, а также с недостатком высокоэффективной сканирующей аппаратуры типа интерпретоскопов и со слабой автоматизацией ряда операций, особенно обеспечивающих статистическую обработку результатов дешифрирования; во-вторых, с неразработанностью основ классификации и типизации выделяемых КГО и отсутствием методических основ и способов наземной их проверки. В последние годы в пределах нефтегазоносных территорий страны геологами отдешифрировано несколько сотен объектов, представляющих интерес для дальнейшего изучения. Однако до настоящего времени всеми способами наземной проверки, включая различные виды геофизических исследований и бурения, проверена незначительная их часть (менее 10%). Из-за отсутствия единого подхода не учитывались и типологические признаки объектов, в результате чего наземной проверке могли подвергаться либо не типичные объекты, либо хорошо дешифрирующиеся, но заведомо малоперспективные.

На всех уровнях комплексная интерпретация результатов дешифрирования МАКС ведется с использованием геолого-геофизической информации с учетом высокой геологической информативности и разрешения, а также многоступенчатой генерализации аэрокосмических изображений. Для повышения корректности сопоставления (интерпретации) КГО необходимы предварительная подготовка и обработка указанных материалов на ЭВМ по единым программам. Это связано с тем, что «процесс генерализации оптических изображений аналогичен известным процедурам сглаживания математических функций, в частности графиков геофизических полей, близкий смысл имеют операции пересчетов потенциальных полей в верхнее полупространство» [Боровиков, 1983, с. 84].

При обзорных работах применяются в основном данные по наблюдаемым, а чаще трансформированным (осредненным) физическим полям (магнитному, гравитационному, тепловому), мелкомасштабные структурные карты (чехла, фундамента) по результатам профильного глубинного зондирования (МОВ-КМПВ, МТЗ, ГСЗ и др.), данные опорного и параметрического бурения.

При региональных работах используются карты наблюдаемых и реже трансформированных физических полей (магнитного и гравитационного), структурные карты, составленные на основе площадной региональной сейсморазведки в модификациях КМПВ, МРПП, МОГТ и др., а также материалы комбинированных профильных гравимагнитных наблюдений и данные параметрического и глубокого поискового бурения.

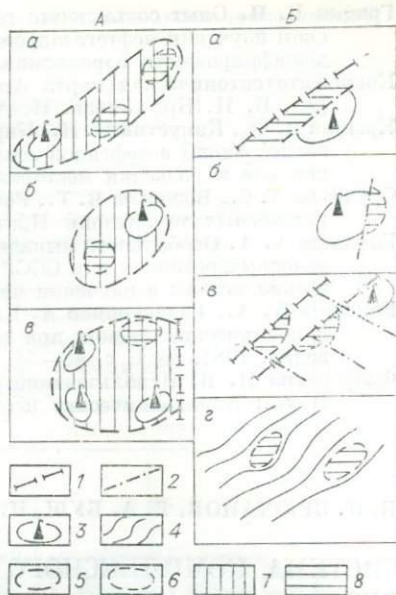
При детальном исследовании применяются материалы площадных высокоточных гравимагнитных полей, структурные карты по данным площадной детальной сейсморазведки в модификациях МОГТ, ВСНП, скважинной сейсморазведки, результаты детальной профильной электроразведки (ВЭЗ, ДЭЗ и др.), данные структурно-поискового бурения и др.

На всех стадиях комплексной интерпретации, особенно на региональной и детальной, нередко необходимо обращение к первичной геолого-геофизической информации и ее повторное осмысление (переинтерпретация). Для более корректного сопоставления результатов целесообразно использование математико-статистических методов обработки данных дешифрирования и геолого-геофизических материалов для выявления как общих, так и аномальных особенностей глубинной структуры нефтегазоносных регионов.

На основе геологической модели глубинного строения ведется пространственное прогнозирование поисковых объектов, которое с учетом дедуктивного подхода к изучению нефтегазоносных территорий может быть также обзорным, региональным (зональным) и локальным. Причем

Типы перспективных поисковых объектов, выделяемых с помощью дешифрирования материалов аэрокосмических съемок регионального (А) и локального (Б) уровней генерализаций.

1 — региональные и 2 — локальные разломы; 3 — известные по геолого-геофизическим данным нефтяные месторождения; 4 — изогипсы опорных сейсмических горизонтов; 5, 6 — отдешифрованные структурные элементы регионального (5) и локального (6) классов; 7, 8 — перспективные поисковые объекты: 7 — региональные, 8 — локальные.



локальный прогноз невозможен без регионального, а региональное прогнозирование является составной частью обзорного.

В последнее время усилилось внимание к региональному и локальному прогнозу. Это связано, во-первых, с необходимостью обнаружения конкретных поисковых объектов или их групп, позволяющих обеспечить реальный прирост запасов углеводородов, во-вторых, с возможностью наземной проверки выделяемых по МАКС космогеологических объектов существующими традиционными геолого-геофизическими методами.

Анализ литературы и выполненных в 1980—1983 гг. в объединении «Аэрогеология» опытно-методических исследований в пределах запада Казахстана и Средней Азии показывает, что при использовании МАКС для целей регионального и локального прогнозирования поисковых объектов возможны следующие основные случаи (см. рисунок). При региональном прогнозе: выделение зоны нефтегазоаккумуляции по отдельным локальным нефтегазоносным структурам (а); расширение контуров региональных структур по известным локальным (б); выделение региональной структуры в нижних этажах по закономерно ориентированным локальным нефтегазоносным структурам в верхних горизонтах (в). При локальном прогнозе: выделение дополнительных площадей, отсеченных параллельными разрывами (а) и разрывами периклинали структур (б), структур в зонах пересечения поперечными малоамплитудными разрывами главных нарушений (в), малоамплитудных структурных осложнений на моноклиналиях (г). Как правило, все перечисленные структурные элементы, перспективные на поиски нефти и газа, сейсморазведкой фиксируются неуверенно или неоднозначно.

В объединении «Аэрогеология» в последние годы интенсивно разрабатываются методические основы комплекса работ по наземной проверке дешифрирования (НПД). Этот новый вид космогеологических исследований, основанный на дешифрировании МАКС, включает полевые наземные и аэровизуальные маршрутные геолого-геоморфологические наблюдения, структурное бурение и массовое геохимическое опробование отложений по керну скважин, а также камеральные картоморфометрические построения (системный анализ рельефа и гидросети) с последующей комплексной статистической обработкой всех аэрокосмических и геолого-геофизических данных на ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

- Боровиков А. М. Достоверность дешифрирования и интерпретации космоснимков по прямым и косвенным признакам. — В кн.: Космические методы изучения природной среды Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1983, с. 83—100.
- Волчегурский Л. Ф., Воробьев В. Т., Галактионов А. Б. и др. Космофотогеологическое картографирование — новый вид изучения структуры земной коры нефтегазоносных бассейнов. — В кн.: Проблемы геологии нефти. Глубинная структура и нефтегазоносность осадочных бассейнов. М.: изд. ИГиРГИ, 1977, с. 84—93.

- Гридин В. И.** Опыт составления геондикационных карт при системно-аэрокосмическом изучении нефтегазоносных территорий.— В кн.: Геондикационный метод дешифрирования аэрокосмических снимков. Свердловск, 1983, с. 120—122.
- Космофототектоническая карта Арало-Каспийского региона м-ба 1 : 2 500 000/Под ред. В. Н. Брюханова, Н. А. Еременко.— М.: изд. ГУГК, 1978.**
- Крымов В. Ф., Капустин И. Н., Кирюхин Л. Г. и др.** Применение космических методов исследований в нефтяной геологии.— М., 1980.— 49 с. (Обзор. ВИЭМС. Методы поисков и разведки месторождений нефти и газа).
- Оруджева Д. С., Воробьев В. Т., Ромашов А. А.** Аэрокосмические исследования нефтегазоносных территорий Прикаспийской впадины.— М.: Наука, 1982.— 76 с.
- Ромашов А. А.** Особенности выявления новейших и современных структур в нефтегазоносных регионах юга СССР по космическим снимкам.— В кн.: Космогеологические методы в изучении четвертичного периода. Л.: Наука, 1982, с. 78—86.
- Ромашов А. А., Галактионов А. Б.** Основные вопросы применения материалов аэро- и космических съемок при поисках нефти и газа.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 1, с. 48—54.
- Флоренский П. В.** Использование космических съемок при поисках нефти и газа.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. М.: Наука, 1979, с. 286—295.

В. Н. БРЮХАНОВ, В. А. БУШ, И. Н. ЩЕРБАКОВА

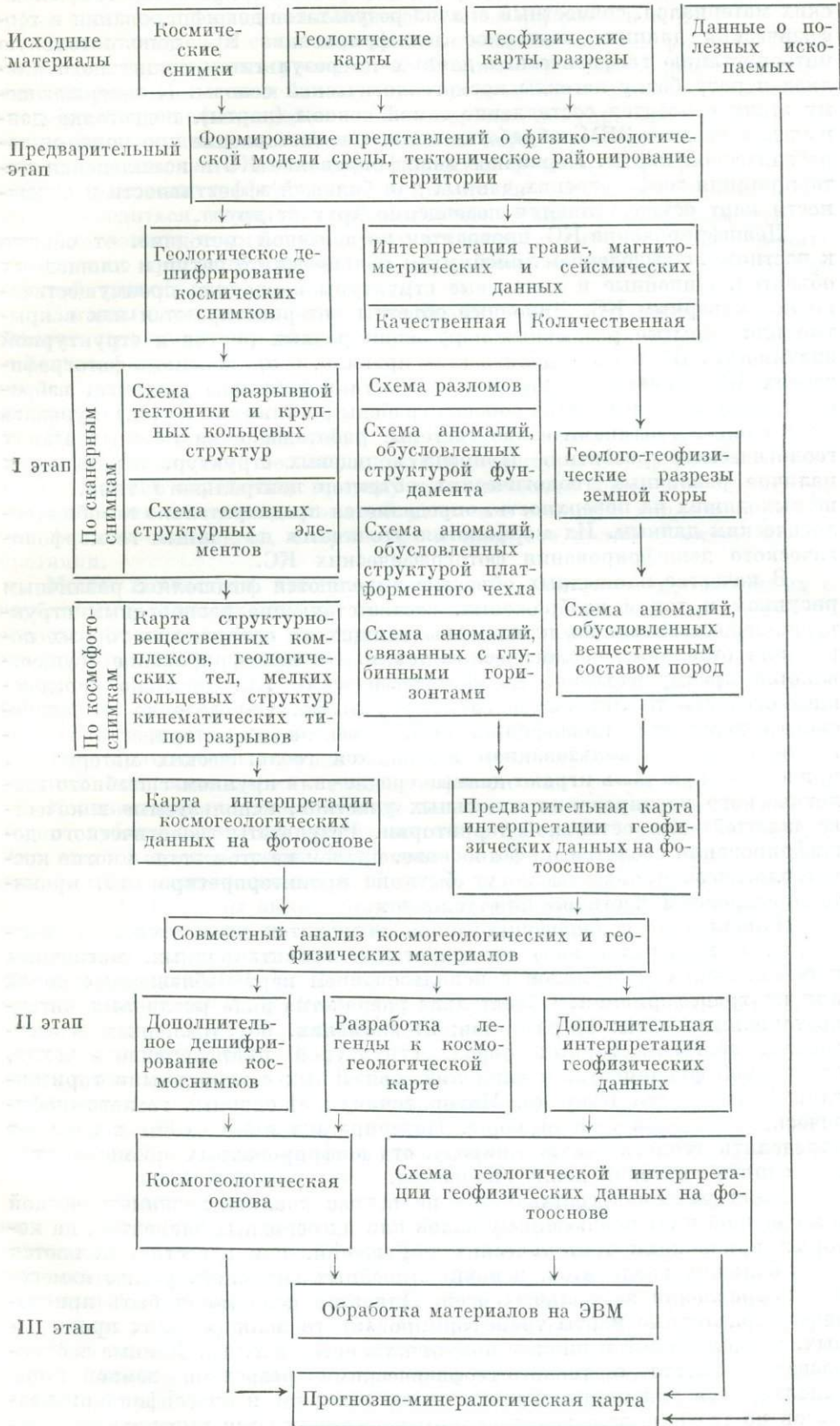
СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ СОЗДАНИИ КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ДЛЯ МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ

Минерагеническое картирование, методы которого разрабатываются в последние годы, и минерагеническое прогнозирование в разных масштабах требуют привлечения данных геологического дешифрирования космических снимков (КС). Это обусловлено, в частности, тем, что космогеологические методы дают более детальную и глубинную информацию о структурных особенностях территории по сравнению с наземными методами геологических исследований. Комплексная интерпретация данных дешифрирования КС, геологических, геохимических и геофизических сведений не только повышает достоверность, но и обеспечивает получение комплекта взаимно увязанных и равнозначных материалов, необходимых для осуществления человеко-машинного минерагенического прогнозирования на ЭВМ с применением системы «Регион» или аналогичных [Белобородов, Коген, 1980; Чумаченко и др., 1981].

Если вопросам технических приемов составления космогеологических карт посвящены многочисленные публикации, то методические стороны этого процесса освещены недостаточно. Разработанная авторами методика комплексного анализа дистанционных и геофизических данных для проведения прогнозирования в масштабе 1 : 500 000 не претендует на универсальность, но представляет интерес для изучения территорий при ограниченных возможностях проведения полевых проверочных исследований. Предполагается, что в распоряжении интерпретаторов имеются материалы гравитационной и аэромагнитной съемок и хотя бы единичные разрезы по региональным сейсмопрофилям (что для большинства районов Сибири и Дальнего Востока вполне реально).

На блок-схеме (см. таблицу) показаны основные этапы и последовательность работ по созданию космогеологической основы прогнозирования. Из нее видно, что работе по интерпретации материалов и составлению карт предшествует этап анализа имеющихся геолого-геофизических материалов, в ходе которого на основе изучения КС высоких уровней генерализации (возможно, и не используемых при непосредственном составлении карт) исследователи получают общее представление о тектоническом районировании региона и его физико-геологической модели, которое затем уточняется (вероятно, изменяется) в процессе интерпретации.

Блок-схема состава и последовательности работ по созданию космогеологической основы прогнозирования



Основные работы по созданию космогеологической основы прогнозирования включают: дешифрирование КС, интерпретацию геофизических материалов, совместный анализ результатов дешифрирования и геофизических данных, повторное дешифрирование КС, дополнительную интерпретацию геофизических данных по результатам совместного анализа и разработку легенды космогеологической основы. К завершающему этапу относятся составление самой основы (карты), подготовка данных для ввода в ЭВМ, обработка данных и составление прогнозно-минералогической карты. Первичное дешифрирование КС и комплексная интерпретация геофизических данных для большей эффективности и надежности карт осуществляются независимо друг от друга.

Дешифрирование КС проводится по обычной методике, от общего к частному, с выделением линейных и кольцевых структур и площадных объектов. Линейные и кольцевые структуры изучаются преимущественно по сканерным КС. Линейные объекты интерпретируются как вскрытые или скрытые разрывные нарушения разных рангов и структурной значимости. Важно определить (как правило, с применением фотографических КС) кинематические характеристики разрывов (надвиги, взбросы, сдвиги левые и правые, сбросы, грабены растяжения и т. д.) и увязать их в единые геодинамические системы, работающие на главных этапах геологического развития. Природа кольцевых структур, отражающих наличие различных геологических объектов центрального типа, часто не выходящих на поверхность, определяется предварительно по общегеологическим данным. Их морфология уточняется по данным геоморфологического дешифрирования фотографических КС.

В качестве площадных объектов выделяются фотополя с различным рисунком и тоном изображения, соответствующие разнородным структурно-вещественным комплексам выходящих на поверхность горных пород или отдельным геологическим телам. Их дешифрирование осуществляется преимущественно по фотографическим КС, детально передающим особенности литоморфного микрорельефа. Определение геологического содержания отдешифрированных объектов (их интерпретация) осуществляется с использованием имеющихся геологических материалов, причем важную роль играют данные средне- или крупномасштабного геологического картирования отдельных участков, используемые в качестве «ключей» для остальной территории. Результаты геологического дешифрирования сводятся на фотооснове, причем на этом этапе многие космогеологические объекты могут быть не проинтерпретированы, проинтерпретированы частично или условно.

Параллельно с дешифрированием проводится комплексная (качественная и количественная) интерпретация гравитационных, магнитных и сейсмических материалов с использованием карт наблюдаемых полей или их трансформаций. Обязательна разработка ряда различных интерпретационных схем: 1) разломов; 2) аномалий, обусловленных вещественным составом горных пород, структурой платформенного чехла, структурой фундамента, и аномалий, связанных с глубинными горизонтами (поверхности Конрада, Мохоровичича); 3) опорных геолого-геофизических разрезов земной коры. Интерпретационные схемы позволяют определить геологическую природу отдешифрированных космообъектов и уточнить критерии дешифрирования.

Схема разломов составляется на основе анализа гравиметрической и магнитной карт наблюдаемых полей или их основных элементов, на которых признаками тектонических нарушений, как известно, являются зоны больших градиентов, цепочки линейных аномалий, резкое изменение направления аномальных осей. Для этой цели могут быть привлечены и различные карты трансформированного поля (высших производных, продолженные в нижнее полупространство и т. д.). Данные сейсморазведки вместе с геолого-геофизическими разрезами земной коры используются для корректировки схемы разломов и классификации разрывов по глубине заложения. Таким образом удается выделить мантий-

ные разломы, делящие исследуемую территорию на основные блоки, коровые структурообразующие разломы, локальные разломы, ограниченные в своем распространении верхней частью разреза, и т. д.

Для составления схем аномалий, источники которых располагаются на разных структурных уровнях, необходимо произвести разделение полей на региональную и локальную составляющие одним из известных способов (осреднение, продолжение в верхнее полупространство и др.), важно лишь правильно выбрать радиусы пересчетов, для чего рекомендуется использовать автокорреляционную функцию. В правильности выбора радиусов трансформации и отсутствии суперпозиции аномалий можно убедиться, используя сейсмогеологические разрезы, для чего достаточно решить прямую задачу от исследуемого горизонта и сравнить полученную кривую с кривой, снятой по данному профилю с соответствующей трансформированной карты.

С карты осредненного поля, отражающей, по заключению интерпретатора, структуру кристаллического фундамента, выносятся на схему локальные аномалии обоих знаков. Затем схема дополняется поднятиями и впадинами, выявленными сейсморазведкой, и магнитными аномалиями «рельефа», о чем будет сказано далее.

Карта локальных аномалий Δg , вычисленных с тем же радиусом, отражает плотностные неоднородности и структуры платформенного чехла и помогает определить природу тектонических кольцевых структур. Разделить эти источники аномалий удастся с помощью анализа параметров намагниченных тел, полученных в процессе количественной интерпретации.

Может показаться, что схема аномалий силы тяжести, связанных с глубинными горизонтами, не нужна для создания космогеологической основы. Однако авторы настаивают на ее необходимости, так как еще нельзя считать окончательно решенным вопрос о глубинности космогеологических методов. В литературе имеются указания на то, что на КС дешифрируются крупные геологические объекты, нередко со значительной глубиной залегания [Комаров, 1980]. Кроме того, такая схема поможет критически переоценить материалы глубинного сейсмозондирования при составлении геолого-геофизических разрезов.

Количественная интерпретация заключается прежде всего в вычислении глубины залегания магнитных тел и их средней намагниченности. Для этого в распоряжении интерпретатора должны быть графики полного вектора напряженности магнитного поля или его вертикальной составляющей. Способы вычисления параметров намагниченных тел выбираются в зависимости от степени сложности интерпретируемых кривых. Для вычисления верхних кромок авторы предпочитают способ касательных в модификации В. К. Пятницкого (для аномалий простой формы) и графический способ А. К. Вейнберга (для аномалий сложной формы) [Логачев, Захаров, 1973; Физические свойства..., 1976]. На практике обычно учитываются средние значения из нескольких определений, выполненных разными способами. В качестве оптимального приема определения средней намагниченности пород рекомендуется использовать разработанный во ВСЕГЕИ и широко апробированный интегральный способ, позволяющий интерпретировать изолированные и сложные аномалии магнитного поля [Булина, Рябкова, 1974].

По величине средней намагниченности и глубине залегания магнитных тел выделяются участки, где структура поля обусловлена вещественным составом пород или рельефом намагниченной толщи. Сопоставляя «вещественные» аномалии ΔT или ΔZ с аномалиями Δg , можно сделать вывод о возможном составе намагниченных пород (серпентиниты, габброиды, гранодиориты и т. п.). Эти результаты представляются на схеме, куда выносятся контуры магнитных и гравитационных аномалий и где специальными знаками отмечается предполагаемый состав возмущающих тел. Такая схема помогает определить природу магматогенных кольцевых структур и некоторых фотополей.

Геолого-геофизические разрезы земной коры, составляемые в процессе комплексной количественной интерпретации, во-первых, дают представление о глубинном строении территории, а во-вторых, как уже упоминалось, помогают классифицировать разломы по глубине заложения и определить их кинематику. Казалось бы, эти вопросы можно решить без дополнительной интерпретации, опираясь только на сейсмические разрезы. Еще 10—15 лет назад так бы и поступили. Однако в настоящее время с накоплением материалов сверхглубокого бурения [Резанов, 1981] и широким внедрением в практику региональных исследований комплексной интерпретации выработалось более критическое отношение к сейсмическим материалам. Для проверки правильности построения сейсмических границ используют данные гравиметрии. Авторы для составления геолого-геофизических разрезов использовали автоматизированную систему интерпретации гравитационных аномалий, разработанную в Институте геофизики АН УССР [Булах, 1973]. Вычисляется гравитационный эффект от сейморазреза земной коры и поверхности мантии, полученная кривая сопоставляется с наблюдаемой, и устанавливаются причины возможных расхождений. В процессе работ может быть уточнена плотностная характеристика и исправлена конфигурация границ в той части разреза, которая не удовлетворяет гравитационному полю. Автоматизированная система состоит из ряда программ, позволяющих решить прямую задачу от многослойного разреза, выделить фоновую составляющую, подобрать плотности в некоторых пределах, осуществить автоматический поиск конфигурации поверхностей или границ.

Перечисленные интерпретационные схемы корректируются с учетом геологических данных и сводятся на фотооснове, после чего легко перейти к совместному анализу данных дешифрирования и геофизических данных, который может осуществляться визуально и с применением ЭВМ [Hastings, 1982].

При совместном анализе возможны три случая. Первый — совпадение или конформность данных дешифрирования и геофизических — позволяет трактовать результаты обеих интерпретаций как достаточно надежные и уточнить геологическую характеристику отдешифрированных объектов (определить глубину проникновения разломов, их кинематику, выяснить природу кольцевых структур и т. п.). Во втором случае — отсутствие аналога геофизической аномалии на карте дешифрирования — проводится дополнительное дешифрирование КС, желательно с привлечением снимков, полученных иным способом, в ином сезонном аспекте, что позволяет обнаружить слабо проявленные в ландшафте структуры. Иногда же устанавливается отсутствие проявлений глубинных структур на поверхности. В третьем случае результаты дешифрирования не находят отражения на карте геофизических данных, что требует дополнительной интерпретации последних. Однако часто космогеологические объекты не отражаются в физических полях по геологическим причинам (отсутствие смещений по разломам, близость физических характеристик у различных дешифрируемых тел, малые амплитуды локальных поднятий и т. д.). Таким образом, заложенные в предлагаемой технологической схеме обратные связи позволяют повысить достоверность получаемых данных.

После совместного анализа космогеологических и геофизических материалов можно завершить составление космогеологической основы прогнозирования. Легенды таких карт неизбежно будут отличаться в разных районах, но должны включать, по нашему мнению, следующие основные группы геологических объектов.

Площадные космогеологические объекты. Они представляют собой выделяемые по дешифрированию КС с разной степенью надежности структурно-вещественные (иногда литолого-стратиграфические) комплексы осадочных, вулканогенных и интрузивных пород. В их пределах особым знаком показываются недешифрирующиеся границы важных для прогнозирования геологических тел, взятые с геологических карт. С учетом данных геофизики указываются контуры не выходящих на поверхность интрузий.

Допускается выделение фотополей, однозначная геологическая интерпретация которых не достигнута.

Линейные космогеологические объекты. К ним принадлежат разрывы, классифицируемые по глубине заложения, структурной роли, кинематическим характеристикам. Региональные разломы, если они дешифрируются фрагментами или же не видны на КС, показываются по геофизическим данным.

Кольцевые структуры. Они включают геологические объекты центрального типа различных размеров (региональные, локальные и др.), классифицированные по генезису. Особыми знаками указывается корреляция кольцевых структур с геофизическими данными (с аномалиями силы тяжести за счет платформенного чехла, с поднятиями и впадинами фундамента по сейсморазведке, с магнитными аномалиями за счет петрографического состава пород и т. д.). Если геолого-геофизические данные не позволяют определить природу космофотообъекта, его относят к группе структур неустановленного происхождения, что позволяет точно поставить задачи наземной проверки и выбрать для нее геолого-геофизические методы.

Далее для осуществления человеко-машинных прогнозов взаимно увязанная геолого-структурная и геофизическая информация подготавливается к вводу в ЭВМ по предусмотренной в системе прогнозирования технологии. В зависимости от особенностей геологического строения территории блоки геолого-структурных и геофизических данных могут включать по 30—40 факторов. Блок геохимических данных в зависимости от минерального района и его изученности может содержать от 20 до 50 факторов. Общее их число обычно колеблется от 60 до 100, из них от трети до половины оказываются информативными, что подтверждает необходимость применения ЭВМ при их совместном анализе и осуществлении минерогенических прогнозов на действительно современном уровне.

Предлагаемая методика комплексного анализа дистанционных и геолого-геофизических данных при создании космогеологических основ прогнозирования может видоизменяться в зависимости от наличия, детальности и качества исходных материалов. В первую очередь это касается приемов интерпретации и последовательности операций при анализе геофизических материалов. В то же время апробация этой методики авторами показала, что создаваемые на ее основе космогеологические карты дают новую геологическую информацию и могут быть с большим эффектом использованы при решении ряда научных и регионально-геологических задач.

ЛИТЕРАТУРА

- Белобородов М. А., Коген В. С. Использование космофотогеологических карт при прогнозе рудных районов.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 2, с. 34—43.
- Булах Е. Г. Автоматизированная система интерпретации гравитационных аномалий.— Киев: Наукова думка, 1973.— 178 с.
- Булина Л. В., Рябкова М. С. Горизонтальная неоднородность консолидированной земной коры.— В кн.: Строение континентальной земной коры на территории СССР (по геофизическим данным). Л.: изд. ВСЕГЕИ, 1974, с. 31—58.
- Комаров В. Б. Современные аспекты развития дистанционных методов геологических исследований.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 2, с. 28—33.
- Логачев А. А., Захаров В. П. Магниторазведка.— Л.: Недра, 1973.— 351 с.
- Резанов И. А. Сверхглубокое бурение.— М.: Наука, 1981.— 160 с.
- Физические свойства горных пород и полезных ископаемых.— М.: Недра, 1976.— 527 с.
- Чумаченко Б. А., Марченко В. В., Власов Е. П. и др. Диалоговая система регионального прогнозирования минерально-сырьевых ресурсов по данным наземных и космических съемок.— Исследование Земли из космоса, 1981, № 4, с. 76—82.
- Hastings D. A. Synthesis of Geophysical Data with Spaceborn Imagery. XXIV COSPAR, Abstracts. Ottawa, Canada, 16 May — 2 June 1982.

АНАЛИЗ КОСМОГЕОСТРУКТУРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОГНОЗЕ И ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Общезвестен существенно структурный характер геологической информации, получаемой при дешифрировании космических снимков. Структурные элементы обладают необходимой воспроизводимостью, в то время как попытки разгадать по неустойчивым характеристикам фотоизображения вещественный состав горных пород (структурно-вещественных комплексов), особенно в достаточном изученных регионах, представляются неоправданными. В этом отношении космофотогеологические методы не могут конкурировать с традиционными методами геологических исследований. Однако известно неудовлетворительное состояние структурной нагрузки геологических карт съемочных масштабов, где разломы, явно не смещающие геологические тела, как правило, отсутствуют. Еще больший субъективизм в изображении разрывных структур наблюдается на обзорных геологических и тектонических картах, ограниченность которых в отношении отражения деформационных структур подробно рассмотрена Е. И. Паталахой и А. В. Смирновым [1981]. А ведь именно по таким графическим моделям сформированы представления о структурных особенностях регионов. Использование космогеоструктурных данных позволяет в значительной степени ограничить действие субъективных факторов при составлении геологических и тектонических карт, соблюдая в то же время методологический принцип изучения структуры объекта независимо от генетических предпосылок — наиболее обоснованный принцип научных исследований в области естественных наук [Четвериков, 1974].

Таким образом, космогеоструктурные карты и схемы следует рассматривать в качестве самостоятельных графических моделей, которые могут быть использованы непосредственно для решения геологических задач в области структурно-тектонического районирования, анализа пространственного развития процессов магматизма, метаморфизма и осадкообразования, регионального металлогенического анализа и др.

Геометрическая дифференциация контурной информации космогеоструктурных карт

При всем разнообразии масштабов и видов исходных космофотоматериалов, ландшафтных и геологических особенностей исследованных районов итоговые космогеоструктурные карты и схемы, составленные различными авторами в разное время, обнаруживают сходство геометрического узора — сочетание прямолинейных, кольцевых, дуговых и криволинейных элементов. Формируется и существенно геометрическая терминология элементов контурной нагрузки космогеоструктурных карт, включающая линеаменты, кольцевые и дуговые структуры, а также криволинейные структурные элементы. К сожалению, даже в чисто геометрическом отношении такая дифференциация не является строгой, но ее использование оправдано уже сложившимися традициями и тем обстоятельством, что названные геометрические формы индивидуальны и при переходе от геометрических моделей к тектонофизическим.

Линеаменты формируются в результате действия объемных сил, размеры источников которых значительно превышают длину каждого отдельно взятого линеамента (сила тяжести, центробежная сила, сила Кориолиса). Кольцевые структуры — результат действия локальных сил, приложенных к геологическим телам в вертикальном направлении (снизу вверх или сверху вниз) и пропорциональных их площади, что убедительно подтверждено И. В. Лучицким и П. М. Бондаренко [1976] путем полярно-зонально-оптического моделирования. Дуговые структуры соответствуют

отдешифрированным отрезкам окружности, составляющим меньше половины ее длины, когда обоснованно исключается их соответствие фрагментам не полностью оконтуренных кольцевых структур. Они формируются также в результате воздействия локальных сил, приложенных к площади геологических тел, но направленных горизонтально (тангенциальные силы). В тыловых частях смещающихся в горизонтальном направлении тел (блоков, массивов) в условиях растяжения образуются криволинейные структурные формы.

Как и другие известные редукции сложных геологических моделей к простым механическим, предложенный способ дифференциации контурной информации не учитывает всей сложной динамики тектонических процессов, но такое упрощение оправдано открывающимися возможностями формализации процесса тектонической интерпретации космогеоструктурных данных уже на самых начальных стадиях, когда необходимо из сложного узора нагрузки космогеоструктурных карт выделить для последующего анализа их основные составляющие.

Поля плотностей линеаментов

4704
Из всех дешифрируемых на космофотоматериалах структурных форм наиболее уверенно опознаваемыми и воспроизводимыми являются линеаменты — линейные аномалии фотоизображения, соответствующие линейно организованным комплексам рельефа и ландшафта земной поверхности, которые прямо или косвенно отражают особенности геологической структуры. Совокупность линеаментов отражает результат проявления многочисленных актов тектонических деформаций; закономерная ориентировка большинства из них, объединяемых в направления и системы и сохраняющих свои основные свойства на гетерогенных в геологическом отношении площадях, свидетельствует о глобальном характере сформировавшихся их деформаций.

Широко используемые в структурной геологии методы восстановления тектонических полей напряжений, основанные на статистической обработке ориентировки трещин и выделении их сопряженных систем, не применимы для анализа полей линеаментов в связи с тем, что направления и углы падения последних остаются неизвестными. К тому же в основе тектонофизических методов лежит предположение о квазиоднородности деформируемого массива пород (считается, что все трещины, ослабленные зоны, разломы, созданные предшествующими этапами деформаций, залечены). Геологические данные отрицают возможность соблюдения этого условия и свидетельствуют о значительно более сложной картине наложения разновременных деформаций с различной ориентировкой напряжений [Грицюк, Лельчук, 1980].

Каждый отдельно взятый линеамент характеризуется направлением и длиной, причем длины линеаментов одного ранга обычно варьируют в ограниченных пределах и по этой причине малоинформативны при оценке характера созданных их тектонических деформаций. Специальными исследованиями [Кнорринг, 1969; и др.] установлена зависимость густоты трещиноватости от мощности деформируемого слоя и прочности горных пород. Поэтому предполагается, что основная геологическая информация заключена в неоднородностях полей плотностей линеаментов различных направлений, отражающих гетерогенность строения литосферы, так как тектонические блоки с различным геологическим строением обнаруживают разную реакцию на воздействие деформирующих тектонических усилий.

На основании приведенных данных карты линеаментов, вычлененных из общего узора контурной нагрузки космогеоструктурных карт, подвергаются пространственно-статистической обработке для дифференциации их по направлениям и системам. Обработка осуществляется при помощи специальных палеток, что обеспечивает последовательное вычленение наиболее интенсивно проявленных направлений до исчерпания всех



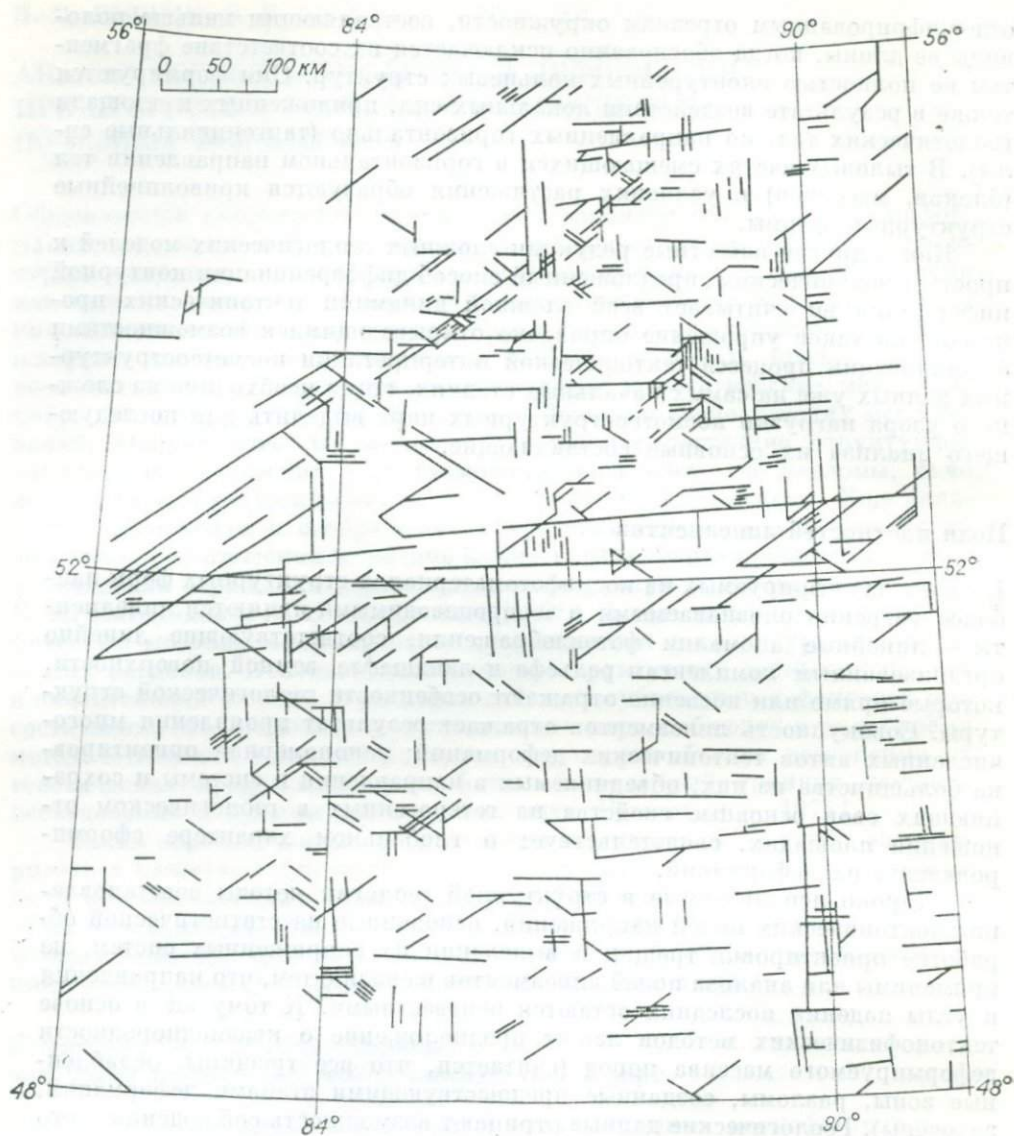


Рис. 1. Схема линейментов орто- и диагональной систем западной части Алтае-Саянской складчатой области, отдешифрованных на космических снимках высокого качества.

отдешифрованных линейментов и трансформации их в поля плотностей. Обычно таких направлений 16—20.

Во всех исследованных случаях наиболее интенсивно проявлены линейменты широтного и меридионального направлений ортогональной системы и двух направлений диагональной системы, ориентированных под углами 55° к современному положению оси вращения Земли. Предполагается формирование указанных систем вследствие планетарных ротационных напряжений, действующих в настоящее время. Преобладание названных направлений и систем характерно для глобальной трещиноватости Земли в целом и планет земной группы, причем ортогональная система формируется растягивающими, а диагональная — скалывающими напряжениями [Каттерфельд, Чарушин, 1970]. Характерно, что линейменты всех указанных направлений, как правило, не пересекаются. Преобладают Т- и У-образные сочленения (рис. 1). Подтверждается также эффект блокирования древними разломами более поздних, на котором в механике основано

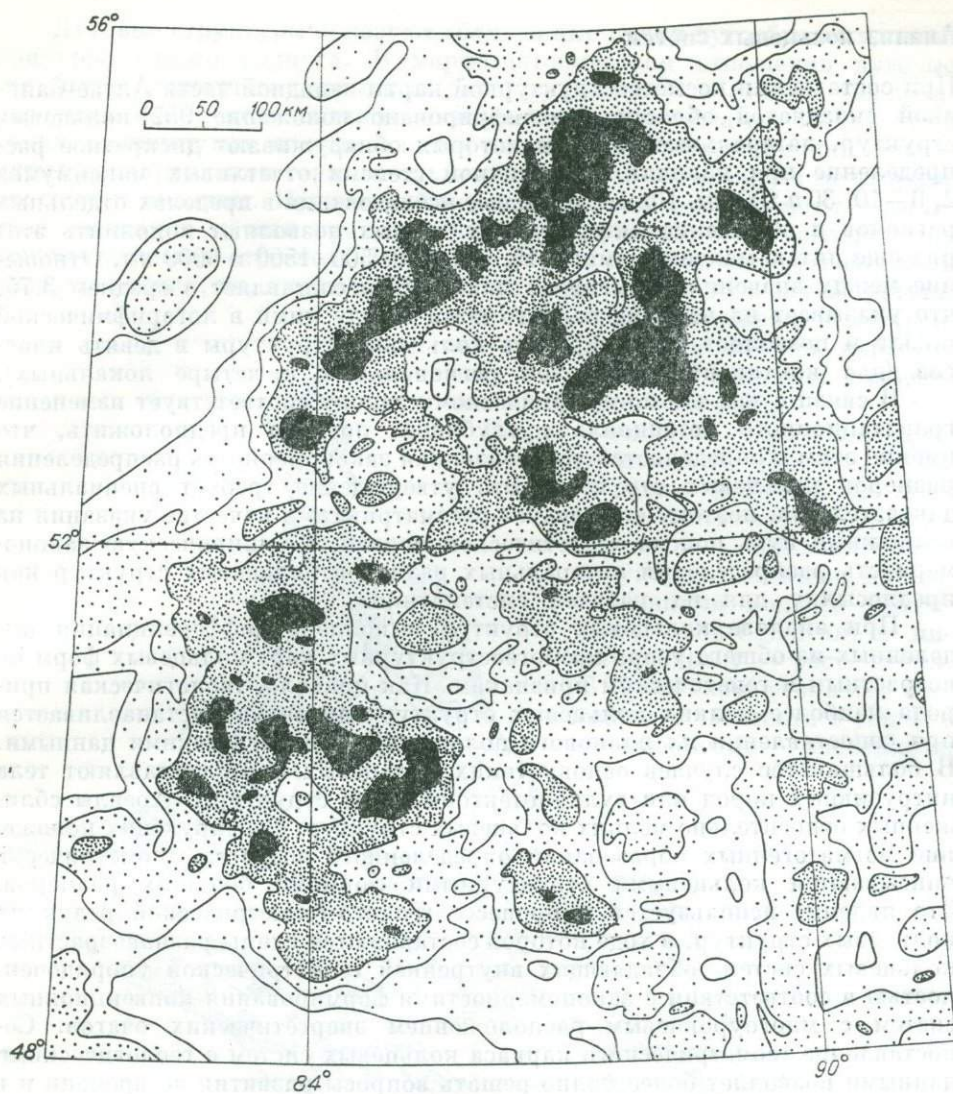


Рис. 2. Карта плотностей линеаментов (см. рис. 1).

использование специальных материалов — композитов — в качестве средства, препятствующего образованию трещиноватости. Известны и экспериментальные подтверждения блокирования роста трещин ранее существовавшими трещинами иных направлений и границами пород различного состава [Звягинцев, 1978]. Видимо, традиционные правила определения относительного возраста разломов по характеру их пересечения будут существенно уточнены. С учетом этой закономерности в отдельных случаях удастся установить положение более древних сопряженных систем, соответствующих отличным от современных положением оси вращения Земли. Для всех выявленных систем выполняется графическое суммирование карт плотностей линеаментов соответствующих направлений (рис. 2).

В итоге составляется серия карт плотностей линеаментов всех закономерных направлений и систем, используемых для районирования площадей путем оконтуривания региональных блоков, на границах которых происходит согласованное изменение структуры полей плотностей большинства направлений и систем и в пределах которых характеристики плотностей полей линеаментов подвержены минимальной изменчивости.

Анализ кольцевых систем

При составлении космогеоструктурной карты западной части Алтае-Саянской складчатой области отдешифровано положение 952 кольцевых структур, латеральные размеры которых обнаруживают дискретное распределение при наличии в различной степени отчетливых максимумов 2, 6—10, 30 и 100 км. Более детальные исследования в пределах отдельных регионов и обобщение литературных данных позволяют пополнить этот ряд еще пятью максимумами: 0,15, 0,5, 300, 500, 1500 и 6000 км. Отношение между значениями смежных максимумов составляет в среднем 3,75, что указывает на наличие равного шага между ними в логарифмической шкале и позволяет сгруппировать кольцевые структуры в девять классов (два континентальных, три региональных и четыре локальных).

В связи с тем что логарифмическому закону соответствует изменение гравитационного потенциала с глубиной, логично предположить, что именно этим и определяется установленная закономерность распределения размеров кольцевых структур. Это утверждение требует специальных доказательств, поэтому его следует рассматривать в качестве указания на возможный путь поиска теоретической модели, а эмпирическую закономерность распределения латеральных размеров кольцевых структур как предпосылку для их рабочей систематики.

При анализе кольцевых структур выполнена дифференциация выделенных из общего узора космогеоструктурных карт кольцевых форм по возрастным и генетическим признакам. Как правило, геологическая природа наиболее мелких кольцевых структур однозначно устанавливается при сопоставлении их планового положения с геологическими данными. В большинстве случаев основу таких кольцевых форм составляют тела интрузивных пород или вулканотектонические структуры. Ареалы сближенных относительно мелких кольцевых структур, фиксирующих положение магматогенных образований определенного возраста, геометрически описываются кольцевыми структурными формами больших размеров. Это явление используется в процессе геолого-геометрической редукции кольцевых структур, в ходе которой составляются схемы разновозрастных кольцевых систем, обладающих внутренней геометрической упорядоченностью в соответствии с закономерностями формирования конвекционных систем с многоуровневым расположением энергетических очагов. Сопоставление геометрического каркаса кольцевых систем с геологическими данными позволяет более полно решать вопросы развития во времени и в пространстве процессов магматизма, метаморфизма и связанного с ними рудообразования. На рис. 3 приведена схема магматогенных кольцевых систем, контролирующая размещение интрузивных массивов и рудных объектов в северной части Кузнецкого Алатау. Анализ планового положения дешифрируемых на космофотоматериалах дуговых и криволинейных структурных форм свидетельствует о том, что площади их интенсивного распространения всегда разобщены, что подтверждает предположение о

формировании первых в условиях сжатия, а вторых — в условиях растяжения. Это позволяет считать такие структурные формы индикаторами палеогеодинамических полей напряжений в условиях горизонтального сдвига тектонических блоков.

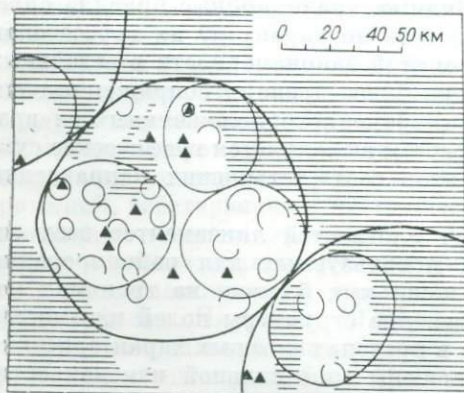


Рис. 3. Схема кольцевых магматогенных систем позднекембрийского возраста в северной части Кузнецкого Алатау. Показаны сигнальные знаки рудных объектов соответствующего возраста, заштрихованы площади, перекрытые более молодыми отложениями.

Дуговые структуры образуют сближенные пучки дугообразных линий примерно одного радиуса. В морфотектоническом отношении дуговые структуры (складчато-разрывные дуги) соответствуют сложно эшелонированным комплексам антиклинальных хребтов и зажатых между ними узких опрокинутых синклинальных складок, взброшенных или надвинутых в направлении горизонтального сдвига на смежные межгорные прогибы и впадины. Криволинейные структурные формы имеют извилистые очертания и, как правило, состоят из разомкнутых беспорядочно ориентированных отрезков. Некоторые из них также имеют дугообразный план заложения, но, в отличие от дуговых структур, в этом случае уступы в рельефе всегда обращены к внутренней части дуги, где обычно картируются относительно молодые, слабометаморфизованные породы.

На рис. 4 показана схема распределения «геодинамического индекса» — отношения значений плотностей дуговых структур к плотностям криволинейных структур. Максимальными значениями индекса фиксируются зоны сжатия, а минимальными — растяжения. В Кузнецком угольном бассейне, в частности в зонах с повышенными значениями



Рис. 4. Карта отношений полей дуговых и криволинейных структур в пределах Кузнецкого угольного бассейна.

1 — изолинии «геодинамического показателя», 2 — зоны сжатия, 3 — зоны растяжения, 4 — границы Кузнецкого угольного бассейна.

геодинамического индекса, сосредоточены основные запасы коксующихся углей. Предполагается, что реконструкция планового положения зон сжатия и растяжения позволит обосновать новые структурные критерии размещения месторождений полезных ископаемых.

Прогноз рудолокализирующих позиций

В результате геометрической дифференциации контурная информация космогеоструктурных карт трансформируется в серию карт плотностей, которые могут эффективно использоваться для прогноза рудолокализирующих позиций, аналогичных заданным эталонным объектам с количественным обоснованием степени такого сходства. Задача прогнозирования формулируется как проверка гипотезы о закономерной приуроченности эталонных объектов к узким интервалам полей плотностей космогеоструктурных признаков. Признаки, обнаружившие низкий уровень дисперсии распределения эталонных объектов в грациях полей плотностей, считаются информативными, а соответствующие изозоны полей плотностей — перспективными.

Дифференцированная оценка исследованной площади по степени подобия эталонным объектам осуществляется после ее разбивки по сети 1×1 см в масштабе соответствующих карт. При последовательном совмещении этой сети с картами плотностей информативных признаков каждому из узлов сети, совпавших с изозонами перспективных граций, присваивается один балл. После суммирования балльных оценок образуется цифровое поле, в пределах которого максимальные значения соответствуют количеству информативных признаков и указывают на полное соответствие космогеоструктурных характеристик эталонным рудным объектам. Изолинии степени подобия выбираются исходя из пропорциональных отношений балльных оценок в соответствии с количеством информативных признаков.

Охарактеризованным способом построена серия прогнозных карт с оценкой сходства аэрокосмогеоструктурных признаков с железорудными месторождениями Кондомского района (вся исследованная площадь), с рудным полем Калгутинского редкометалльного месторождения (территория юго-востока Горного Алтая), с россыпными и рудными объектами (северная часть Кузнецкого Алатау). Оконтуренные прогнозные площади во многих случаях оказались полностью согласованными с такими, выдвигавшимися ранее традиционными методами геологического прогноза, хотя перспективные площади существенно локализованы. В ряде случаев результаты прогноза были не столь тривиальными, когда перспективные участки оказывались вне площадей, считавшихся перспективными по геологическим данным. Полевыми наблюдениями установлено, что сведения о геологическом строении этих участков неточны, а в действительности геологические данные подтверждают прогнозные заключения, полученные в результате прогноза рудолокализирующих позиций по космофотогеологическим данным.

ЛИТЕРАТУРА

- Грицюк Я. М., Лельчук В. И. Пространственно-статистические модели полей линейных элементов, дешифрируемых на космических снимках. — Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 54—60.
- Звягинцев Л. И. Деформации горных пород и эндогенное рудообразование. — М.: Наука, 1978. — 174 с.
- Катгерфельд Г. Н., Чарушин Г. В. Глобальная трещиноватость Земли и других планет. — Геотектоника, 1970, № 6, с. 3—12.
- Кнорринг Л. Д. Математические методы при изучении механизма образования тектонической трещиноватости. — Л.: Недра, 1969. — 187 с.
- Лучицкий И. В., Бондаренко П. М. Моделирование кольцевых структур. — Тр. ИГиГ СО АН СССР, 1976, вып. 293, с. 129—138.
- Паталаха Е. И., Смирнов А. В. Общая схема деформационных структур Евразии. — Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1981, № 2, с. 1—6.
- Четвериков А. И. О некоторых методических вопросах изучения геологических объектов. — Тр. СНИИГГиМС, 1974, вып. 144, с. 157—166.

КОСМОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ВЫРАЖЕННОСТЬ ГЛУБИННЫХ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

На ряде месторождений нефти и газа широко развиты процессы метасоматических изменений пород в пределах залежи и существуют высокоомные столбы неоднородности над и под залежью.

Например, для Ромашкинского месторождения установлены [Белоликов и др., 1981; и др.] интенсивная калиево-натриевая переработка пород фундамента вблизи залежи, парагенетическая ассоциация нефти с такими аутигенными минералами, как анатаз, каолинит, кварц поздних генераций, сфалерит, анкерит, барит, ангидрит, а также физико-химическая последовательность их кристаллизации. Следует отметить также приуроченность месторождения к Алтунино-Шунакской зоне разломов, наличие систем оперяющих разломов, неглубокое (до 2000 м) залегание продуктивного горизонта, присутствие сильноминерализованных пластовых вод, многопластовость и контроль зонального распределения нефтей напряженностью теплового поля. Для Оренбургского газоконденсатного месторождения характерно наличие наложенных процессов метасоматической сульфатизации, доломитизации, битумо- и трещинообразования, метасоматической минерализации (ангидрит, давсонит, сидерит, каолинит, гидроокислы и др.), кольцевой зональности распределения минеральных замещений, включений и линз минералообразующих рассолов — рапы [Попсуй-Шапко, 1980].

В результате анализа геофлюидодинамических процессов и геологических признаков ряда нефтегазовых залежей выявлено, что метасоматические процессы способствуют также ускорению биогенной генерации углеводородов (УВ). Геологическая сущность данного явления состоит в том, что на органическое вещество (ОВ), не успевшее еще погрузиться, воздействуют глубинные промотирующие флюиды, поднимающиеся по вертикальным проницаемым зонам разломов и создающие необходимые термодинамические, термоакустические, электромагнитные и каталитические условия генерации УВ из осадочных пород всего разреза. Залежи УВ метасоматического типа сосредоточиваются вблизи линейных и дуговых разломов, характеризуются зональностью и многопластовостью распределения УВ, контролируются термодинамической напряженностью поля [Попсуй-Шапко, 1980].

Воздействие знакопеременных термоакустических, электромагнитных и ультразвуковых полей в периоды сейсмической активности повышает скорость метанизации ОВ за счет дополнительной активизации его твердых поверхностей, относительного увеличения удельных поверхностей ОВ, катализатора и гидрогенизирующих ионов. Кроме того, электрические и акустические поля в десятки раз увеличивают проницаемость горных пород для промотирующих и гидрогенизирующих ионов за счет разрушения пленки двойного электрического поля и увеличение эффективности сечения капилляров. Таким образом обеспечивается преодоление термодинамического барьера метанизации ОВ и превращение цепочечных УВ ОВ в более химически высокопотенциальные — высшие циклические ароматические гибридные УВ, что приводит к метасоматозу ОВ пород с образованием нефтегазовых УВ. Привнос водорода и промоторов, увеличивающих коэффициент миграции, позволяет восполнить нехватку ОВ. Под метасоматическим нефтегазообразованием понимается замещение рассеянных в породе цепочечных УВ циклическими, ароматическими нафтеновыми УВ нефтяного ряда с изменением химического состава и объема исходного вещества, происходящим при воздействии глубинных термальных флюидов на твердое ОВ осадочного чехла.

В целом комплекс признаков, включающий приуроченность залежей к линейным и кольцевым разломам, соответствие этапам тектономагмати-

ческой активизации и рудного метасоматоза, парагенезис с аутигенными метасоматическими минералами, участие в процессах постседиментационных изменений вмещающих пород семи наиболее подвижных компонентов ряда рудообразования, характерные температуры преобразования ОВ и УВ, приуроченность нефтегазоносности к зонам метасоматического изменения пород фундамента и некоторые другие признаки, позволяет отнести нефтегазогенерацию ряда месторождений к процессам низкотемпературного фильтрационного метасоматоза.

В геотектоническом плане метасоматические залежи УВ приурочены к наиболее подвижным зонам: окраинным и внутренним областям геосинклиналей, краевым и предгорным прогибам, рифтовым зонам, участкам с океаническим типом коры. К ним относятся рифтовые зоны Западно-Сибирской платформы, Прикаспийская впадина, отдельные районы Волго-Уральской провинции. Время образования нефти и газа соответствует этапу активизации соседней геосинклинали. Этапы постседиментационных процессов увязываются с циклами растяжений и сжатий.

Одновременное течение указанных составляющих метасоматического процесса и его локализация в зоне влияния тектонических нарушений, в первую очередь наиболее глубинных, кольцевых, обусловлены приуроченностью к ним полей фильтрации глубинных флюидов и зон парагенезиса субвертикальных зонально-кольцеобразных геофизических, геохимических, биогеохимических и геодинамических полей [Белолоиков и др., 1981]. В связи с этим метасоматоз в латеральном направлении распространяется скачкообразно, пространственно локализован и контролируется кольцевыми структурами (КС) диаметром 300—1500 км. Продуктивные КС, контролирующие до 90% запасов УВ, выделены впервые в пределах Волго-Уральской антеклизы и Прикаспийской впадины (Хобдинская, Бузулукская, Иргизская, Южно-Уральская, Аралсорская, Верхне-Прикаспийская, Джамбейтйская), затем прослежены в других нефтегазоносных бассейнах.

Системы концентров КС рассматриваются в качестве структурной рамы, определяющей пространственную локализацию глубинных потоков флюидов и гидротермально-метасоматических и геофизических полей в осадочном чехле (рис. 1).

Литофизические особенности залежей метасоматического типа (сопутствующие нефтегазогенерации вторичные изменения вмещающих коллекторов и покрышек, образование «столбов» и «корней» в районе залежи, а также выраженность этих процессов в современных ландшафтах) и их определенная взаимосвязь с зонами разломов служат основой применения аэрокосмических методов для прямых поисков нефтегазовых ловушек и залежей.

Метасоматические процессы сопряжены с зонами активизации тектогенеза, формирующего подсолевые структуры. За счет выполнения трещин вторичными минералами образовавшаяся структура спаявается в единый монолитный блок. Эта спаявшаяся структура, с одной стороны, служит литологическим экраном для скопившихся УВ, а с другой — перемещается под воздействием неоген-четвертичных движений единым монолитным массивом. Недифференцированные монолитные своды структур характеризуются относительно низкими фильтрационными показателями и газо-битумологическими полями непосредственно над залежью. В краевых частях структур массив сопровождается локальными зонами аномально высоких напряжений (в том числе кольцевыми). Окаймляющие продуктивные структуры зоны представлены интенсивно деформированными породами и субвертикальными системами трещиноватости, им свойственны аномально высокие фильтрационные свойства, что обуславливает появление зон аномально высоких значений УВ или эманаций, а также кольцевых фотоаномалий на периферии структур.

Зоны тектонических нарушений, пересекающие структуру, часто не могут деформировать или дифференцировать спаянный монолитный блок, служащий локальным экраном для выходящих деформаций. Тогда обра-

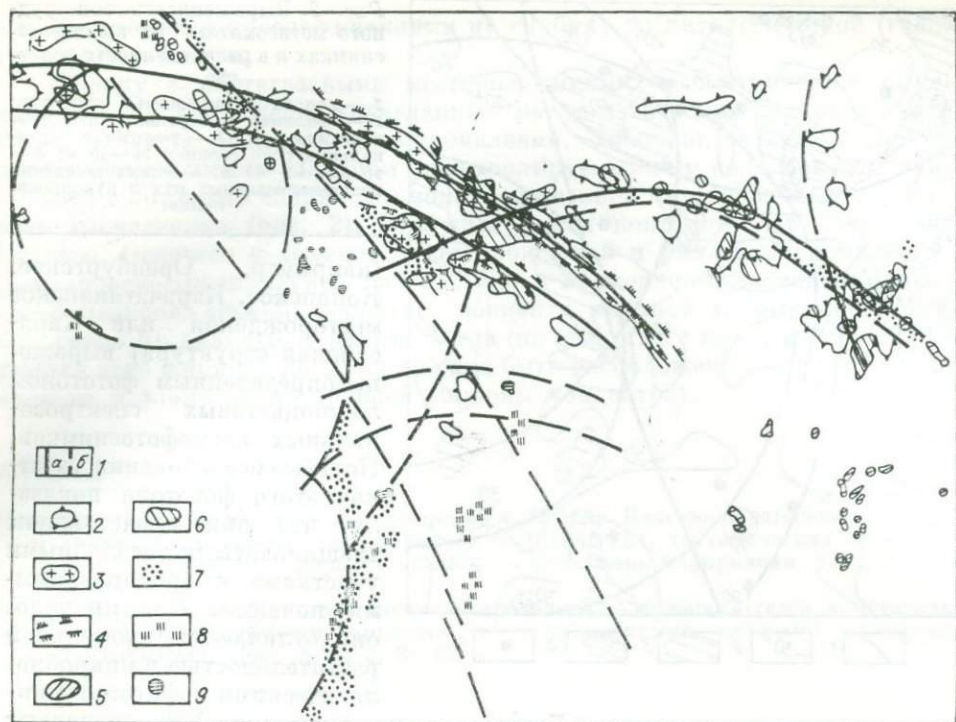


Рис. 1. Космогеохимическая выраженность метасоматоза в прибортовой зоне Прикаспийской впадины.

1 — линейменты и концентры кольцевых структур (а — структуроформирующие, б — неструктуроформирующие); 2 — локальные структуры по кровле артинских отложений; 3 — соляные гряды; 4 — гравитационные ступени; 5 — участки характерного фототона КФС, соответствующего геохимическим аномалиям; 6 — участки повышенного содержания метана; 7 — песчаные массивы; 8 — солончаки; 9 — озера.

зуются поля линейментов или концентров КС. Примером могут служить поля линейментов, секущих Оренбургский вал, Соль-Илецкую и Изобильненскую зоны, Харойскую и Куанышскую структуры, а также ряд структур на северо-западе Тунгусской синеклизы. Лишь на территории «тени» от глубинной структуры возникают вторичные центры геодинамических напряжений, приводящие к формированию более мелких «паразитирующих» КС, проявленных в физических, геодинамических полях и распределении типов пород осадочного чехла.

Описанные глубинные процессы и литофизические свойства метасоматически переработанных пород отражены в современном рельефе и определяют интенсивность эрозионного расчленения. Сводам структур соответствуют участки минимального расчленения. Коэффициент интенсивности эрозионного расчленения (равный произведению вертикального превышения и суммы длин водотоков на единицу площади) составляет на сводах от 0 до 20 усл. ед. Структуры окаймляются либо примыкают к зонам повышенного эрозионного расчленения (30—600 усл. ед.), приуроченным, как показало сопоставление с геолого-геофизическими данными и результатами дешифрирования космофотоснимков, к зонам разломов и концентров КС. Такая закономерность выявлена на Оренбургском, Астраханском, Давлетабад-Донмезском и других поднятиях. Карачаганакское месторождение расположено в зоне пересечения трех зон высокого эрозионного расчленения, совпадающих с центрами КС.

На ложноцветовых спектральнозональных космоснимках участки подсолевых артинско-каменноугольных структур (Оренбургский вал, Карачаганакское месторождение) проявлены характерным фототонном с рисунком квадратов сельскохозяйственных угодий, соответствующих развитию различных черноземов на участках слабоэродированных почв.

Аномалийные окаймляющие зоны УВ контрастностью 3—100 усл. ед.

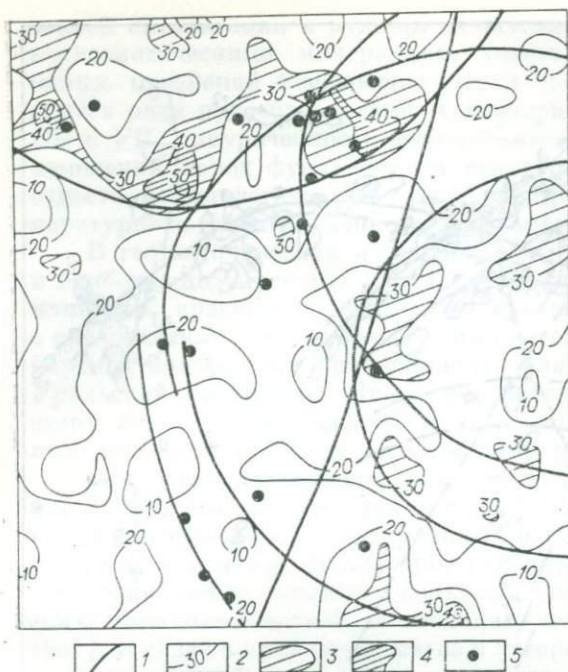


Рис. 2. Выраженность зон рудного метасоматоза на космофотоснимках и в расчлененности рельефа.

1 — концентры кольцевых структур; 2 — изолинии вертикального расчленения (м); 3 — участки с вертикальным расчленением 30—40 м; 4 — то же, 40—60 м; 5 — месторождения медно-колчеданных руд и рудопроявления.

(например, Оренбургское, Копанское, Карачаганакское месторождения или Карасайская структура) выражены определенным фототонном ложноцветовых спектрзональных космофотоснимков. Полевые исследования участков этого фототона показали, что они представлены трещиноватыми засоленными участками с эродированными почвами. Как правило, они отличаются аномальной растительностью и микробиологическими и фитогеохимическими характеристиками.

Геохимические аномалии УВ совпадают обычно с фитогеохимическими аномалиями содержания микрокомпонентов Fe, Cu, Ba и др. и коррелируются с зонами определенного фототона ложноцветовых спектрзональных космофотоснимков (см. рис. 1).

На основе многоспектральной космической съемки по присутствию каолина, железа, кобальта, никеля, кадмия удается выявить участки гидротермально-метасоматических изменений пород и тем самым наметить нефтегазопродуктивные зоны на глубине. За счет метасоматических процессов над залежами наблюдаются: повышение соотношения каолина к монтмориллониту ($> 1,2$), наличие титаномагнетита, карбонатизация. Например, минеральный состав и тип пород определяются с помощью многоспектральной космической съемки в диапазоне от 0,5 до 2,5 мкм, преимущественно 1,65—2,22 мкм. Возможно выявление гидротермально измененных пород мультиспектральным сканированием: алуниита и каолина, минералов и растительности с общим содержанием воды — по комбинации 1,65—2,22 мкм, минералов лимонитовой группы — по комбинации 1,65—0,49 мкм; воды и микрокомпонентов кадмия, кальция, свинца, цинка — по отражательной способности и свечению хлорофилла и тепловому излучению растений. Анализ мультиспектрального сканирования «Ландсат» позволил по количеству хлорофилла определить содержание никеля, меди, кобальта, хрома, магния и железа в почвах.

Инфракрасная тепловая дистанционная съемка, помимо спектрометрической, позволяет картировать очаги разгрузки глубинных термальных флюидов и разделять разломы на экранирующие и флюидопроводящие.

Таким образом, для выявления глубинных залежей УВ могут быть использованы следующие космогеохимические признаки:

недифференцированные, с относительно выровненным рельефом поверхности, окаймленные участками интенсивного эрозионного расчленения или примыкающие к ним, зоны характерного поля линеаментов, участки ложноцветовых спектрзональных космофотоснимков с характерным фототонном и квадратами сельскохозяйственных угодий, окаймленные однородными, кольцевыми полями другого фототона или аномалийными зонами цветного фототона, участки низких значений УВ, окаймленные аномалийными (контрастность 3—100 усл. ед.), в том числе кольцевыми, зонами, выраженными на спектрзональных ложноцветовых космоснимках цвет-

ным фототонном и прослеживаниями на глубину до литологической (галогенной) покрывки.

Наряду с нефтегазовыми месторождениями рассматривается выраженность на КФС медно-колчеданных метасоматических месторождений Южного Урала. Основные рудопроявления, очевидно, связаны с Домбаровско-Джарлинским разломом и контролируемые им кольцевыми структурами, с которыми сопряжены зоны повышенной интенсивности эрозионного расчленения (рис. 2). Эти линейные элементы контролируют положение Летнего, Осеннего и Весеннего месторождений и ряда рудопроявлений. Домбаровско-Джарлинский разлом, как и проходящий западнее Малытско-Западноакжарский, вероятно, концентр крупной Кувандыкско-Медногорской КС диаметром 300 км. Тогда (по аналогии с платформенной КС) рудная зона шириной до 10 км должна быть расположена к западу от указанного разлома (с внутренней стороны концентр).

ЛИТЕРАТУРА

- Белоликов Н. И., Кузнецов О. Л., Сидоренко А. Н. и др. Явление парагенезиса субвертикальных зонально-кольцеобразных геофизических, геохимических и биогеохимических полей (открытие № 234).— Бюллетень информации, 1981, № 11, с. 3.
- Попсуй-Шанко Г. П. Критерии поисков сероводородсодержащих газов в пределах Оренбургской области прямыми и дистанционными методами.— Сборник ВУНИПИГаз, 1980, № 1, с. 3—12.

А. И. ЛАУБЕНБАХ, Н. И. РАФИЕНКО, И. И. СЛАВЯГИНА,
А. А. ТРОФИМОВ

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА

В последние годы аэрокосмические методы стали составной частью геологических исследований. Анализ отечественной и зарубежной информации показывает, что в настоящее время из дистанционных методов доминирует космическая съемка, решающая в основном задачи регионального характера: выявление закономерностей геологического строения крупных регионов, выделение и картирование основных литолого-стратиграфических комплексов, интрузивных массивов и вулканических структур, изучение региональной и глобальной тектоники, структурных особенностей перспективных районов и т. д.

В то же время результаты использования информативности дистанционных методов применительно к решению непосредственно поисковых задач пока изучены лишь в общих чертах [Баратов и др., 1979; Кильдюшевский, 1979; Кочнева, Томсон, 1976; Милден, Натапов, 1981; Можаяев, 1980; Скублова, 1979; Сонин, Трофимов, 1975; Хорева, 1971; Щеглов, 1977], хотя очевидно, что при дальнейшем последовательном укрупнении масштабов снимков возможно изучение более мелких деталей геологического строения, которые могут быть использованы при крупномасштабных поисках вплоть до разведочных работ.

На стадии поисков из дистанционных методов наиболее эффективен аэрогамма-спектрометрический метод (АГСМ), позволяющий по парагенезису рудных и радиоактивных элементов непосредственно проводить поиски месторождений полезных ископаемых. Однако для повышения эффективности работ необходимо применение и других методов обзорного характера, способных дать геологическую информацию по региону в целом и по отдельным его участкам. К ним в первую очередь относится космическая съемка.

Дешифрирование космических снимков разного уровня генерализации, помимо решения отмеченных выше задач, позволяет выделять разломы, блоковое строение площадей, кольцевые структуры, ослабленные зоны, гидротермально измененные породы и другие структурные элементы, определяющие и контролирующее оруденение и фиксируемые АГСМ-съемкой. Особенно ценной является информация о тектонической структуре региона — основном факторе, определяющем размещение оруденения, в том числе и в «скрытых» разломах, лишь косвенно выраженных на земной поверхности. Все это позволяет в отдельных случаях установить или пересмотреть структурные связи магматических комплексов и ассоциирующего с ними оруденения и тем самым наметить перспективные структурно-металлогенические зоны и локальные участки.

Материалы аэрофотокосмических съемок разных уровней генерализации на площадях с проявлением вольфрамового, полиметаллического и других оруденений (восточная часть Западного Узбекистана) позволили выделить многочисленные линеаменты, разломы, кольцевые структуры и блоки, влияющие на размещение оруденения.

По данным дешифрирования главнейшими тектоническими элементами являются крупные региональные кольцевые структуры диаметром 100—240 км, окаймляющие поднятия Центральных Кызылкумов и Нуратинских гор, а также крупные региональные продольные северо-западные и близширотные линеаменты протяженностью в сотни километров, разграничивающие структурно-формационные зоны. Не менее важный элемент — более редкие поперечные северо-восточные разломы, отделяющие купольные поднятия в контурах кольцевых структур.

Наличие крупных линеаментов и кольцевых структур, отраженных на космических снимках, подтверждается данными магниторазведки, гравиметрии и сейсморазведки.

Выделенные в контурах крупных кольцевых структур поднятия рассматриваются нами как геоблоки I порядка (для Западного Узбекистана), в металлогеническом отношении соответствующие регионам, в пределах которых располагаются рудные районы и месторождения. Эти и подобные им структуры подлежат дальнейшему изучению и опосредованному аэрогамма-спектрометрией в масштабах 1 : 50 000—1 : 25 000.

Дешифрирование среднемасштабных космических снимков, интерпретация и анализ структурно-формационных, геофизических, рудно-металлогенических и других факторов позволили авторам для района восточной части Нуратинского поднятия выделить линейные и кольцевые структуры и составить структурно-тектонический каркас, на базе которого проведено тектономагматическое районирование.

Линейные элементы разделены на региональные и локальные, продольные и поперечные разломы и разрывные нарушения. Наиболее важны в структурном и металлогеническом отношении региональные разломы; многие из них сопоставимы с глубинными или скрытыми сквозными разломами фундамента. Структурное сочленение продольных и поперечных региональных разломов в сочетании с региональными кольцевыми структурами определяет тектоническую позицию Нуратинского поднятия.

Региональные продольные разломы обуславливают линейно-поисковую металлогеническую зональность района, а поперечные в местах пересечения с продольными определяют узловое размещение вольфрамового, полиметаллического и других оруденений.

Не менее важный структурный элемент изученного района — кольцевые структуры, устанавливаемые в основном по космическим снимкам. В пределах восточной части Нуратинского поднятия выделена группа кольцевых форм диаметром 10—25 км (с радиусом привязки отдельных дуг до 25 км) и группа локальных диаметром 1—3, иногда 5—8 км.

Региональные кольцевые структуры размещаются преимущественно по границам plutonic выступов и разделяющих их относительно негативных форм, определяя в сочетании с региональными разломами структурно-магматическое положение Нуратинского геоблока.

По своей природе, т. е. по связи с геолого-тектоническими и геоморфологическими элементами, среди кольцевых структур выделяются три группы: кольцевые структуры интрузивных куполов, штоков и прилежащих к ним метаморфизованных ореолов; кольцевые структуры, ограничивающие небольшие депрессии и мульды с терригенно-вулканогенными породами или телескопирующие погребенные вулканические тела, — вулканоплутоны; кольцевые структуры, отчетливо выраженные на местности неотектоническими элементами рельефа, — концентрически расположенными террасами, увалами, дуговыми узкими речными долинами, круговыми плоскими днищами межгорных равнин и т. п.

Особого внимания заслуживает намечаемая связь кольцевых структур с размещением золотого, вольфрамового и полиметаллического оруднения. Региональные, а также локальные кольцевые структуры в сочетании с разломами помогают выделять рудоносные блоки.

Эмпирическим подтверждением этому служат подсчеты случаев совместного размещения кольцевых структур с месторождениями и рудопроявлениями. В кольцевых структурах локализуются: из 189 рудных объектов — 145, т. е. 76,7%, из 21 вольфрамового — 17, или 81%, и из 24 полиметаллических — 18, или 75%. Все основные месторождения размещаются в пределах региональных кольцевых структур, а некоторые одновременно контролируются и локальными кольцевыми структурами.

Результатом космотектонического районирования явились тектонические блоки II порядка, имеющие, по нашему представлению, важное значение для металлогенической характеристики района и оценки перспектив его рудоносности: 1) концентрического (очагового) тектонического типа с широким проявлением гранитоидного магматизма (иногда вулканизма), с развитием кольцевых структур центрального плутонического или вулканического характера и поперечных разломов; 2) линейного и линейно-диагонального тектонического типа с широким развитием гранитоидного магматизма, относительно приподнятые и активизированные; 3) линейного типа с ограниченным развитием гранитоидного магматизма, относительно менее приподнятые; 4) линейного и линейно-параболического тектонического типа, представляющие собой «структуры проседания», наиболее опущенные и слабо активизированные. Особый интерес представляют блоки первого типа. Они подняты относительно прилежащих структур и наиболее активизированы в позднем палеозое. В металлогеническом отношении рассматриваются как рудоцентрирующие (Устукский, Зармитанский, Западно-Актауский, Койташский и Уч-Кулацкий).

Одной из существенных черт блоков данного типа является большая насыщенность их интрузивными гранитоидными телами, как правило, концентрически-зонального строения или плутоновулканами линаритового ряда и парагенетически с ними связанными многочисленными рудопроявлениями.

В пределах наиболее крупного Устукского блока широко проявлены процессы очагового полиметаморфизма. Эта зона рассматривается [Хорева, 1971] как термическая синклираль или купол, т. е. как одна из разновидностей очаговых структур.

Каждому из блоков присуща своя рудная специализация, определяемая составом развитых гранитоидов. Блоки концентрически-очагового типа по отношению к другим типам потенциально наиболее рудоносные.

Таким образом, среднемасштабное космотектоническое районирование — начальный этап в последовательной схеме оптимизации геолого-поискового процесса путем комплексирования и использования дистанционных (космоаэрофотогеологических и АГСМ) методов.

Завершающий этап в намечаемом цикле поискового процесса связан с изучением непосредственно рудных объектов путем проведения детальных дистанционных съемок с наземной заверкой, включающей гамма-спектрометрические и геолого-геохимические работы.

Результаты наземных заверочных исследований, проведенных нами на эталонных участках, подтвердили наметившуюся связь в локализации оруденения, в том числе отдельных рудоносных зон и месторождений, с кольцевыми структурами и узлами пересечения продольных и поперечных разломов.

Итак, нами установлены гамма-спектрометрические и радиогеохимические характеристики и параметры неизмененных пород, метасоматитов и руд и выявлены поисковые признаки: приуроченность АГСМ аномалий к разрывным нарушениям, узлам пересечения разрывов, кольцевым структурам; расположение аномалий на флангах рудных полей или на продолжении рудоносных структур; приуроченность аномалий к породам, наиболее благоприятным для размещения оруденения; наличие ореолов рудных элементов и элементов-спутников или проявлений метасоматоза в пределах аномальных участков или в непосредственной близости от них; приуроченность к рудным полям и зонам рудной минерализации аномальных значений расчетного параметра и радиационных спектров, которые могут рассматриваться как дополнительные оценочные критерии при поисковых работах и перспективной оценке территории.

Проведенные исследования доказали, что значительная эффективность АГСМ метода при поисках месторождений полезных ископаемых достигается на основе его комплексного применения дистанционными методами. При этом повышение эффективности заключается в сокращении исследуемых площадей и соответственно уменьшении объемов дорогостоящих наземных геофизических, горных и буровых работ.

ЛИТЕРАТУРА

- Баратов Р. Б., Безуглый М. М., Пашков Б. Р. и др. К методике регионального прогнозирования эндогенного оруденения по материалам космических съемок.— В кн.: Металлогения орогенного развития Тянь-Шаня. Ташкент: Фан, 1979, с. 38—40.
- Дистанционное зондирование и поиски месторождений минерального сырья (проект 143 МПГК).— Природа и ресурсы, 1982, № 1-2, с. 77—78.
- Кильдюшевский Е. И. Разрывные нарушения и полезные ископаемые (к использованию дистанционных методов поисков).— М., 1979.— 52 с. (Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология, геологическое картирование).
- Кочнева Н. Т., Томсон И. П. О полях использования космических снимков при средне-масштабных металлогенических исследованиях.— В кн.: Исследования при-родной среды космическими средствами. Т. V. М.: Наука, 1976, с. 222—227.
- Милден А. К., Натапов Л. М. Применение космоснимков при поисках эндогенного оруденения.— Разведка и охрана недр, 1981, № 1, с. 17—20.
- Можаяв Б. П. Космогеологические исследования в геологоразведочном процессе.— Сов. геология, 1980, № 4, с. 20—40.
- Скублова Н. В. Использование космофотогеологических данных при прогнозировании эндогенных рудных месторождений.— Сов. геология, 1979, № 12, с. 80—85.
- Сонин И. И., Трофимов Д. М. Направление поисков полезных ископаемых в складчатых областях с помощью космофотосъемки.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1975, № 3, с. 55—70.
- Хорева Б. Я. Термальный метаморфизм антиклиналей и их роль в локализации золоторудных месторождений Мурунтауского типа.— В кн.: Тезисы докладов на Всесоюзной конференции. Ташкент: Фан, 1971, с. 50—51.
- Щеглов А. Д. Рудная геология и космические исследования.— Сов. геология, 1977, № 11, с. 95—103.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В МОРФОСТРУКТУРАХ, УСТАНОВЛЕННЫХ ПО КОСМОСНИМКАМ И ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ ДЛЯ ЗАПАДНОЙ, СРЕДНЕЙ СИБИРИ И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАЗАХСТАНА

В пределах рассматриваемой территории Западной, Средней Сибири и восточной части Казахстана расположены древняя Сибирская платформа, молодая Западно-Сибирская плита и складчатые образования различного возраста. Сделана попытка выделить структурные особенности этой гетерогенной области по формальному (данные дешифрирования космоснимков, без разделения нарушений по геологической природе) и содержательному (границы выделялись по геофизическим данным) признакам. При этом по геологическим данным оценивались относительное взаимное смещение, направление падения и природа границ.

Материал для дешифрирования космоснимков был неоднороден. Для Алтае-Саянской складчатой области использовались сканерные снимки масштаба 1 : 2 500 000 и высотные аэроснимки масштаба 1 : 140 000; для прииртышской части Казахстана — сканерные снимки масштаба 1 : 2 500 000 и космоснимки более крупного масштаба, для остальной территории — сканерные снимки масштаба 1 : 2 500 000.

В основу геофизической интерпретации положено поле силы тяжести масштаба 1 : 5 000 000, пересчитанное в горизонтальные градиенты $|Vzs|$. В качестве вспомогательного материала использованы Карта аномального магнитного поля Δ Та СССР м-ба 1 : 1 000 000 [1968] и Тектоническая карта Северной Евразии м-ба 1 : 5 000 000 [Тектоника..., 1980].

Для складчатых областей сопоставлялись крупные и средние месторождения твердых полезных ископаемых, для Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы — также все месторождения углеводородов. Методом скользящего окна выделены контуры, описывающие площади, в пределах которых три и более месторождений твердых полезных ископаемых приходятся на 10 000 км².

Дешифрирование космоснимков и последующий морфоструктурный анализ велись по двум направлениям: районирование территории по характеру рельефа и выделение линеаментов, большинство из которых после сопоставления с геологическими и геофизическими данными отнесено к разрывным нарушениям. При районировании выделены [Вдовин, 1976] равнинный рельеф Западно-Сибирской плиты, плоскогорно-равнинный Сибирской платформы, горный и холмистый складчатых областей. Последние разделены на гомогенный и гетерогенный [Сенкевич, Рубинов, 1980], а наиболее сложный — гетерогенный — выделен как интенсивно гетерогенный.

В результате анализа крупные разрывные структуры (протяженностью более 500 км) разделены по парным направлениям на две группы: первая — разломы западно-северо-западного ($285 \pm 5^\circ$) и восточно-северо-восточного направлений ($65 \pm 5^\circ$), вторая — северо-северо-западного ($330 \pm 10^\circ$) и северо-северо-восточного. Прослеживаются они относительно равномерно на всей площади с расстоянием между разломами одного направления 170—180 км. Пересекаясь, разломы каждой группы образуют параллелограммы, составляющие ячейки тектонических решеток. На отдельных участках тектонические решетки деформируются либо сближением разломов, отвечающих по направлению тектонической решетке (сгущение шага между разломами до 80—90 км), либо развитием разломов, не отвечающих по направлению таковой. Последние закономерно не повторяются как разломы решетки, но могут иметь значительную (более 500 км) протяженность. Разломы, нарушающие тектонические решетки, при сближении между собой создают зоны деформации. По направлению они делятся на пять групп: I — западно-северо-западную ($285 \pm 5^\circ$), II — се-

веро-западную ($315-340^\circ$), III — восточно-северо-восточную ($5-50^\circ$), IV — северо-восточную ($5-50^\circ$) и V — дугообразную (от северо-восточной до северо-западной ориентировки). I и III группы полностью отвечают разломам, образующим тектонические решетки. Некоторые зоны деформации II группы согласуются с северо-западными разломами решеток ($330 \pm 10^\circ$), другие секут ее под углом $5-10^\circ$, склоняясь к западу до 25° . Наиболее крупные зоны деформации северо-восточного направления дугообразны.

По геофизическим данным границы физических полей и их аномальные особенности разделены на пять групп по относительному смещению друг друга. Для большинства границ по характеру симметрии аномалий $|V_{zs}|$ и ΔT_a оценивается предполагаемое направление их падения. Первая группа — границы однотипные на всем протяжении по знаку поля силы тяжести; вторая — границы, отвечающие линиям нарушения корреляции, сопровождаемые линейными аномалиями поля силы тяжести одного характера; третья — границы, отраженные в особенностях поля силы тяжести, не смещаемые линиями нарушения корреляции и не параллельные им (в магнитном поле им отвечают границы крупных полей); четвертая — границы, соответствующие линиям нарушения корреляции в магнитном поле; пятая — особенности, не смещаемые линиями нарушения корреляции в магнитном поле. Границы последней группы смещают границы остальных четырех. Для такой гетерогенной территории пять групп границ не охватывают всей полноты их взаимоотношений.

Сопоставление распределения по площади границ выделенных групп с геологическими данными [Тектоника..., 1980] позволяет дать оценку их геологической природе и временному взаимоотношению. Границы первой группы субпараллельны границам Сибирской платформы. К западу от оз. Байкал они имеют северо-западное, меняющееся к северу на субмеридиональное, простирание, а к востоку от оз. Байкал — северо-восточное, также меняющееся на субмеридиональное. Блоки формировались во время образования дорифейской, а может быть, и дофанерозойской континентальной коры Сибирской платформы. Прослеживая систему этих границ, можно предположить, что древнее основание Сибирской платформы включало северную часть Казахской плиты, Енисейский кряж, Восточные Саяны. По данным дешифрирования, системе разломов первой группы отвечают фрагменты разломов северо-западного простирания, входящие в разные тектонические решетки и группы зон деформаций. Ко второй отнесены дугообразные границы, выгнутые в северные румбы, прослеживающиеся в пределах складчатого обрамления. Более поздними разломами третьей — пятой групп, проявленными в пределах молодых отложений чехла Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы, эта система существенно переработана и прослеживается хуже. На Енисейском кряже и в Восточных Саянах [Болдырев, 1979a] она отвечает структурам орогенного этапа тектогенеза, за пределами этих регионов часто совпадает с ограничениями блоков континентальной коры, сформированными в докембрии — ордовике и, предположительно, отражает перестройку структуры данной территории вследствие общего смещения основания Сибирской платформы к северу. По дешифрированию эти разломы объединены с разломами третьей группы в пятую группу зон деформаций.

В третью группу, образующую систему, состоящую из дугообразных разломов, выгнутых к югу, веерообразных структур и Байкало-Таймырского субмеридионального линеамента и его оперения, вошли разломы, объединенные на основе предположения о едином механизме их образования: движение основания Сибирской платформы к югу. Эти разломы рассматриваются как вероятный след отрыва блоков со смещением «чешуй» в вертикальном направлении по наклонным к северу сместителям. Движение блоков было неоднородным, что отразилось в асимметрии дугообразных разломов. Ось асимметрии практически совпадает с положением Байкало-Таймырского линеамента и его оперения. Веерообразные структуры в юго-западном и юго-восточном обрамлении Сибирской платформы

имеют соответственно северо-западное и северо-восточное простирание и напоминают структуры упора подобно струям у носа движущегося корабля. Дугообразные разломы субпараллельны Центрально-Азиатскому поясу, что позволяет предположительно датировать время их активного развития и заложения этого пояса. Веерообразная структура в пределах Енисейского кряжа [Болдырев, 1979a] отнесена к этапу посторогенной активизации раннепалеозойского возраста, т. е. к тому же времени, что и заложение Центрально-Азиатского пояса. По дешифрированию дугообразные разломы включены в пятую группу зон деформаций. По ним зафиксированы сквозные разломы северо-западного простирания и Хубсугуло-Виллюйская зона деформаций, отвечающая в южной части Байкало-Таймырскому линейменту и началу веерообразной структуры северо-восточного простирания.

Четвертая группа границ — система разломов веерообразной формы, «срезающих» в южной части Западно-Сибирской плиты и на севере Казахской веерообразную структуру северо-западного простирания третьей группы. Один из осевых разломов этой системы ограничивает с северо-востока Кокчетавскую глыбу и прослеживается от оз. Зайсан до Урала, где отделяет Южный Урал от Среднего. Данной системой контролируется положение блоков со среднекаменноугольной корой юга Западно-Сибирской плиты, севера Казахской плиты и Тянь-Шаня. Развитие ее, вероятно, связано с дальнейшим движением на юг основания Сибирской платформы и припаянных к нему с юга досреднекаменноугольных блоков. Среди выделенных разломов в эту систему могут быть включены разломы, составляющие Балхашскую зону деформации и ее оперение.

Пятая группа — разломы, смещающие разломы предыдущих групп. На юго-западе территории ей отвечает веерообразная структура, включающая Памир, Копет-Даг и Гиндукуш, раскрывающаяся на западо-северо-запад. Разломы этой структуры частично смещают южное крыло веерообразной структуры четвертой группы и, видимо, ограничивают блоки с более молодой континентальной корой, чем кора Тянь-Шаня. В северо-восточной части территории разломы и границы пятой группы являются продолжением на запад ограничений блоков с поздне меловой континентальной корой Верхоянья. По космоснимкам разломы выделены фрагментарно или полностью совпадают с границами рассматриваемых групп.

Сопоставление известных месторождений полезных ископаемых с данными дешифрирования космоснимков позволяет отметить, что расположение месторождений закономерно укладывается в зоны деформаций тектонических решеток и контролируется распределением особенностей рельефа (рис. 1). В складчатых областях все месторождения твердых полезных ископаемых локализуются в областях проявления интенсивных активизационных процессов на площадях горного и холмистого рельефов и их ближайшего обрамления (25 км). В Туве месторождения локализуются на границе площадей гетерогенного и интенсивно гетерогенного рельефов, в Кузнецком Алатау — на границе гетерогенного рельефа с гомогенным. Для большей части Казахстана снимки необходимого масштаба отсутствовали и характер рельефа не изучался. В прииртышской части крупные и средние месторождения приурочены к границам гетерогенного рельефа.

Для Алтае-Саянской складчатой области установлено, что площади концентрации месторождений близ границ развития гетерогенного рельефа в зонах деформации тектонической решетки приурочены к узлам сопряжения разломов, участкам с большой плотностью разрывных нарушений. Показатель плотности распределения разрывных нарушений определялся по данным дешифрирования и отвечал суммарной протяженности разломов в пределах элементарной ячейки (100 км²). Месторождения локализуются по периферии участков с повышенной плотностью разрывных нарушений.

Для мелкомасштабного прогнозно-металлогенического районирования и среднемасштабных геолого-прогнозных работ в качестве поисковых

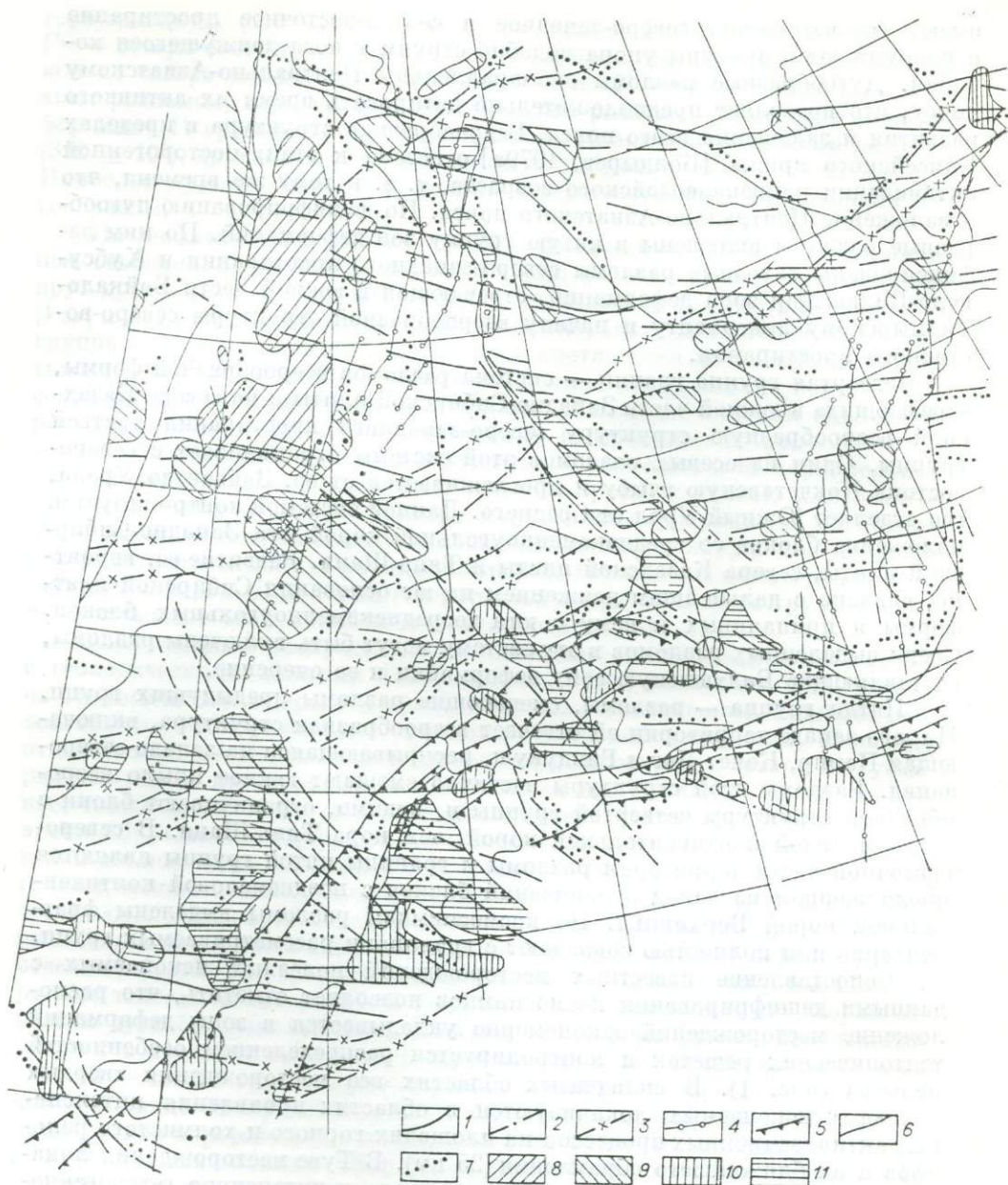


Рис. 1. Схема сопоставления перспективных участков относительно зон деформаций тектонических решеток Западной, Средней Сибири и Казахстана (по данным дешифрирования космоснимков).

1—5 — зоны деформаций решеток соответственно I — V групп; 6 — прочие линейamentos; 7 — положение плотностных границ (по геофизическим данным); 8—11 — площади преимущественного развития промышленных содержаний полезных ископаемых (8, 10 — известные, 9, 11 — предполагаемые); 8, 9 — углеводородов, 10, 11 — твердых.

критериев выделены: а) зоны деформации тектонических решеток; б) границы сопряжения гетерогенного рельефа с гомогенным и интенсивно гетерогенным; в) границы участков повышенной плотности разрывных нарушений. Для поисков твердых полезных ископаемых рекомендуются перспективные участки, находящиеся в пределах зон деформации: Балхашско-Енисейской, Хубсугул-Вилойской, Алтае-Салаирской, Хемчикско-Куртушубинской и др.

Распределение полезных ископаемых, сопоставленное с представленной на рис. 2 структурой, по геофизическим данным оценено с позиций,

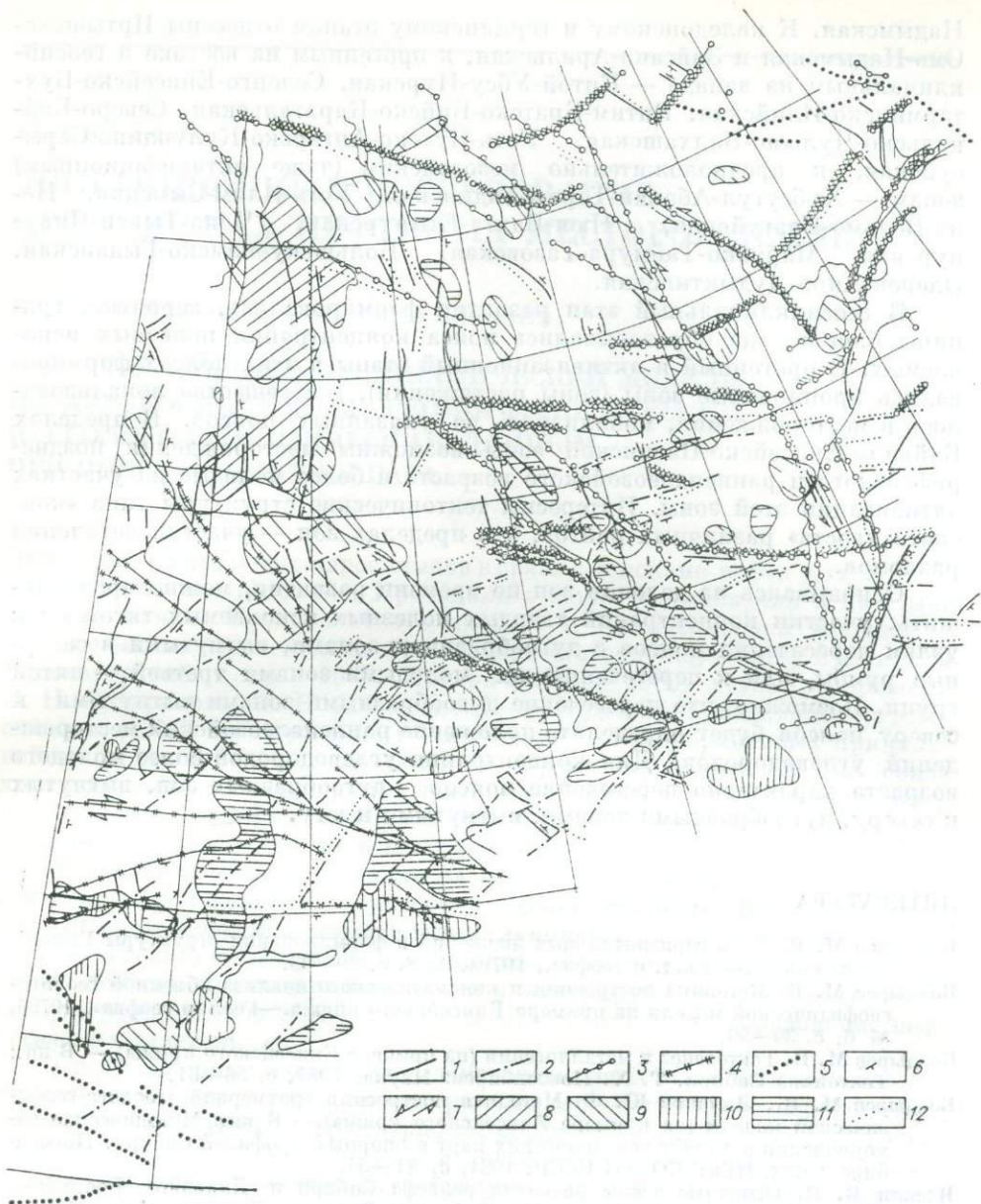


Рис. 2. Схема качественной интерпретации поля силы тяжести и сопоставления перспективных участков для Западной, Средней Сибири и Казахстана.

1—5 — границы плотностных неоднородностей, предположительно отвечающие границам, сформировавшимся при становлении коры: 1 — дорифейской, 2 — докембрийско-ордовикской, 3 — раннепалеозойской, 4 — среднекаменноугольной, 5 — позднекаменноугольной и моложе; 6 — направление падения плотностных границ; 7 — направление предполагаемого смещения блоков; 8—11 — площади преимущественного развития промышленных содержаний полезных ископаемых (8, 10 — известные, 9, 11 — предполагаемые); 8, 9 — углеводородов, 10, 11 — твердых; 12 — положение границ, выделенных по дешифрированию космоснимков и совпадающих с плотностными границами.

рассмотренных ранее [Болдырев, 1981]. Под зонами понимаются системы границ (чаще разрывных структур), пространственно сближенных, предположительно разновозрастных по максимальной их активности. Они могут в ряде случаев являться зонами распределения полезных ископаемых (металлогеническими и др.). В качестве границ блоков, сформировавшихся в геосинклиальный этап тектогенеза, рассматриваются для байкальского этапа развития Байкало-Енисейско-Пасинская, Исык-Куль-Тургайско-Кондо-Усть-Обская и, возможно, Байкало-Вилуйская. К салаирскому этапу отнесены Каа-Хем-Томско-Пурская и Катунско-Большееюганско-

Надымская. К каледонскому и герцинскому этапам отнесены Иртышско-Омь-Надымская и Зайсано-Аральская, к орогенным на востоке и геосинклинальным на западе — Китой-Убсу-Нурская, Селенго-Енисейско-Бухтарминско-Илийская, Витим-Братско-Бийско-Каратальская, Северо-Байкальско-Чулымо-Балхашская, Усть-Кутско-Ангарско-Кулундино-Сарысуйская, к предположительно мезозойским (чаще активизационным) зонам — Хубсугул-Абакан-Тара-Кондинская, Усть-Илим-Сымская, Непо-Вельмо-Елагуйская, Нюя-Бахта-Етыпурская, Чона-Тынеп-Пякупурская, Моркоко-Таймура-Тазовская, Большекуанамско-Гыданская, Оленек-Аяно-Дудыктинская.

В геосинклинальный этап развития формировались, вероятно, границы блоков, где образовывались пояса концентрации полезных ископаемых. В орогенный и активизационный этапы в этих поясах формировались проницаемые зоны (зоны растяжения), где вещество локализовалось в месторождения, мобилизуясь из указанных поясов. В пределах Байкало-Енисейско-Пасинской зоны возможны месторождения позднерифейского и раннепалеозойского возраста и более молодые на участках активизации этой зоны. Интересны тектонические структуры типа «конского хвоста» различных рангов, а в пределах зон — участки ветвления разломов.

Основываясь на делении зон по времени развития, можно предположить: участки концентраций твердых полезных ископаемых тяготеют к узлам пересечения поясов с дугообразными зонами, выгнутыми в северные румбы, или к пересечению их молодыми зонами третьей — пятой групп. Возможно, что пересечение дугообразными зонами выгнутыми к северу поясов будет определять положение раннепалеозойских месторождений углеводородов. Для концентрации углеводородов более молодого возраста характерно пересечение поясов дугообразных зон, выгнутых к северу, дугообразными зонами, выгнутыми к югу.

ЛИТЕРАТУРА

- Болдырев М. В. Роль горизонтальных движений в формировании структуры Енисейского кряжа. — Геол. и геофиз., 1979а, № 8, с. 20—33.
- Болдырев М. В. Методика построения и кинематического анализа объемной геолого-геофизической модели на примере Енисейского кряжа. — Геол. и геофиз., 1979б, № 6, с. 39—50.
- Болдырев М. В. Тектогенез и металлогения (на примере Енисейского кряжа). — В кн.: Тектоника Сибири. Т. X. Новосибирск: Наука, 1981, с. 56—61.
- Болдырев М. В., Ламанов Ю. Ф. Методика построения трехмерной геолого-геофизической модели (на примере Енисейского кряжа). — В кн.: Методические рекомендации к Атласу тектонических карт и опорных профилей Сибири. Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1981, с. 41—54.
- Вдовин В. В. Основные этапы развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. — В кн.: История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск изд. ИГиГ СО АН СССР, 1976.
- Карта аномального магнитного поля территории СССР. (М-б 1 : 10 000 000)/Под ред. Н. М. Соловьева.
- Сенкевич В. Г., Рубинов И. И. Результаты дешифрирования космических снимков и некоторые закономерности размещения полезных ископаемых Западной и Средней Сибири. — Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 22—26.
- Тектоника Северной Евразии (объяснительная записка к Тектонической карте Северной Евразии м-ба 1 : 5 000 000)/Гл. ред. А. В. Пейве. — М.: Наука, 1980. — 220 с.

II раздел

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Л. Б. АРИСТАРХОВА, Г. П. ПОПСУЙ-ШАПКО

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПО АЭРОКОСМИЧЕСКИМ, ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ ПРИ ПОИСКАХ НЕФТИ И ГАЗА

Дешифрирование космо-аэроснимков в связи с поисками нефти и газа предпринималось неоднократно. Проводились такие исследования и на стыке Русской плиты, Предуральяского прогиба и Прикаспийской впадины — регионе весьма перспективном, но еще недостаточно изученном и сложном [Волчегурский и др., 1978; Попсуй-Шапко, 1980; устные сообщения В. Н. Сударикова, Н. Н. Яхимовича и др.]. Дешифрирование космофото-снимков (КФС) этого региона выявило серию разнопорядковых прямолинейных и дугообразных линеаментов. Время их возникновения, связь друг с другом и иными формами тектонической структуры во многом неясны. Попытка осветить эти вопросы путем построения геодинамической модели региона предпринята в настоящей статье.

Геодинамической моделью мы называем схему последовательности тектонических движений и образования форм тектонической структуры, созданных одновременным действием глубинных тектонических сил и процессов. Геодинамическая модель, построенная для нефтегазопоисковых целей, должна, кроме того, показать и увязать друг с другом в единую систему структурные формы и элементы, ответственные за образование нефтегазовых залежей.

Прямолинейные линеаменты, замеченные на КФС, в большинстве были известны здесь и ранее по материалам дешифрирования аэроснимков, геологических съемок, структурно-геоморфологических и геофизических исследований. Новыми здесь (как и почти везде до использования космических снимков) оказались дугообразные линеаменты, маркирующие собой концентры структур центрального типа — кольцевых структур (КС).

Одна из концепций о генезисе КС связывает происхождение наиболее крупных из них (диаметром 300 км и более) с проявлением мантийного диапиризма, а концентры, выраженные дугообразными линеаментами, рассматривает как зоны (швы), по которым происходит разгрузка глубинного энергомассопотока, что вызывает в толще земной коры, включая платформенный чехол, образование зон разуплотнения, трещиноватости и обуславливает формирование в таких зонах валоподобных и брахиформных локальных дислокаций [Попсуй-Шапко, 1980; Зайченко и др., 1980]. Имеются основания связывать с кольцевыми зонами глубинного энергомассопотока пространственную локализацию гидротермальных, метасоматических и геофизических полей, создающих условия, особо благоприятные для превращения углеводородов органического вещества в нефтегазовые [Кузнецов и др., 1980].

Для решения этих задач и для построения геодинамической модели в целях всестороннего изучения характера выражения на местности линейных и дугообразных элементов, дешифрирующихся на КФС, и анализа связи с ними неотектонических морфоструктурных образований географическим факультетом МГУ на территории Соль-Илецкого выступа и

прилегающих районов были проведены структурно-геоморфологические исследования, а ВНИИЯГГом — геолого-геофизические.

Структурно-геоморфологические исследования опирались на дешифрирование космо-аэроснимков, анализ топографических карт и полевые наблюдения на ключевых участках. Дешифрирование выявило как весьма протяженные (сотни километров), так и небольшие субпрямолинейные и дугокольцевые линеаменты. Для многих КС обнаружилось по несколько концентров. Удалось увидеть также смещения одних линеаментов по линии других, что позволило судить о сравнительном возрасте разломов, фиксируемых линеаментами. Кроме линеаментов оконтуривались фоновые участки территории, характеризующиеся определенным рисунком, текстурой и тоном фотоизображения, и всевозможные фотоаномалии внутри их. Параллельно выполнялся специальный морфометрический и общий геоморфологический анализ детальных топокарт. В процессе работы проводилась разбраковка дешифрирования как по отчетливости и постоянству их проявления на разных КФС, так и по яркости и характеру отображения их в особенностях рельефа, гидросети и ландшафта.

Структурно-геоморфологическая и морфоструктурная карты (рис. 1), построенные на этой основе, отразили главные черты новейшей тектонической структуры региона. В пределах Приилекской аккумулятивной равнины, изученной более детально, геоморфологический анализ выявил серию локальных положительных брахиформных морфоструктур, активных в четвертичное время, и позволил установить их пространственную связь с элементами региональной тектонической структуры.

В региональном плане район является частью крупной положительной блоково-моноклиальной Подуральской мегаморфоструктуры, сформировавшейся в послепалеогеновое время. Внутри этой мегаморфоструктуры выделяются меньшие блоково-пликативные и линейные морфоструктуры разного ранга и амплитуды. Каркасную роль играют региональные образования — прямые и дугообразные. Они хорошо видны на КФС, а на местности выражены уступами, резкими перегибами склонов, продолжающимися друг друга по простирацию отрезками долин водотоков, седловинами, ложбинами, грядами и цепочками останцов. Мы их называем морфолинеаментами в отличие от просто линеаментов, которые далеко не всегда геоморфологически выражены. Большинство из них служат границами морфоструктур. Дугообразные морфолинеаменты, кроме того, являются фрагментами активизированных в новейшее время концентров КС.

Сопоставление региональных морфолинеаментов обоих типов с данными о глубинном тектоническом строении региона указывает на их связь с уступами и разломами фундамента, а местами с разрывами и флексурами в толще нижних горизонтов осадочного чехла и позволяет считать их отражением в рельефе (и на КФС) зон разрывных нарушений глубокого заложения, очевидно проявлявших себя в истории тектонического развития территории неоднократно. Основные региональные морфолинеаменты сопряжены с областями новейшего прогибания, выраженными в рельефе (и хорошо дешифрирующимися на КФС) широкими придолинными аккумулятивными равнинами, выполненными плиоцен-четвертичными отложениями значительной (70—100, местами 200 м и более) мощности. Вероятно, эти приразломные области прогибания приурочены к зонам новейшего растяжения земной коры. Таковы Уральский и изученные нами подробнее Илекский, Хобдинский и Илеко-Хобдинский прогибы. Характерно, что все они связаны с внешними концентрирами крупных КС.

Приразломные прогибы играют важную структурно-формирующую роль. Они служат зонами раздела крупных новейших структурных образований, и именно к ним оказались приуроченными большинство активных в четвертичное время локальных поднятий.

Так, к северу от Илекского прогиба расположены олигоцен-миоценовые блоковые поднятия, в целом приуроченные к зоне Соль-Илецкого выступа фундамента. Среди них особенно интересны Соль-Илецкое новейшее поднятие и одноименные морфоструктура и КС. Здесь пересекаются реги-

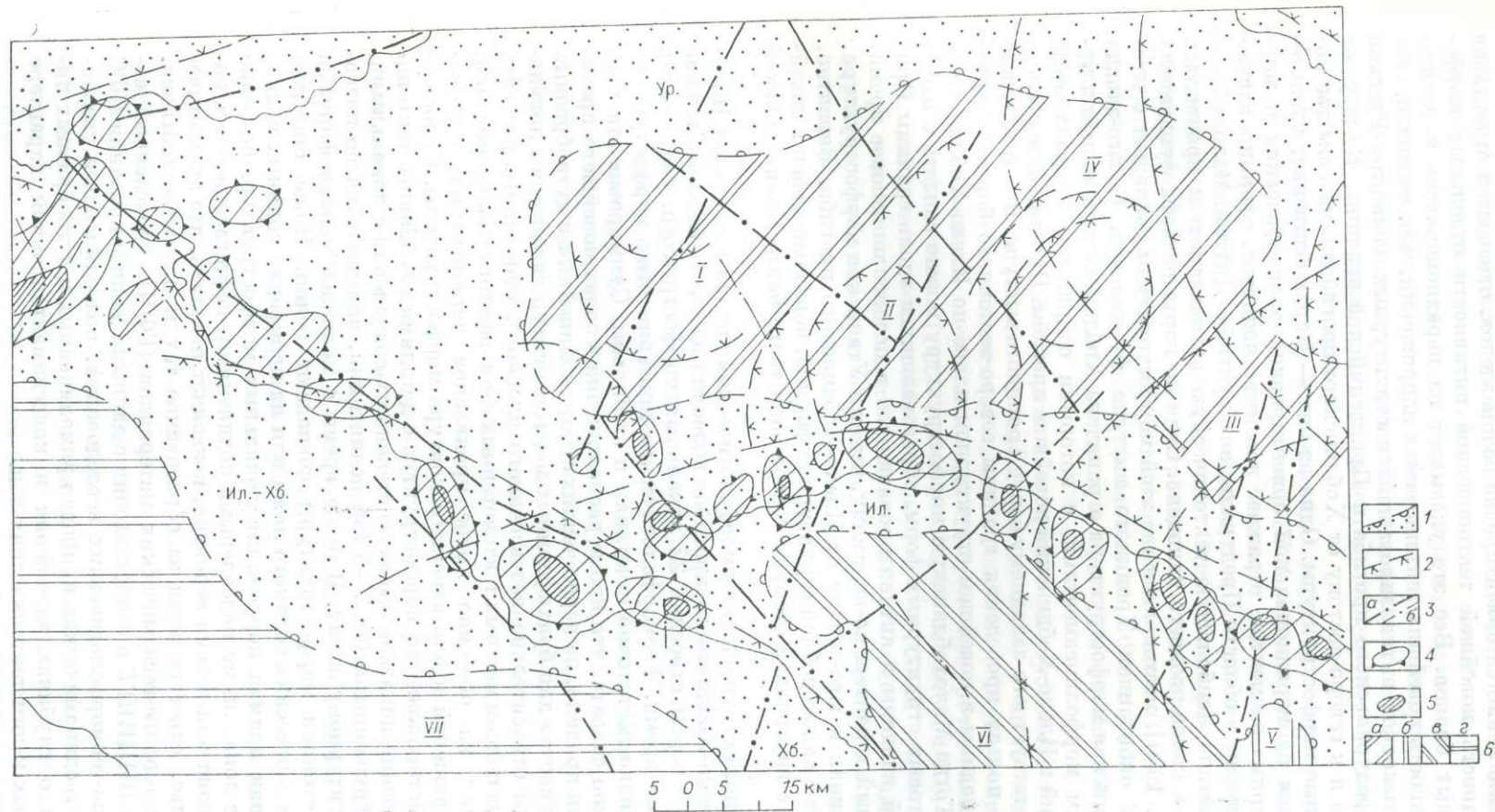


Рис. 1. Морфоструктурная карта зоны Илекско- и Илеко-Хобдинского новейших прогибов. Составила Л. Б. Аристархова.

1 — новейшие прогибы; 2 — дугообразные морфолинеаменты — концентры крупных кольцевых структур, выраженные в рельефе; 3 — региональные (а) и локальные (б) субпрямолинейные морфолинеаменты — разрывные нарушения и зоны трещиноватости, выраженные в рельефе; 4 — локальные новейшие брахиформные морфоструктуры; 5 — основные блоково-пликативные макроморфоструктуры (а — в зоне Соль-Илецкого выступа: Ветлянская (I), Соль-Илецкая (II), Акбулакская (III), Бедевская (IV)); б — в зоне Прикаспийской впадины: Малохобдинская (VI), Утвинская (VII)), Новейшие прогибы: Ил — Илекский, Хб — Хобдинский, Ил-Хб — Илеко-Хобдинский, Ур — Уральский;

ональные морфолинеаменты северо-западного и северо-восточного простираний, резко меняется ориентировка водоразделов, отмечается отчетливая неоднородность новейшей тектонической активности отдельных морфоструктурных блоков. Все это указывает на неравномерность и разную направленность новейших тектонических напряжений, что, очевидно, связано со стыковкой активизировавшихся структурных элементов Русской плиты, Предуральского прогиба и Прикаспийской впадины. К югу от Илекского и к северо-востоку от Хобдинского прогибов выделены две положительные морфоструктуры. Одна из них — Карахобдинская, характеризующаяся субмеридиональной ориентировкой орографических и морфоструктурных элементов, отражает новейшее поднятие, сформировавшееся в олигоцене в области Предуральского прогиба. Другая, Малохобдинская, испытала наибольшую тектоническую активизацию и проявилась в рельефе в конце позднего плиоцена. Судя по карте рельефа фундамента [Неволин, 1980], местоположение этой морфоструктуры совпадает с юго-восточным окончанием Троицкого выступа фундамента. С юго-запада Малохобдинская морфоструктура ограничена Хобдинским линейным и дугообразным морфолинеаментом, с которыми сопряжены приразломные Хобдинский и Илеко-Хобдинский новейшие прогибы. Простирание последних соответствует юго-западному борту Троицкого выступа. Все это служит доводом в пользу проведения границы северо-восточного борта Прикаспийской впадины в новейшем структурном плане по Илеко-Хобдинскому прогибу. Тогда Малохобдинскую морфоструктуру можно связать с одной из прибортовых структурных форм, образовавшихся вдоль границы Прикаспийской впадины и активизировавшихся в позднеплиоценовое время. Аналогичный характер, по-видимому, имеет и Утвинская морфоструктура, расположенная к юго-западу от Илеко-Хобдинского прогиба. Вероятно, она связана с валоподобной структурной формой, образовавшейся в новейшее время с внутренней стороны северо-восточного борта Прикаспийской впадины.

Детальный структурно-геоморфологический анализ в пределах Илекского и Илеко-Хобдинского прогибов позволил наметить местоположение и некоторые черты строения 22 локальных морфоструктур, активных в четвертичное время. Геоморфологические критерии этих морфоструктур неярки, однако достаточно отчетливы и стабильны. Суммировав эти критерии, можно сказать, что кроме расположения в зонах новейшего прогибания и, как правило, на пересечениях субпрямолинейных и дугообразных морфолинеаментов для брахиформных морфоструктур характерны локальные участки относительно возвышенного плоского, спокойного рельефа, окаймленные поясом местных тектоногенных геоморфологических аномалий, указывающих на особенно яркое проявление четвертичных тектонических напряжений вдоль внешнего контура морфоструктуры. Сопоставление же местоположения морфоструктур с деталями глубинного тектонического строения показало высокую степень их совпадения с локальными, глубоко погруженными (на 3—5 км) поднятиями, намеченными по подсольному структурному плану. В то же время с положительными формами соляной тектоники морфоструктуры совпадают редко. Чаще они расположены в депрессиях соляного ложа или на периферии соляных поднятий. Хорошая прямая корреляция локальных морфоструктур, особенно их сводов, с локальными подсольными поднятиями, нефтегазоносность которых доказана или весьма вероятна, позволяет полагать, что энергетический импульс, ответственный за образование тех и других, единствен.

Анализ геолого-геофизических материалов (ГФМ), проведенный сотрудниками ВНИИЯГГ в сопоставлении с данными дешифрирования КФС и структурно-геоморфологических исследований, позволил более уверенно судить о геодинамической природе прямолинейных и дугообразных линеаментов и о глубинах заложения и конседиментационном характере приуроченных к ним тектонических зон.

По данным сейсмической разведки, а также по наличию «слепых» участков, окаймленных «зонками», системы линеаментов выявляются

как зоны потери корреляции. По гравиметрическим данным тектонически активные зоны линейментов, в том числе концентры КС, трассируются по резким градиентам (ступеням) или как зоны резкой смены характера поля, изменения ориентировки аномалий или их морфологии. При сопоставлении геофизических данных с результатами дешифрирования КФС и геоморфологических исследований устанавливаются возрастные соотношения между разломами, динамика палеотектонического развития, мощность и морфология дизъюнктивов.

Несовпадение данных о линейментах-разломах, выявленных по КФС и геоморфологическому анализу и по ГФМ, чаще всего объясняется тем, что в первом случае выделяются в основном выведенные на поверхность активизированные разломы, а во втором — все разломы, независимо от степени их активизации и подновления. Однако часть разломов может быть пропущена геофизиками из-за неправильной ориентировки профиля, влияния помех или недостаточной детальности измерений. Относительные смещения линий разрывов, зафиксированных на КФМ и ГФМ, обусловлены разной глубиной этих методов и наклоном плоскостей раздела до $60-80^\circ$.

Общий анализ материалов, полученных по аэрокосмическим, геоморфологическим и геолого-геофизическим данным, в свете теоретических представлений о генетической связи локальных тектонических деформаций с глубинными энергетическими очагами, приуроченными к концентрам и рифтогеналям (радиальным разломам) гигантских КС, позволил в итоге построить геодинамическую модель изученной территории.

В идеале на геодинамической модели необходимо показать возраст каркасных тектонических элементов, что для региональных линейментов, концентров КС и их центров можно сделать, определив возраст приуроченных к ним отложений увеличенной мощности. Следует выявить области воздействия на платформу смежных геотектонических зон, наметить направления миграции каркасных элементов, оценить относительную глубину их заложения, степень геодинамических напряжений, раскрытости залеченности постседиментационными процессами, генетическую и продуцирующую роль в отношении контроля нефтегазонасности. Необходимо принять во внимание особенности поверхности Мохоровичича и состояние астеносферного слоя. По соотношению структурных планов фундамента — подсолевого, кунгурского и новейшего — нужно выявить направление миграций осей тектонических деформаций, установить возраст, природу и геоморфологическую выраженность структурных и неструктурных ловушек нефти и газа по разновозрастным отложениям. Лишь на такой основе может быть дан уверенный прогноз местоположения продуктивных зон и отдельных нефтегазосодержащих ловушек.

Представленная на рис. 2 геодинамическая модель зоны Соль-Илецкого выступа и прилегающей территории является первой попыткой такого рода для этого региона. На модели показаны: концентры КС разного возраста; главные, видные на КФС и в рельефе, субпрямолинейные зоны разрывных нарушений глубокого заложения; основные тектонические формы по разным структурным этажам; нефтегазовые месторождения. Анализ планового расположения этих элементов относительно друг друга позволяет уже на этом этапе построения геодинамической модели сделать определенные выводы.

Как видно из рис. 2, Соль-Илецкий выступ является частью крупного поднятия (Яицкого свода) фундамента, расположенного на стыке Русской платформы, Предуральского прогиба и Прикаспийской впадины. Ряд исследователей в последнее время считает это поднятие частью еще более обширной структурной формы фундамента типа вала [Максимов, Шпильман, 1983], горста или свода. Границы Соль-Илецкого выступа, судя по геолого-геофизическим данным, связаны с концентрирами разновозрастных КС: Волго-Уральской байкальского возраста, Южно-Уральской герцинского возраста и Хобдинской, Индерской (близко совпадающей с Восточно-Прикаспийской) и Джамбейтинской альпийских, влияние кото-

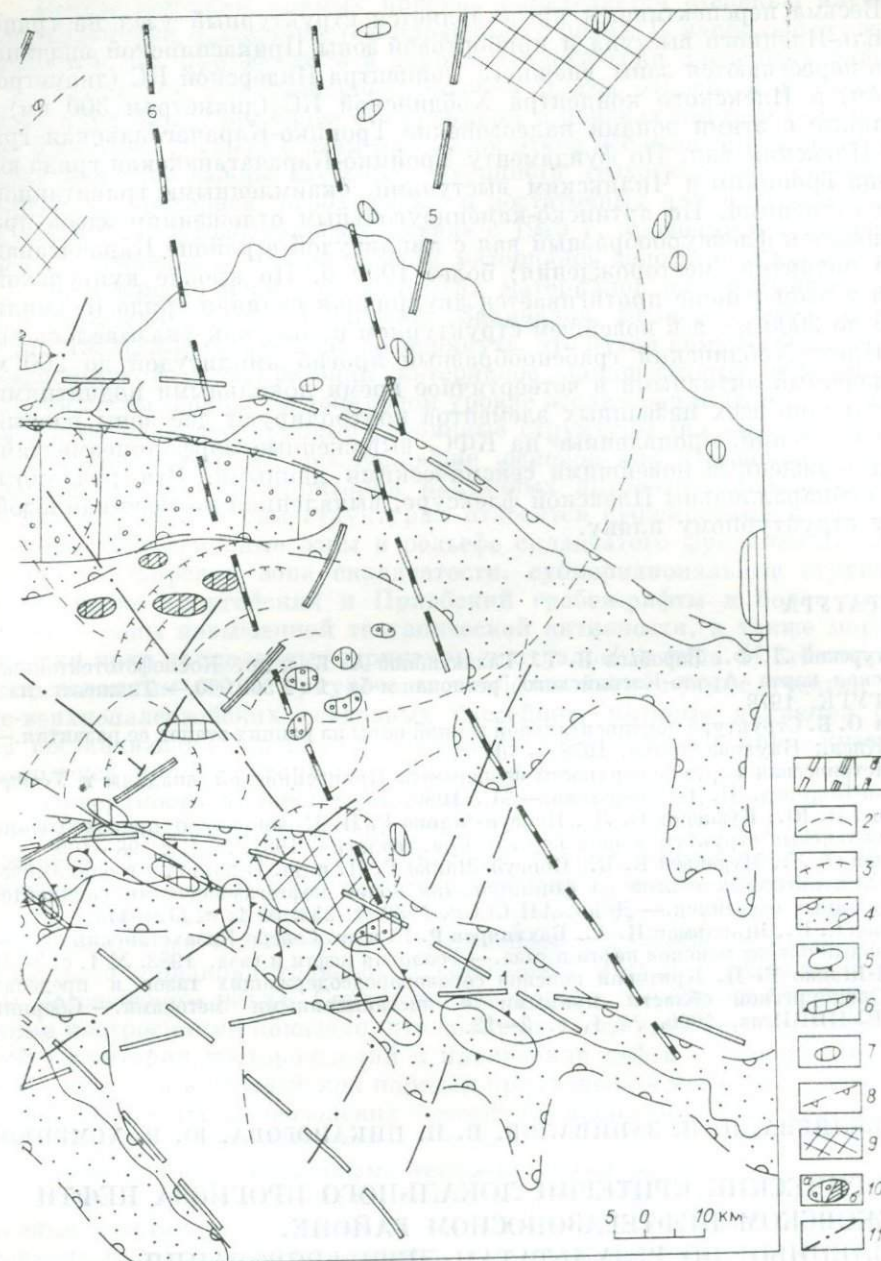


Рис. 2. Геодинамическая модель Соль-Илецкого выступа и прибортовой зоны
Л. Б. Арис

1 — кольцевые структуры первого порядка (а — альпийские, б — герцинские, в — бай 4 — Аралсорская, 5 — Волго-Уральская, 6 — Южно-Уральская; 2 — кольцевые структуры второго порядка; 3 — кольцевые структуры третьего порядка; 4, 5 — элементы новейшего структурного плана; 4 — новейшие прогибы, 5 — валообразные зоны; 6 — валообразные зоны; 7 — локальные поднятия, 8 — флексуры в толще осадочного чехла; 9 — локальные поднятия фундамента; 10 — месторождения (а — нефтяные, б — газовые); 11 — основные субпараллельные линейаменты.

рых проявляется в возрасте, ориентировке и размерах, осложняющих Соль-Илецкий выступ структурных форм меньшего порядка.

Выявилась связь с концентрирами крупных КС (диаметром 300—1200 км), во-первых, прифлексурных валообразных зон и брахиформных поднятий в подсоловом структурном плане (с Южно-Уральской КС — Южно-Оренбургского, Северо-Копанского, Копанского, Карасайского и Восточно-Нагумановского поднятий; с Хобдинской КС — Оренбургского и Илецкого валов; с Джамбейтинской КС — Троицко-Карачаганакской гряды, Илецкой флексуры и ряда приуроченных к ним локальных поднятий),



Прикаспийской впадины. Составили Г. П. Попсуй-Шапко, В. В. Муравьев, тархова.

кальские соответственно): 1 — Хобдинская, 2 — Верхне-Прикаспийская, 3 — Джамбейтинская, 4 — рогового порядка; 5 — кольцевые структуры, выраженные в мощностях артинско-каменноугольных отложений; 6 — 8 — элементы подсолового структурного плана; 9 — области приподнятого залегания фундамента; 10 — месторождения (а — нефтяные, б — газовые); 11 — основные субпараллельные линейаменты, выявленные по космоснимкам и фрагментарно выраженные в рельефе.

во-вторых, новейших приразломных грабенообразных прогибов (Уральского, Илецкого, Хобдинского, Илеко-Хобдинского), осложненных локальными унаследованными четвертичными морфоструктурами. Механизм образования краевых валов и локальных поднятий, по принятой нами гипотезе [Гинтов, 1979], обусловлен процессом заложения и развития депрессионной КС, формирующейся над соответствующим мантийным выступом. В моменты тектонической активизации происходят погружение ядра КС и структурное воздымание краевых участков, приводящие к формированию асимметричных валов и сопряженных грабенов.

Весьма перспективным представляется структурный узел на границе Соль-Илецкого выступа и прибортовой зоны Прикаспийской впадины. Здесь пересекаются зоны внешнего центра Индерской КС (диаметром 600 км) и Илецкого центра Хобдинской КС (диаметром 300 км) и связанные с этими зонами палеозойские Троицко-Карачаганакская гряда и Илецкий вал. По фундаменту Троицко-Карачаганакская гряда выражена Троицким и Чиликским выступами, окаймленными гравитационными ступенями. По артинско-каменноугольным отложениям здесь прослеживается флексуобразный вал с амплитудой в районе Карачаганакского поднятия (месторождения) более 1000 м. По кровле кунгурского яруса в этом районе протягивается двухрядная соляная гряда (с амплитудой до 2000 м), а в новейшем структурном плане, как указывалось выше, Илеко-Хобдинский грабенообразный прогиб амплитудой до 200 м, осложненный активными в четвертичное время локальными поднятиями. Простирание всех названных элементов контролируют две зоны разрывных нарушений, проявленные на КФС, выраженные морфолинеаменами и подтвержденные новейшими сейсмическими данными. Эти разломные зоны субпараллельны Илецкой флекуре, выявленной по мезо-кайнозойскому структурному плану.

ЛИТЕРАТУРА

- Волчегурский Л. Ф., Воробьев В. Т., Галактионов А. Б. и др. Космофототектоническая карта Арало-Каспийского региона м-ба 1 : 2 500 000.— Ташкент: изд. ГУГК, 1978.
- Гинтов О. Б. Структура континентальной земной коры на ранних этапах ее развития.— Киев.: Наукова думка, 1978.— 164 с.
- Гипсометрическая карта поверхности фундамента Прикаспийской впадины и Устюрта/Под ред. Н. В. Неволина.— М., 1980.
- Зайченко В. Ю., Кузнецов О. Л., Попсуй-Шапко Г. П. К вопросу о происхождении кольцевых структур земной коры.— Сов. геология, 1981, № 1, с. 98—106.
- Кузнецов О. Л., Муравьев В. В., Попсуй-Шапко Г. П. и др. О влиянии геодинамических активных очагов на формирование полей нефтегазоносности седиментационных бассейнов.— Докл. АН СССР, 1980, т. 252, № 1, с. 172—174.
- Максимов С. П., Шильман И. А., Бахтияров Р. Б. и др. Северо-Казахстанский вал — новый объект поисков нефти и газа.— Геология нефти и газа, 1983, № 1, с. 3—9.
- Попсуй-Шапко Г. П. Критерии поисков сероводородсодержащих газов в пределах Оренбургской области прямыми и дистанционными методами.— Сборник ВУНИИГаз, 1980, № 1, с. 3—12.

В. А. БЕЛЯЕВА, Н. П. ЗАПИВАЛОВ, В. Н. ПИКАНОРОВА, Ю. В. ХОМЕНЮК

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА НЕФТИ В МЕЖОВСКОМ НЕФТЕГАЗОНОСНОМ РАЙОНЕ, ВЫЯВЛЕННЫЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОФОТО- И КОСМОСНИМКОВ

Прогноз нефти и газа является в настоящее время одной из наиболее острых проблем в нефтяной геологии. Возрастающие потребности в этом сырье заставляют геологов обращаться к разработке более совершенных методик, направленных на ускорение поисков. Одним из прогрессивных является направление, связанное с прямыми поисками залежей и основанное на обнаружении закономерностей размещения. В этом плане уже имеются некоторые достижения: проведенные работы позволяют выявить аномалии типа «залежь» (АТЗ) с помощью геохимических методов поисков; изобретен способ поисков с учетом и использованием концентрических систем дислокаций земной коры; разработаны методы статистической обработки геофизических параметров по программам комплекса «Поиск» и т. д.

Выбор методики прямых поисков определяется степенью изученности территории и детальностью проводимых работ. С наибольшей эффективностью они применяются в хорошо геологически изученных районах.

Территория юга Западно-Сибирской плиты относится к категории слабо изученных, тем более что речь идет о поисках нефти и газа в породах палеозоя. В связи с этим на первом этапе исследований в данном регионе наиболее важны изучение глубинного геологического строения и выработка критериев, необходимых и достаточных для прогноза. С этой целью в ПГО «Новосибирскгеология» с 1979 г. проводятся тематические работы, основанные на применении материалов аэрофото- и космосъемок.

Возможности использования этих материалов для решения поставленной задачи уже были описаны [Запивалов, Беляева, 1980; Беляева и др., 1983]. Мы хотим лишь подчеркнуть, что путем комплексной геолого-геофизической интерпретации материалов ландшафтного дешифрирования космоснимков на региональном уровне исследований (м-б 1 : 1 000 000) выявлены наиболее крупные глубинные структуры (на период постсалаирской консолидации), послужившие основой для дальнейшего формирования на данной территории различных литолого-фациальных комплексов пород. К таким структурам относятся субширотные и северо-восточные депрессионные зоны в рельефе складчатого фундамента, субширотная Салаирская зона складчатости, субмеридиональные структуры, Колтогорско-Уренгойский и Приобский грабен-рифты и более мелкого ранга — зоны повышенной тектонической активности, а также морфологически ярко проявленные структуры центрального типа. К субширотным депрессионным зонам приурочены наиболее погруженные участки средне-верхнепалеозойских осадочных бассейнов, которые являются одной из составляющих сложно построенного гетерогенного промежуточного комплекса пород, датируемого силур-триасом.

Поверхность промежуточного комплекса пород претерпела эрозионно-денудационное расчленение, интенсивность которого согласуется с составом, физическими, химическими и механическими свойствами слагающих ее пород. В соответствии с методикой, направленной на поиски нефти в верхней трещиноватой зоне промежуточного комплекса, были опосредованы все наиболее ярко выраженные в рельефе поднятия второго и третьего порядков (отражающий горизонт Т) и наследующие их структуры мезозойского чехла. Сопоставление данных глубокого бурения с нашими построениями показало, что большая часть имеющихся на исследуемой территории месторождений и проявлений нефти и газа как в палеозойских, так и в мезозойских породах приурочена к контурам распространения осадочных палеозойских бассейнов, территориально связанным с субширотными депрессионными зонами, и контролируется субмеридиональными и северо-восточными тектоническими зонами.

В соответствии с выявленными закономерностями намечены прогнозные участки для постановки нефтегазописковых работ. Однако применение критериев, установленных при региональном прогнозировании, представляется не вполне обоснованным на уровне локального прогноза. Дело в том, что на разбуренных площадях не все поисковые скважины, пройденные в осадочных породах в узлах пересечения указанных выше зон, вскрывают залежи нефти. Для более объективного статистического анализа и установления корреляционных взаимосвязей выявленных критериев прогноза с нефтегазоносностью территории проведена машинная обработка данных на ЭВМ БЭСМ-6 по системе программ «Поиск».

Интерпретирующая программа этой системы (программа опознавания образов «Поиск») отличается отсутствием ограничений на характер введенной в ЭВМ информации. Объекты опознаются путем измерения степени их сходства с эталонными. Исходные данные в процессе обработки по программе «Поиск» автоматически подвергаются дисперсионному, корреляционному и информативному анализу с учетом «весов» используемых параметров и выдачей соответствующих результатов на печать. Основным результатом вычислений по программе «Поиск» при геологическом прог-

Оценки совокупности параметров

Номер параметра	Геологические параметры	Корреляция с классифицирующим признаком	Индекс независимости	Информативность в комплексе
1	Разломы северо-восточного направления	0,05	0,52	0,00
2	Разломы северо-западного направления	0,07	0,80	0,00
3	Разломы субмеридионального направления	0,57	0,42	0,14
4	Фрагменты кольцевых разломов	0,05	0,78	0,00
5	Фашии рифогенные	0,17	0,64	0,02
6	Фашии лагуновые	0,15	0,41	0,01
7	Фашии мелководные	0,01	0,57	0,00
8	Поднятие по поверхности доюрского комплекса пород	0,49	0,46	0,11
9	Гипсометрический уровень поверхности доюрского комплекса пород (абсолютные отметки)	0,20	0,70	0,03
10	Наличие узла пересечения разломов	0,52	0,63	0,17
11	Плотность линеаментов северо-восточного направления	0,04	0,92	0,00
12	Плотность линеаментов северо-западного направления	0,17	0,72	0,02
13	Плотность линеаментов субмеридионального направления	0,25	0,81	0,05
14	Плотность линеаментов субширотного направления	0,11	0,75	0,01

позировании является получение величины адекватности опознаваемого объекта тем «полезным» геологическим объектам, которые приняты для обучения ЭВМ [Хоменюк, 1974].

В данном случае в качестве эталонных точек использовались 30 скважин, из них 13 с доказанной нефтеносностью (класс А) и 17 с доказанным отсутствием нефтеносности (класс \bar{A}) на площади Малоичского и Верх-Тарского нефтяных месторождений. В качестве определяющих были взяты 14 параметров, при этом учтены не только выявленные при региональном прогнозировании критерии, но и другие параметры, полученные с использованием космической информации. Параметры и их характеристики приведены в табл. 1. Проведенный анализ позволил правильно оценить целесообразность использования того или иного параметра или их совокупности.

Так, наиболее высокими значениями коэффициента корреляции с классифицирующим признаком, т. е. с нефтеносностью пород, обладают разломы субмеридионального направления, поднятия в рельефе доюрских пород и узел пересечения разломов. Указанные параметры тесно связаны между собой, обладают наибольшей информативностью в комплексе и примерно равным индексом независимости, а сильная корреляция между ними указывает на то, что они играют важную роль при оценке и прогнозе нефтеносности на данной территории и могут быть использованы в качестве определяющих.

Степень трещиноватости, которая выражается через общую длину линеаментов на единицу площади (названная в таблице плотностью линеаментов), играет второстепенную роль, обладает наибольшим индексом независимости, т. е. слабо связана с остальными параметрами, и имеет низкую информативность. Направление линеаментов не имеет никакого

Коэффициенты корреляции между определяющими параметрами рационального комплекса

Геологические параметры	Номер параметра	2	3	5	6	8	9	10	12	13	14
Разломы северо-западного направления	2	1,00									
Разломы меридионального направления	3	-0,07	1,00								
		0,00									
Фации рифогенные	5	-0,038	0,38	1,00							
		0,17			0,00						
Фации лагуновые	6	0,27	-0,27	-0,27	1,00						
		0,18	0,00	-0,30							
Поднятие по поверхности доюрского комплекса пород	8	0,39	0,46	-0,39	-0,12	1,00					
		0,20	0,00	0,33	-0,30						
Гипсометрический уровень поверхности доюрского комплекса пород	9	-0,58	0,12	0,33	0,44	0,23	1,00				
		-0,30	0,00	0,33	-0,26	-0,21					
Наличие узла пересечения разломов	10	0,54	0,41	0,10	0,23	0,34	0,36	1,00			
		0,39	0,00	-0,24	0,39	0,11	-0,15				
Плотность линеamentов северо-западного направления	12	0,02	0,12	0,15	0,25	0,42	0,01	0,22	1,00		
		0,14	0,00	0,13	0,23	-0,38	-0,04	-0,04			
Плотность линеamentов субмеридионального направления	13	-0,25	0,49	0,30	0,38	0,20	0,00	0,14	0,21	1,00	
		-0,10	0,00	-0,02	0,32	-0,34	0,13	0,28	0,01		
Плотность линеamentов субширотного направления	14	0,39	-0,39	-0,39	0,26	-0,18	-0,65	0,33	0,25	0,11	1,00
		-0,15	0,00	0,20	0,25	-0,28	0,02	-0,12	-0,02	0,01	

значения, на что указывает слабая корреляционная связь этих параметров между собой (табл. 2). Таким образом, трещиноватость, по-видимому, не может быть определяющим параметром. Однако этот параметр, малоинформативный сам по себе, в совокупности с определяющими и высокоинформативными дает хороший результат с малой ошибкой прогноза нефтеносности.

Наименее информативным оказался такой параметр, как разлом северо-восточного направления. Это неожиданно, так как при региональном прогнозе тектоническая зона северо-восточного направления была в числе определяющих. Этот и ряд других малоинформативных параметров были исключены из комплекса, что привело к улучшению характеристики топологической модели. Подобным образом проанализированы другие параметры, и по результатам обработки нескольких совокупностей в качестве рационального комплекса выбрана совокупность из десяти параметров (табл. 3). Полученный комплекс имеет высокий коэффициент детерминации (0,962), низкую относительную дисперсию (0,034), сравнитель-

Оценки рационального комплекса параметров

Номер параметра	Геологические параметры	Корреляция с классифицирующим признаком	Индекс независимости	Информативность в комплексе	Коэффициент детерминации комплекса
2	Разломы северо-западного направления	0,07	0,46	0,00	0,772
3	Разломы субмеридионального направления	0,57	0,26	0,08	
5	Фации рифогенные	0,17	0,41	0,01	
6	Фации лагунные	0,15	0,39	0,01	
8	Поднятие по поверхности доюрского комплекса пород	0,49	0,24	0,06	
9	Гипсометрический уровень поверхности доюрского комплекса пород (абсолютные отметки)	0,20	0,56	0,02	
10	Наличие узла разломов	0,52	0,27	0,07	
12	Плотность линейментов северо-западного направления	0,17	0,58	0,02	
13	Плотность линейментов субмеридионального направления	0,25	0,56	0,03	
14	Плотность линейментов субширотного направления	0,11	0,63	0,01	

но малую ошибку прогноза (18,4%) и достаточен для решения геологической задачи прогнозирования нефтеносности.

Итак, для обнаружения залежей нефти необходимо учитывать наличие субмеридионального разлома, положительной формы рельефа по поверхности доюрского комплекса пород, гипсометрический уровень поверхности, литолого-фациальный состав пород и др. Участки, отвечающие этим условиям, визуально определить трудно. Поэтому оконтуривание перспективных площадей по выработанному комплексу параметров необходимо осуществлять также с использованием программ комплекса «Поиск».

К сожалению, программы системы «Поиск» пока используются лишь на очень хорошо изученных бурением площадях. Но в общем геолого-разведочном цикле работ имеется поисково-оценочный этап, когда требуется на выявленных при региональных исследованиях перспективных участках определить площади для постановки детальных нефтепоисковых работ. Обычно на этом этапе проводят детальную сейсморазведку, направленную на оконтуривание локальных структур и детализацию их гипсометрии. На исследуемой территории в процессе дешифрирования аэрофото и космоснимков установлено, что локальные поднятия по поверхности доюрского комплекса пород и облегающие их структуры мезозойско-кайнозойского чехла контролируются разломами. Однако, как следует из проведенного анализа, не все разломы благоприятны для перетока углеводородов в поверхностные горизонты земной коры. Низкоинформативными являются разломы северо-западного направления. Структуры, контролируемые ими, как правило, «пустые». Неоднозначно и влияние северо-восточных разломов. Если тектонические зоны северо-восточного направления относятся к числу определяющих при региональном прогнозе, то далеко не каждый отдельно взятый северо-восточный разлом может рассматриваться как благоприятный для нефтегазоперетока. Видимо, необходимо предварительно проводить ранжирование этих разломов по степени информативности. Наиболее информативными на региональном и детальном уровнях исследований оказались субмеридиональные разломы. По-

видимому, они могут стать определяющими и на поисково-оценочном этапе и использоваться при выборе структур для постановки нефтепоисковых работ. Это значит, что из всех локальных структур, выявленных на перспективном участке с использованием аэрофото- и космоснимков или сейсморазведкой, необходимо в первую очередь опосковать структуры, контролируемые субмеридиональными разломами. Но и в пределах таких структур желательнее вначале установить контуры залежи, так как зависимость не является абсолютной. В решении этой задачи наиболее эффективны геохимические методы поисков, которые должны быть определены в зависимости от ландшафтных условий исследуемой территории. Однако дальнейшего изучения заслуживает и проблема более широкого применения программ комплекса «Поиск», в частности на стадии поисково-оценочных работ.

ЛИТЕРАТУРА

- Беляева В. А., Бортникова А. П., Запивалов Н. П., Стогниенко З. Д. Применение ландшафтного метода дешифрирования космических снимков в изучении глубинного геологического строения юга Западно-Сибирской плиты.— В кн.: Геоиндикационный метод дешифрирования. Свердловск, 1983, с. 34—36.
- Запивалов Н. П., Беляева В. А. Возможности выявления структур в доюрских образованиях по аэро- и космическим снимкам на примере южной части Западной Сибири.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6, с. 76—79.
- Хоменюк Ю. В. Методика поэтапного построения прогнозных карт нефтегазоносности в изолиниях адекватности.— Сов. геология, 1974, № 5, с. 23—36.

Л. К. ЗЯТЬКОВА

ДИСТАНЦИОННЫЕ СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Выявление отдельных видов нефтегазоносных неантиклинальных ловушек в различных районах указывает на их приуроченность к погребенным формам рельефа прибрежно-морского и континентального генезиса. Поэтому специалистами различных отраслей нефтегазовой геологии и геофизики разрабатываются методические приемы прогнозирования и выявления неантиклинальных или, как их часто называют, «неструктурных» залежей нефти и газа. Особое значение в совершенствовании методов поисков неантиклинальных залежей имеет палеогеоморфология, рассматривающая связь между тектоникой, рельефом и осадконакоплением. Особенности погребенного рельефа платформ отражают пликативную и дизъюнктивную тектонику, что определяет его характер в осадочном чехле молодых и древних платформ. Незначительные амплитуды такого рельефа обусловлены слабой контрастностью тектонических движений. В подобных условиях затруднена палеогеоморфологическая реконструкция. Поэтому материалы космических фотосъемок дадут дополнительный материал к фактическим данным, полученным геолого-геофизическими исследованиями при разбуривании, и будут способствовать целенаправленной постановке разведочных работ. Так, для нефтяной геологии наибольший интерес представляют погребенные речные системы, выраженные в осадочном чехле отложениями, сформировавшимися в пределах палеодолин, палеодолей юрского, мелового, палеогенового возраста [Мовшович, Кнепель, 1976; Проничева, Саввинова, 1980]. Поиски залежей нефти и газа в неантиклинальных ловушках проводятся в Западной Фергане [Каломазов и др., 1980], в Южном и Западном Узбекистане [Эгамбердыев, 1983], изучаются

зоны возможного развития неструктурных ловушек в верхнедевонских отложениях прибортовой части Прикаспийской впадины [Зорькина, 1980], выявлены ловушки неантиклинального типа и прогнозируется их нефтегазоносность в пределах Среднекуринской и Нижнекуринской впадин Азербайджана [Гаджиев, 1984], составлен специальный альбом-справочник, где рассматриваются условия залегания нефти и газа в неантиклинальных ловушках месторождений различных нефтегазоносных бассейнов мира [Залежи..., 1982; Марковский, 1973].

На основании анализа фактического материала по Западной Сибири выявлено большое число ловушек неантиклинального типа, которые отличаются друг от друга условиями образования, формой и составом [Нестеров, 1976].

В настоящее время накоплен большой опыт экспериментальных и методических исследований, связанных с поисками неантиклинальных ловушек нефти и газа в Западной Сибири [Трапезников и др., 1980].

В качестве основных задач выдвинуты следующие: определение области выклинивания продуктивного пласта; выявление зон литологических замещений песчаных коллекторов глины и зон трещиноватых коллекторов в баженовской свите; обнаружение линзовидных песчаных тел, экранированных глинами; прямое обнаружение углеводородов (УВ) в ловушках неантиклинального типа.

Все больше палеогеоморфологический анализ входит в комплекс методов выявления неантиклинальных ловушек нефти и газа, помогает наметить объекты палеогеоморфологических работ в нефтегазоносных провинциях [Проничева, Саввинова, 1980; Горелов и др., 1982] (рис. 1).

Проблема поисков неантиклинальных ловушек в ряде нефтегазоносных районов требует привлечения новых методов, позволяющих обоснованно рекомендовать локальные участки для поискового бурения. Как известно, основные палеогеоморфологические предпосылки выявления неантиклинальных структур — формирование неструктурных ловушек

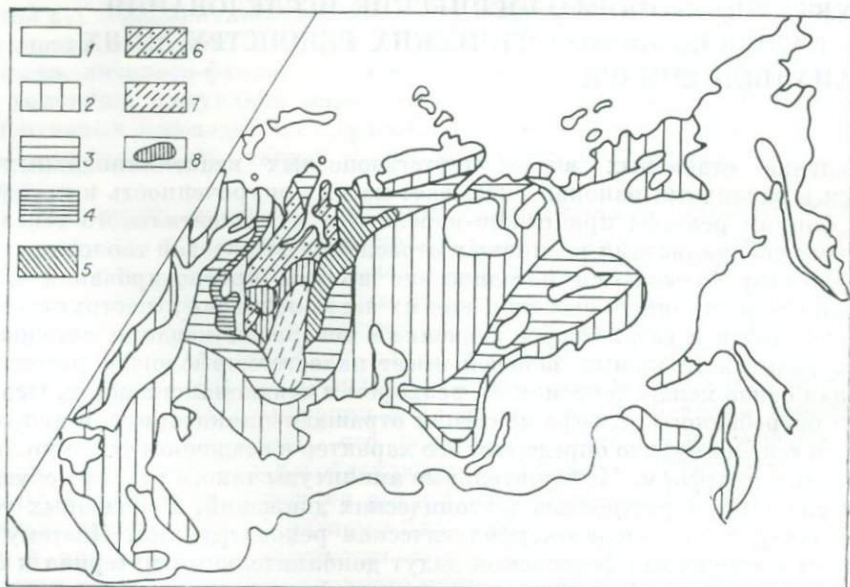


Рис. 1. Упрощенная схема основных условий образования неструктурных ловушек, обусловленных влиянием палеорельефа (по Горелову, Проничевой [1982]).

1 — щиты и складчатые системы; 2 — территории, недостаточно изученные по палеогеоморфологическим условиям формирования неструктурных ловушек нефти и газа; 3 — территории, потенциально перспективные для выделения неструктурных ловушек; 4—8 — территории преимущественного распространения отложений: 4 — поздней юры в береговых валах, авандельтах и других формах подводного рельефа, 5 — средней юры и меловых в озерных котловинах, речных долинах и наземных дельтах, 6 — меловых в древних, погребенных береговых валах, авандельтах, 7 — меловых и среднеюрских в речных долинах и наземных дельтах, 8 — меловых в береговых валах, авандельтах и других формах подводного рельефа, а также ранней и средней юры в эрозионных понижениях древнего погребенного рельефа.

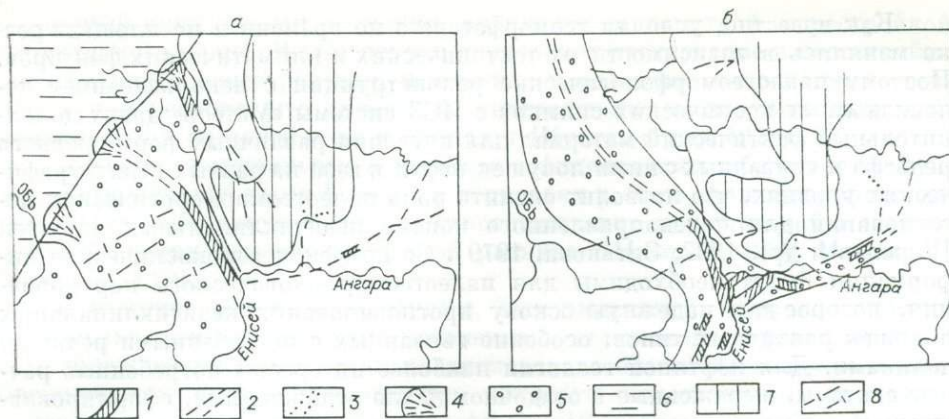


Рис. 2. Схема расположения верхнемеловых (а) и олигоценовых (б) речных долин юго-западной части Средней Сибири (по Кустову и др. [1978]).

1 — фрагменты палеодолин, установленные в процессе детальных работ; 2 — фрагменты палеодолин, намечаемые по косвенным геоморфологическим признакам; 3 — предполагаемые участки палеодолин; 4 — палеодельты; 5 — древние аллювиальные равнины; 6 — верхнемеловой (сенонский) морской бассейн; 7 — область высоких водоразделов; 8 — современный водораздел Обь-Енисейских бассейнов.

(НЛ), связанных с континентальным режимом осадконакопления, и приуроченность их к погребенным поверхностям.

Поиски НЛ тесно связаны с палеогеоморфологическим анализом территории, с изучением морфологии и истории развития древнего рельефа. Восстановление геоморфологических условий прошлого для различных стратиграфических уровней в нефтегазоносных провинциях может служить основой для направленного поиска многообразных типов неантиклинальных ловушек. Материал по этому вопросу обобщен во многих работах [Горелов и др., 1982; Залежи..., 1982; Методы..., 1982; и др.]. В Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции районы распространения НЛ встречаются преимущественно в переходной зоне сочленения Западно-Сибирской плиты и ее обрамления. Известно, что осадконакопление в юрский период было обусловлено рельефом доюрского основания. Продуктивные песчаные пласты верхней юры в Шаимском районе представлены изолированными линзами в эрозионно-тектонических ложбинах на склонах выступов фундамента. Поэтому при дешифрировании космических фотоматериалов особое внимание следует уделять изменению фототональности переходных зон на снимках осенне-весенних съемок. Линия выклинивания коллекторских толщ имеет прихотливые очертания и связана с позднеюрскими абразионно-аккумулятивными берегами. Продуктивные отложения обычно ограничены береговыми уступами. В континентальные этапы юрского и мелового периодов развивались палеодолины и дельты. На Трехозерной, Убинской и других площадях продуктивные пласты приурочены к верховьям палеодолин.

В Среднем Приобье располагалась озерно-аллювиальная равнина, в палеодолинах которой накапливался продуктивный пласт. В пределах Ханты-Мансийской, Надымской впадин долины образовывали обширные дельты [Нестеров, Потеряева, 1971; Ясович и др., 1980].

На юго-востоке Западной Сибири в пределах Нюрольской, Усть-Тымской впадин, Пыль-Караминского вала (в юрское — позднеюрское время) были развиты делювиально-пролювиальные озерно-болотные равнины с долинами крупных рек. Продуктивные отложения накапливались в авандельтах — на обширных морских равнинах, которые представлены цепочками отмелей, намывных островов валанжин-готеривского времени (рис. 2).

На севере Западной Сибири газоносные породы сеномана (верхнемеловые) являются аллювиальными отложениями приморской равнины и образованы в руслах с пологим продольным профилем в условиях гумидного климата [Ландшафтный метод..., 1971].

Как известно, условия геоморфогенеза по времени и по площади резко менялись в зависимости от тектонических и климатических факторов. Поэтому палеогеоморфологические реконструкции с использованием телевизионных космических снимков с ИСЗ системы «Метеор» дадут дополнительный фактический материал для изучения различных форм древнего рельефа и связанных с ними ловушек нефти и газа на разных стратиграфических уровнях, что позволит оценить роль палеогеоморфологических исследований для целенаправленного поиска неантиклинальных ловушек [Горелов и др., 1982; Зяткова, 1979]. Со временем аэрокосмические информации будут необходимы для палеогеоморфологического картирования, которое даст надежную основу прогнозирования неантиклинальных ловушек различных типов, особенно связанных с погребенными речными долинами. Для нефтяной геологии наиболее интересны погребенные речные системы, выраженные в осадочном чехле отложениями, сформировавшимися в пределах палеодолин и палеодельт в меловое и позднелурское время [Эрвье, 1974].

Залежи углеводородов в отложениях погребенных речных систем установлены везде, где проводились нефтепоисковые работы в широком стратиграфическом диапазоне [Мовшович, Кнепель, 1976]. Большинство известных нефтегазоносных погребенных речных систем выявлено по периферии разновозрастных платформ. Поэтому изучение переходных зон и зон сочленения Западной Сибири с Сибирской платформой, с Уралом, Алтае-Саянской горной областью заслуживает особого внимания.

В Западной Сибири большое значение приобретает выявление позднемеловых и палеогеновых древних речных долин, которые часто выделяются на основании космических съемок, особенно мелкомасштабных, где все детали рельефа генерализованы, а по фототону можно определить отдельные участки древних долин и провести реконструкцию древней речной сети.

Фрагменты древних речных долин различных эпох мезозоя и кайнозоя в Приенисейской Сибири описываются на основании литолого-стратиграфических данных [Кустов и др., 1978]. Восстановлены долины главных рек (палео-Енисей, палео-Ангара) и части их притоков, выполненные мощными толщами сероцветного аллювия. С. А. Архиповым, В. В. Вдовиным, В. А. Николаевым, М. П. Нагорским, Р. С. Ильиным, Е. В. Шумиловой и другими исследователями в Западной Сибири установлены фрагменты долин, относящиеся к юре, позднему мелу, олигоцену и неогену.

Однако до настоящего времени нет единого представления о древней речной сети в Западной Сибири. Создалось впечатление о весьма малой ее сохранности в современном рельефе и невозможности восстановить ее рисунок, систему водотоков и историю их образования.

Поисково-разведочные работы 1970—1976 гг., сопровождавшиеся бурением и специализированными геоморфологическими исследованиями, доказали, что древний рельеф в приенисейской части Западной Сибири сохранился в большей степени (см. рис. 2, приложение, фото 1) [Кустов и др., 1978].

Космические фотоматериалы позволяют реставрировать в общем виде историю рельефообразования и формирования позднемеловых и кайнозойских рек [Зяткова, 1979] (рис. 3). В формировании рельефа и речных долин устанавливаются три основных периода. Первый характеризуется возникновением основных структур региона (конец триаса — начало юры до позднемелового периода), ослаблением активности (юра — ранний мел), формированием поверхности выравнивания, деформации которой в дальнейшем привели к возникновению морфоструктур, сохранившихся в современном рельефе Сибирской платформы. Во второй период (позднемеловое — кайнозойское время) отмечаются прерывистые и колебательные движения, эпохи поднятия и опускания. Крупные морфологические структуры развиваются унаследованно, что подтверждает отсутствие серьезных перестроек тектонического плана. Третий (плиоцен — чет-

вертикальный цикл) связан с общим поднятием и заметной перестройкой структурного плана. В этот период происходит расчленение и перестройка образованного ранее рельефа, заложение и развитие современных речных долин региона, что привело к уничтожению в значительной мере речных долин позднего мела и кайнозоя [Кустов и др., 1978].

Древние аллювиальные отложения зафиксированы в бассейне р. Дубчес, в приустьевой части Елогуя, в верховьях р. Тым. Аллювиальные толщи слагают обширную равнину, непосредственно примыкающую к морскому бассейну Западно-Сибирской равнины [Мизеров, 1970; Мартынов, Мизеров, 1979].

В бассейне рек Елогуя, Чулым, Тым выделяются широкие участки палеодельт, литологическим изменением отложений зафиксированные в прибрежно-морских осадках позднемелового бассейна; в целом в прибрежной зоне устанавливаются три крупных палеодельтовых района — палео-Чулым, палео-Енисей, палео-Ангара [Кустов и др., 1978]. Существенная перестройка мезозойско-кайнозойской речной сети Центральной Сибири произошла в плиоцене в связи с распадом Средне-Сибирского поднятия на ряд положительных и отрицательных морфоструктур субширотной ориентировки. Палеодолины отчетливо отражены на телевизионных космических снимках (см. приложение, фото 1).

При выявлении геологических особенностей формирования палеодолин большое значение имеет новый геодинамический подход к дешифрированию космических снимков. Прежде чем дешифрировать космофотоматериалы, следует установить, что отображается на снимках из космоса, какие цели и задачи поставлены перед исследователями, какую информацию лучше использовать при геодинамическом подходе к дешифрированию. Выявленные космофотоизображения могут трактоваться как структуры верхних горизонтов земной поверхности, связанные с новейшими тектоническими движениями, а унаследованное проявление тектонических движений позволяет выявлять отражение глубинных структур в современном рельефе.

Кроме того, на космических снимках наряду с ландшафтными признаками отражается динамика эндогенных и экзогенных процессов, а именно увлажненность, аномалии тепловых полей и т. д. Поэтому очень важно наряду с традиционным ландшафтным методом, основанным на выделении по космическим снимкам ландшафтных индикаторов геологических структур, развивать новый геодинамический подход к дешифрированию космофотоматериалов, учитывающих современное динамическое состояние земной коры [Розанов, 1983]. Такой подход предполагает выявление по космическим снимкам возможных зон динамического сжатия и растяжения земной коры, влияющих на циркуляцию флюидов, меняющих степень увлажнения и интенсивность теплового потока. Степень увлажненности обуславливает плотность фототона на космических снимках.

При геодинамическом подходе ландшафтные признаки не всегда служат индикаторами тектонических структур, а большей частью, как и антропогенные элементы рельефа, маскируют их. Новый геодинамический подход при палеогеоморфологических реконструкциях основывается на широком использовании преобразованных многозональных космических снимков, обработанных на МСП-4 (многозонально-синтезированном проекторе). Цветное кодирование снимков на этом приборе имеет большое значение для геологического дешифрирования. Применение синтезированных снимков (при обработке дубль-негативов МСП-4) в ряде случаев позволяет решать задачу прямого, непосредственного дешифрирования тектонических структур, минуя ландшафтное дешифрирование. Следовательно, для геодинамического подхода к дешифрированию космических снимков необходимы использование инфракрасного и теплового диапазона съемки и анализ вариаций фототона [Розанов, 1983].

Колебание плотности фототона, как поисковый признак для определения структурных особенностей исследуемых регионов, когда темный фон в одних случаях отвечает впадинам, а светлый — поднятиям, может

Рис. 3. Схема развития положительных морфоструктур и степень активизации тектонических движений в Западной Сибири (с использованием палеогеографических карт) [Зятькова, 1979].

1, 2 — области развития морфоструктур: 1 — положительных, выраженных поднятым, денудационным рельефом, 2 — отрицательных, выраженных опусканием аккумулятивных равнин; 3 — границы Западно-Сибирской равнины. Цифры на рисунке — активизация тектонических движений во времени (которая может быть отражена в смене фототона на космических снимках) в связи с изменением палеорельефа, теплового поля, уровня грунтовых вод и других факторов: 1 — средняя юра (J_2), 2 — поздняя юра — начало валанжина (J_2-Cr_1v), 3 — меловая эпоха ($Cr_2mt + d$), 4 — палеоцено (Pg_1), 5 — эоцен (Pg_2), 6 — конец эоцена — ранний олигоцен ($Pg_2 - Pg_3^1$), 7 — средне-олигоценная эпоха (Pg_3^2), 8 — позднеолигоценная эпоха (Pg_3^3), 9 — неоген (N), 10 — ранний плейстоцен — раннечетвертичное время (Q_1), 11 — конец раннего — начало среднего плейстоцена ($Q_1 - Q_2$), 12 — современная эпоха (Q_4).

использоваться в качестве основного индикатора активных тектонических зон. Этот признак открывает широкие возможности для обработки на ЭВМ космической информации, обеспечивающей объективность получаемых результатов, особенно в закрытых районах платформенного типа с мощным чехлом рыхлых отложений.

Преобразования снимков в ВЦ СО АН СССР, сделанные группой под руководством В. П. Пяткина, позволили получить дополнительную информацию по центральной части Западной Сибири (см. фото 2—5). Таким образом, с помощью ЭВМ удается выравнивать, объединять отдельные детали космофотоизображения, которые как бы «просвечиваются» сквозь маскирующие детали ландшафта [Розанов, 1983]. В этом заключается эффективность использования космической информации при структурно-геоморфологическом дешифрировании переходных зон, сочленений молодых платформ и их обрамлений, при выделении палеодолин, древних шельфовых прибрежных зон — возможно, перспективных районов для поиска нефтегазоносных и других полезных ископаемых.

При палеоморфоструктурных реконструкциях переходных зон дистанционные исследования с использованием преобразованных на ЭВМ космических снимков создают надежную основу прогнозирования неантиклинальных ловушек различных типов. Методические приемы выделения неструктурных ловушек предполагают широкое использование материалов телевизионных космических съемок, анализ которых позволит более целенаправленно ставить поиски и разведку ловушек неантиклинального типа в Западной Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

- Астахов В. И., Ероменко В. Я. Методика геологического дешифрирования телевизионных космических снимков (на примере платформенных областей Сибири). — В кн.: Применение дистанционных методов при геологических исследованиях. Л.: изд. ВСЕГЕИ, 1978, с. 5—37.
- Гаджиев Ф. М. Неантиклинальные ловушки Среднекуринской впадины и их нефтегазоносность. Автореф. канд. дис. — Баку, 1984. — 16 с.
- Горелов С. К., Проничева М. В., Саввинова Г. Н. Палеогеоморфологические условия формирования неантиклинальных ловушек нефти и газа на территории СССР. — Геоморфология, 1982, № 2, с. 31—43.
- Залежи нефти и газа в ловушках неантиклинального типа. (Альбом-справочник)/Под ред. В. В. Семеновича. — М.: Недра, 1982. — 189 с.
- Зорькина В. А. Зоны возможного развития неструктурных ловушек в верхнедевонских отложениях прибортовой части Прикаспийской впадины. — М., 1980, с. 1—8. (Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование. Вып. 2).
- Зятькова Л. К. Структурная геоморфология Западной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1979. — 198 с.
- Каломазов Р. К., Коробка В. С., Вархударьян А. А. и др. Перспективы поисков залежей нефти и газа в неантиклинальных ловушках Западной Ферганы. — М., 1980, с. 1—12. (Обзор ВИЭМС. Геология, методы поисков и разведки месторождений нефти и газа. Вып. 4).
- Кирюхин В. А. Гидрология молодых платформ (Западно-Сибирская и Приаральская артезианские области). — Л.: изд. Горного института, 1982. — 63 с.
- Кустов Ю. Е., Левина А. П., Лейциг А. В. Позднемеловые и палеогенные речные долины Приенисейской Сибири и их бокситоносность. — Геоморфология, 1978, № 4, с. 41—51.

- Ландшафтный метод дешифрирования проявлений новейшей и современной тектоники для поисков погребенных нефтегазоносных структур**/Мирошниченко В. П., Березкина Л. И., Леонтьева Е. В., Толчельников Ю. С.— Л.: Наука, 1971.— 115 с.
- Марковский Н. П.** Палеогеографические основы поисков нефти и газа.— М.: Недра, 1973.— 180 с.
- Мартынов В. А., Мизеров Б. В.** Эволюция речной сети Западной Сибири в кайнозое.— В кн.: История развития речных долин и проблемы мелиорации земель (Западная Сибирь и Средняя Азия). Новосибирск: Наука, 1979, с. 178—183.
- Методы поисков неантиклинальных залежей углеводородов на Украине.**— М.: Недра, 1982.— 228 с.
- Мизеров Б. В.** Этап современного преобразования рельефа.— В кн.: Западная Сибирь. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1970, с. 198—204.
- Мовшович Э. Б., Кисель М. Н.** Методы выявления погребенных речных систем в связи с поисками нефти и газа.— М., 1976.— 61 с. (Обзор. ВИЭМС. Геология, методы поисков и разведки месторождений нефти и газа).
- Нестеров И. И.** Программа подготовки запасов нефти в северных районах Западной Сибири в отложениях баженовской свиты и ловушках неантиклинального типа.— В кн.: Труды ЗапСибНИГНИ. Вып. 110. Тюмень, 1976, с. 5—16.
- Нестеров И. И., Потеряева В. В.** Региональные геологические условия, контролирующие формирование крупных месторождений нефти и газа.— Геол. нефти и газа, 1971, № 10, с. 1—5.
- Проничева М. В., Саввинова Г. Н.** Палеогеоморфологический анализ нефтегазоносных областей.— М.: Недра, 1980.— 253 с.
- Розанов Л. Н.** Основы структурно-геологического дешифрирования космических снимков равнинных платформенных областей.— М., 1983.— 26 с. (Обзор. ВИЭМС. Общая и региональная геология, геологическое картирование).
- Трапезникова Н. А., Гребнева И. Л., Блюменцвайг В. И.** Применение сейсморазведки для прогнозирования нефтегазоносных ловушек неантиклинального типа в условиях Западной Сибири.— М., 1980.— 35 с. (Обзор. ВИЭМС. Региональная, разведочная и промысловая геофизика).
- Эгамбердыев М.** Литолого-фациальные критерии прогноза неантиклинальных ловушек и нефтегазоносность платформенных отложений мезозоя и палеогена (Южный и Западный Узбекистан). Автореф. докт. дис.— Новосибирск, 1983.— 32 с.
- Эрвье Ю. М.** Дельтовые отложения на Нижневартовском своде.— Нефтегазовая геология и геофизика, 1974, № 11, с. 20—25.
- Ясевич Г. С., Мясникова Г. П., Архипов С. А. и др.** Типы погребенного рельефа и их роль в формировании ловушек нефти и газа в продуктивных мезозойских отложениях Западной Сибири.— В кн.: Палеогеоморфологические методы в нефтяной геологии. М.: изд. ВНИГНИ, 1980, с. 121.

Б. М. ГУЩИН

ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТАХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

Мощная толща мезо-кайнозойских отложений, сложенная терригенными породами различного генезиса, вплоть до отложений палеогена, унаследовала структурные элементы гетерогенного эпигерцинского фундамента блокового строения. Структуры чехла подразделяются на три порядка: I — моноклизы, своды, мегавалы, выступы, мегавпадины, мегапрогибы, II — куполовидные поднятия, валы, структурные носы, впадины, прогибы, III — локальные поднятия и прогибы. В нижней части разреза амплитуды положительных структур, как и отрицательных, достигают 600 м. Вверх по разрезу амплитуды существенно уменьшаются, в среднем примерно в 10 раз. Тектонические движения конца эоцена и особенно олигоцен-неогена привели к перестройке тектонического плана, общему подъему территории и последующей денудации.

К настоящему времени методом площадной сейсморазведки выявлены структуры I и II порядков, а также более или менее крупные локальные

структуры. Как известно, практически все месторождения Центральной тектонической области сосредоточены в локальных структурах, дальнейший прирост запасов здесь возможен за счет пополнения фонда малоамплитудных структур. Геофизические методы, весьма дорогие и трудоемкие, не позволяют охватить детальными исследованиями огромные площади Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Опыт нефтегазопоисковых работ на закрытых территориях показал перспективность использования материалов дистанционных съемок для оперативного выявления перспективных площадок и локальных структур.

С 1982 г. Киевский отдел Института геологии и разработки горючих ископаемых в целях получения единой рациональной методики использования аэрокосмических снимков при поисках нефти и газа проводит полигонные исследования в пределах наиболее типичной для Центральной тектонической области территории, охватывающей большую часть Нижневартовского свода, центральную часть Александровского мегавала и разделяющую их часть Колтогорского мегапрогиба. Материалы этих работ, а также анализ опыта предшествующих исследователей (В. И. Астахова, В. М. Дралова, Ю. А. Дудко, В. П. Еремина, Л. К. Зятьковой, О. С. Мартынова, В. Л. Недочетова и др.) позволили автору наметить возможные направления интерпретации дистанционной информации.

Исходным пунктом сделанных обобщений является положение о возможности опосредованно судить о глубинном строении. Задача дистанционных исследований сводится к поиску признаков проявления структур в ландшафте, фиксированных на фотоматериалах. Эти признаки названы ландшафтными индикаторами, или геоиндикаторами. С определенной долей условности мы разделяем их на линейные и площадные.

Линейные индикаторы представлены в основном спрямленными границами элементов ландшафта и участками с аномальными элементами и характеристиками эрозийной сети. Площадными индикаторами служат структурно-обусловленные особенности взаиморасположения элементов ландшафта, имеющих обычно более или менее изометричные очертания. Такими элементами ландшафта являются лесные массивы, заболоченные и заозеренные площади, аномально приподнятые и опущенные участки в пределах однотипных геоморфологических уровней.

Снимки одной и той же площади, но разномасштабные из-за неодинаковой степени генерализации изображения ландшафтов и индикаторов, несут различную информацию.

На обзорных снимках площадные индикаторы позволяют выделять участки с различным фотоизображением (фотоструктурой и фототонном), линейные индикаторы отражают линеаменты и кольцевые структуры. Участки с различным фотоизображением выделяются в качестве геоблоков, при этом принимается, что они представляют собой тектонические блоки разной активности, разделенные разрывными нарушениями. Рисунок линеаментной сети несет информацию о разломной тектонике, но иногда его можно использовать для отрисовки контуров пликативных деформаций; за основу принимается положение о максимальном сгущении линеаментов в участках наибольших напряжений — сводовых частях структур и их периклиналях.

В настоящее время для территории Западной Сибири в общих чертах установлена связь зон различной тектонической активности с размещением нефтяных и газовых месторождений. Н. А. Ласточкин [1974] считает, что структурные ловушки в Западной Сибири дооформились или полностью образовались в неоген-антропогене. А. Э. Конторович, И. И. Нестеров, Ф. К. Салманов и др. [Геология..., 1975] предполагают, что формирование первичных залежей нефти в юрских отложениях Среднеобской области происходило в позднемиловое время, в несокомских — в середине позднего мела и достигло максимума в олигоцене — неогене. Допускается возможность продолжения процессов формирования залежей нефти в настоящее время. Логическим выводом является то, что выделенные на обзорных снимках геоблоки с однотипным фотоизображением,

будучи элементами со сходным неотектоническим режимом, могут характеризоваться и общими чертами нефтегазонакопления.

Разрывные нарушения и зоны трещиноватости, фиксируемые на снимках линейными индикаторами, могут служить путями миграции углеводородов, создавать условия для формирования тектонически экранированных залежей, влиять на коллекторские свойства; не исключено также, что глубинные разломы линейных и кольцевых структур выступают в качестве подводящих каналов глубинного тепла, необходимого для активизации процессов нефтеобразования.

Существование разрывных нарушений в мезо-кайнозойской толще Западно-Сибирской плиты длительное время отрицалось, нет единства во взглядах на их наличие и роль в размещении залежей углеводородов и сейчас. По данным А. Н. Ласточкина [1974], в Западной Сибири к активным разломным зонам приурочены многочисленные месторождения нефти и газа. Наряду с этим В. Д. Наливкин, З. Я. Кац, В. С. Лазарев, Г. П. Сверчков, Н. В. Шаблинская [1971] отмечают нечеткость связи между размещением месторождений в региональном плане и распределением разрывных нарушений. Г. Х. Дикинштейн, С. П. Максимова, В. П. Семенович [Нефтегазоносные провинции..., 1983, с. 125] указывают: «Дизъюнктивная тектоника слабо повлияла на типы выявленных залежей, практически все они связаны с ненарушенными ловушками».

Региональные снимки по генерализации ландшафтов и индикаторов занимают промежуточное положение между обзорными и детальными.

На детальных снимках для выделения разрывных нарушений и очертывания локальных структур Центральной тектонической области можно в полной мере использовать линейные и площадные индикаторы. Линейные индикаторы разрывных нарушений выражены аномальными элементами эрозионной сети, представленными спрямленными участками ее, взаимной параллельностью и перпендикулярностью ориентировок рек, резкой сменой типов меандрирования русел рек, резкими поворотами русел (колениобразный изгиб), прямолинейными уступами речных террас, резкими переломами и перепадами продольных профилей рек, деформациями речных террас. К этим же индикаторам относятся прямолинейные границы ландшафта или ориентация отдельных его элементов, когда наблюдаются: прямолинейная граница смены растительных сообществ, густоты, высоты и видового состава растительного покрова; системы одинаково ориентированных прямолинейных границ заболоченных массивов; участки линейно ориентированных островов в пределах болотных массивов; прямолинейные участки границ болот; разгрузка водотоков вдоль прямой линии; линейно вытянутые цепочки озер удлиненой и неправильной формы; строго ориентированные прямолинейные береговые линии озер.

Уже накоплен опыт использования линейных индикаторов для выделения локальных структур, большинство их представлено аномальными элементами и характеристиками эрозионной сети. Вопросам обоснованного привлечения площадных индикаторов для этих же целей уделено недостаточно внимания, при этом следует отметить, что еще в 1961 г. Л. К. Зятькова указывала на индикационные возможности грядово-мочажинных болот.

Площадные индикаторы, ввиду широкого территориального проявления, наиболее универсальны при выявлении локальных структур Центральной тектонической области Западно-Сибирской плиты. Из-за значительной выровненности территории и недостаточной детальности имеющих топографических материалов использование традиционных морфометрических построений для обнаружения участков чрезвычайно слабого проявления неотектонической активности здесь неприемлемо. Своеобразным индикатором относительных превышений местности, предположительно являющихся следствием неотектонических движений, служит уровень грунтовых вод, показателем его уклонов — степень дренированности отдельных участков. Уровень и режим грунтовых вод определяют ланд-

шафтную структуру территории, которая таким образом опосредованно индицирует глубинное строение.

Определенная закономерность в расположении лесоболотных микроландшафтов, покрывающих, за исключением пойм р. Оби и ее крупных притоков, практически всю Центральную тектоническую область, дает четкую картину приподнятых и опущенных участков, а также характеризует градиенты уклонов. Анализ закономерностей смены этих показателей позволяет делать вероятные построения, намечая участки возможных локальных поднятий.

Наиболее приподнятые и дренированные участки изучаемой территории покрыты автоморфными* лесами, характеризующимися, в связи с низким уровнем грунтовых вод, высокобонитетным сомкнутым древостоем, дающим на снимках темный крупно- и густозернистый рисунок. По мере понижения территории и повышения уровня грунтовых вод автоморфные сухие леса сменяются влажными, вытесняясь далее гидроморфными. В начальном (по степени заболоченности) ряду гидроморфных лесов находятся леса заболоченные, дающие на снимках более мелкую и разреженную зернистость, а также более светлую окраску по сравнению с сухими автоморфными лесами. Крайний член этого ряда — леса болотные, являющиеся переходными к болотному ряду, на снимках они отображаются еще более мелкой и разреженной зернистостью со светлым просвечивающим фоном почвенного покрова. Следует отметить, что сухость наиболее повышенных участков леса делает их более предрасположенными к пожарам и повреждаемости энтомовредителями, что четко отражается на снимках. Более пониженные участки с близко расположенным уровнем грунтовых вод опознаются и при стереоскопическом изучении высоты деревьев. Так, понижение рельефа всего на 0,5 м сказывается на понижении древостоя на 4—5 м по сравнению с прилегающим суходолом.

По мере дальнейшего понижения территории, повышения уровня грунтовых вод и ухудшения дренажа происходит смена гидроморфных лесов олиготрофными (верховыми) болотами, среди которых смена болотных микроландшафтов происходит в направлении от лесов болотных (именуемых также лесными болотами) к мохово-лесным, моховым редко облесенным, травяным, комплексным.

На фоне общего развития болот воздымающиеся участки, особенно их склоны, характеризуются распространением начального ряда болотных микроландшафтов и общим сокращением площади болот. Мохово-лесные и моховые редко облесенные болота, распространенные здесь, на снимках отображаются светлым фототонном с очень редкой зернистостью, создаваемой разреженной древесной растительностью.

Наиболее распространены на исследуемой территории комплексные болота, представленные в направлении уменьшения относительного уклона подстилающей поверхности или же уменьшения дренажа последовательным рядом микроландшафтов — грядово-мочажинных, грядово-мочажинно-озерковых, грядово-озерковых. Эти микроландшафты легко опознаются на снимках по полосчатому рисунку, обусловленному чередованием белесоватых полос гряд, темно-серых мочажин и очень темных озер. На склонах положительных структур преобладают грядово-мочажинные микроландшафты, гряды ориентированы перпендикулярно направлению уклона подстилающей поверхности. Расстояние между грядами тем меньше, чем круче уклон и интенсивнее дренаж. При выполаживании уклонов площади мочажин возрастают, появляются вторичные озера. Мелкие озера имеют форму вытянутых полос и ориентированы так же, как и грядово-мочажинный комплекс, — перпендикулярно линии наибольшего стока. По мере возрастания размеров они сначала приобретают округлую, а затем и вытянутую в направлении линии максимального уклона поверх-

* Используемая в статье терминология лесных и болотных комплексов заимствована из работ С. М. Горожанкиной, В. Д. Константинова [1983] и Е. А. Романовой [1976].

ности форму. Локальные поднятия и особенно склоновые части характеризуются малочисленностью озер и их деградацией, наклоном и асимметрией озерных котловин с террасированием берегов на участке, прилегающем к поднятию, и разрушением в направлении общего уклона; днища спущенных озер зарастают лесом.

Опущенные участки, отвечающие обычно отрицательным структурам, отличаются широким площадным развитием озерных и мочажинных болот. Заозерность увеличивается, мелкие озера объединяются в крупные водоемы, озерные пляжи исчезают под поверхностью воды.

Лесоболотные комплексы, являясь универсальными индикаторами в пределах террас и водоразделов Центральной тектонической области, практически отсутствуют в поймах крупных рек. Здесь площадные индикаторы представлены аномально приподнятыми и опущенными участками, которые опознаются при стереоскопическом изучении аэроснимков или просмотре радиолокационных снимков; на последних более пониженные участки, характеризующиеся повышенной увлажненностью, имеют темный фототон. Следует иметь в виду, что встречающиеся здесь островки и гряды древесной растительности приурочены к возвышенным или дренированным площадям.

Конечным результатом изучения детальных снимков должна стать ландшафтно-индикационная карта с откартированными носителями линейных и площадных индикаторов — эрозивной сетью, приподнятыми и опущенными участками пойм крупных рек, лесоболотными микроландшафтами. В эрозивной сети должны выделяться участки с аномальными элементами и характеристиками. Среди площадей, занятых лесоболотными комплексами, необходимо картировать авто- и гидроморфные леса, микроландшафты болотные лесные, мохово-лесные, моховые редко облесенные, травяные, комплексные. Комплексные болотные микроландшафты предстоит дифференцировать более подробно по соотношению площадей, занятых грядовыми, мочажинными и озерными составляющими. Очевидно, нужно упорядочить терминологию комплексных болот по аналогии с терминологией, используемой в геологии, т. е. в конце наименования ставить преобладающий компонент; в этом случае, например, грядово-мочажинный микроландшафт при преобладании грядовой составляющей должен называться мочажинно-грядовым и т. д. Комплексные болота, откартированные на ландшафтно-индикационной карте, могут также дополняться схемами течения болот, целесообразность использования которых при структурных построениях в нефтегазопонсковых целях показал О. С. Мартынов [1981].

Ландшафтно-индикационная карта является основным документом, позволяющим производить вероятностные построения тектонических и структурных элементов нефтегазоносных площадей Центральной тектонической области Западно-Сибирской плиты, дальнейшее уточнение которых предстоит производить детальными традиционными геолого-геофизическими исследованиями.

ЛИТЕРАТУРА

- Геология нефти и газа Западной Сибири/Конторович А. Э., Нестеров И. И., Салманов Ф. К. и др.— М.: Недра, 1975.— 680 с.
- Горожанкина С. М., Константинов В. Д. Растительный покров как дешифровочный признак гидроморфности ландшафта.— В кн.: Космические методы изучения природной среды Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1983, с. 63—74.
- Зятькова Л. К. Геолого-геоморфологические методы выявления локальных структур. Центральная часть Западно-Сибирской низменности.— Новосибирск: изд. РИО СО АН СССР, 1961.— 77 с.
- Ласточкин А. Н. Неотектонические движения и размещение залежей нефти и газа.— Л.: Недра, 1974.— 64 с.
- Мартынов О. С. Болотные ландшафты — индикаторы прогнозируемых тектонических структур Среднего Приобья.— В кн.: Дистанционные методы при нефтегазопонсковых работах. М.: изд. ИГиРГИ, 1981, с. 105—114.

- Паливкин В. Д., Кац З. Я., Лазарев В. С., Сверчков Г. П., Шаблинская Н. В. Тектонические структуры. — В кн.: Труды ВНИГРИ. Вып. 295. Л., 1971, с. 35—87.
- Нефтегазопосные провинции СССР. Справочник/Под ред. Г. Х. Дикинштейна, С. П. Максимова, В. В. Семеновича. — М.: Недра, 1983, с. 114—134.
- Романова Е. А. Общая характеристика болотных ландшафтов. — В кн.: Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. Л.: Гидрометеоиздат, 1976, с. 19—46.

Д. М. ДАНИЛЕВСКАЯ, А. Я. ХОДОРОВСКИЙ

УТОЧНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПЛИТЫ ПО АЭРОКОСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Для уточнения геологического строения и нефтегазоносности Тимано-Печорской провинции (ТПП) и прилегающих районов Урала и Русской плиты использовались телевизионные космические снимки (КС) с искусственных спутников Земли серии «Метеор», полученные в 1978—1982 гг. в разное время года.

Районирование ТПП основывалось на совместном анализе рисунка фотоизображения и плотности фототона, изменения которых определялись перемещениями по древним тектоническим структурам [Розанов, 1980, 1981; и др.].

По прямолинейным границам полей различного фототона, линейным аномалиям фототона, линейному расположению микроформ рельефа, прямолинейным отрезкам речных долин и другим признакам выделялись линейные элементы ландшафта. Геологическая природа линеаментов ландшафта, отдешифрованных на КС, установлена на основе их пространственного совпадения с разломами, выделенными геолого-геофизическими методами. Кроме линейных структур, на КС были отдешифрованы кольцевые структуры различных размеров, которым отвечают аномалии ландшафта кольцевой и овальной формы. Механизм образования кольцевых структур, вероятно, различный [Артамонов, Востоков, 1981; Трофимов, 1981; и др.]. В одних случаях они отвечают пликативным структурам кристаллического основания, в других приурочены к узлам пересечения разнонаправленных разломов или отражают другие структуры. Мы остановимся на изложении только новых данных по строению ТПП, полученных в результате дешифрирования КС.

Анализ изменчивости рисунка фотоизображения и плотности фототона позволил выделить три мегаблока — Северный, Восточный и Западный, границы между которыми в большинстве случаев прямолинейные и достаточно четкие (см. рисунок).

Северный мегаблок включает северную часть Ижма-Печорской впадины, Печоро-Кожвинский авлакоген, Хорейверскую и Коротайхинскую (частично) впадины. Мегаблок характеризуется однородным светло-серым фототонам и кольцевым рисунком фотоизображения. В ландшафте кольцевое строение мегаблока подчеркивается разными признаками: на севере — четко выраженными эрозионными уступами, на юге — дугообразным изгибом Печоры. Кольцевое строение блока проявилось и в распределении четвертичных отложений [Карта..., 1973]. В центральной части выделяются кольцевые аномалии более высокого порядка, выразившиеся в повышенной концентрации мелких озер. Наиболее четко кольцевое строение мегаблока обнаруживается в его центральной части (Хорейверская впадина, Колвинский мегавал) и значительно слабее — в западной и восточной. Вероятно, кольцевая структура мегаблока определяется крупным куполовидным поднятием по поверхности кристаллического фундамента [Структура..., 1982]. Связь со структурами осадочного чехла, для которых характерны северо-западные простирания, не установлена.

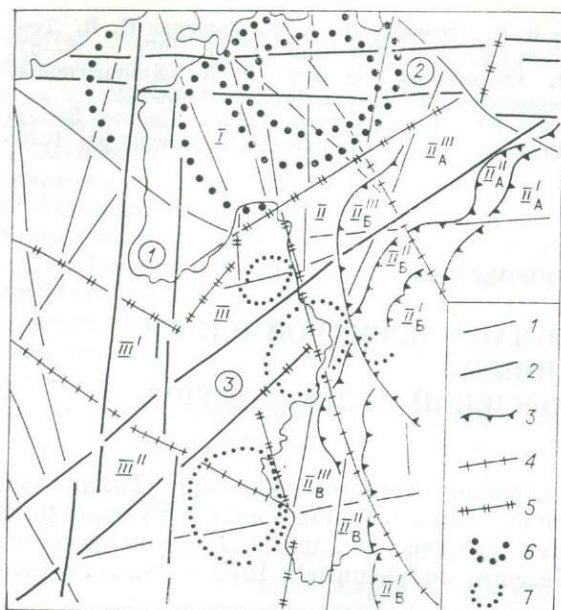


Схема районирования Тимано-Печорской провинции по космическим снимкам.

1 — разломы; 2 — краевые нарушения зон разломов; 3 — надвиги; 4, 5 — разломы, определившие границы: 4 — областей, 5 — мегаблоков; 6, 7 — кольцевые структуры: 6 — первого, 7 — второго порядков; I — III — мегаблоки: I — Северный, II — Восточный (II' — зона Урал-Тау и II'' — краевых дислокаций, II''' — Предуральский прогиб, II_А — II_А — северный, II_Б — II_Б — центральный и II_В — II_В — южный районы мегаблока), III — Западный (III' — северная и III'' — южная области). Цифры в кружках — зоны разломов: 1 — линия Архангельского, 2 — Полоусненско-Воркутинский линеамент, 3 — Балларско-Котласский линеамент.

В процессе дешифрирования КС в пределах мегаблока были выделены многочисленные разрывы северо-западного простирания, совпадающие с разрывами, установленными геолого-гео-

физическими методами. Впервые обнаружена субширотная зона разломов с четкими краевыми разломами. Она является западным продолжением Полоусненско-Воркутинского регионального линеамента, выделенного В. А. Бушем [1983].

Разломы не расчленяют Северный мегаблок на структуры более высокого порядка, различающиеся по фотоизображению. Строение территории определяет кольцевая структура. Такие структуры присущи районам с унаследованным развитием, перспективным на обнаружение скоплений углеводородов.

Восточный мегаблок включает Предуральский передовой прогиб, зону краевых дислокаций и Центрально-Уральское поднятие (зона Урал-Тау) Уральской складчатой системы, а также юг Тиманского кряжа и Ижма-Печорской впадины. В пределах мегаблока преобладает серый и темно-серый фототон с полосовым и ветвистым рисунком фотоизображения. Особенностью мегаблока, устанавливаемой по мелкомасштабным КС, является дугообразный рисунок фотоизображения. Выделяются две крупные дуги, одна из которых располагается в пределах Полярного Урала и прилегающей части Предуральского прогиба, а другая захватывает Северный и Приполярный Урал и прилегающую часть Предуральского прогиба.

В строении мегаблока четко проявилась широтная зональность и менее четко — меридиональная. На востоке располагается область с наиболее светлым фототонном и ветвистым рисунком фотоизображения, пространственно совпадающая с Центрально-Уральским поднятием (зоной Урал-Тау). Западнее располагается область с серым, темно-серым фототонном и линейным рисунком фотоизображения. Пространственно эта область совпадает с зоной краевых дислокаций. Еще западнее располагается область с серым и темно-серым фототонном и слабо проявленным рисунком фотоизображения. Она совпадает с Предуральским прогибом и прилегающими районами Тимано-Печорской плиты.

По фотоизображению каждая из выделенных областей делится на северный, центральный и южный районы. Границы районов в пределах разных областей совпадают (см. рисунок). Северный район в зоне Урал-Тау характеризуется светло-серым фототонном с мелковетвистым рисунком фотоизображения, в зоне краевых дислокаций фототон светло-серый со слабо проявленным линейным рисунком, а в Предуральском прогибе и прилежащих районах — серый, светло-серый со слабым дугообразным

рисунком. Центральный район отличается светло-серым фототонном с крупноветвистым рисунком в зоне Урал-Тау и серым фототонном с хорошо выраженным рисунком в зоне краевых дислокаций. В пределах Предуральского прогиба центральный район имеет серый фототон с четко выраженным дугообразным рисунком. Фототон южного района в зоне Урал-Тау серый с нечетким ветвистым рисунком, в зоне краевых дислокаций — серый, темно-серый с очень слабым полосовым рисунком. А в пределах Предуральского прогиба и прилегающих районов юга Ижма-Печорской впадины и Тиманского кряжа фотоизображение характеризуется чередованием площадей со светло-серым, серым и темно-серым фототонном и отсутствием рисунка фотоизображения.

Важную роль в строении Восточного мегаблока играют разноориентированные разломы. Большинство выявленных на КС разломов подтверждаются данными геолого-геофизических исследований. Среди разломов отмечены прямолинейные, вероятно, крутопадающие разломы преимущественно северо-западного простирания и дугообразные разрывы, отвечающие надвигам.

Крупные разрывы северо-западного простирания пересекают Уральскую складчатую систему и уходят на территорию Тимано-Печорской и Западно-Сибирской плит. По этим разломам фиксируется смещение границ Центрально-Уральского поднятия. Широко развиты надвиги, преимущественная ориентировка которых субмеридиональная и северо-восточная, совпадающая с простиранием основных тектонических структур. Границы между зоной Урал-Тау, зоной краевых дислокаций и Предуральским прогибом определялись надвигами.

Судя по материалам КС, надвиги наиболее широко развиты в районах, которые прилегают к области сочленения Северного и Полярного Урала, где амплитуда смещения по секущим Урал разломам максимальная (см. рисунок).

Западный мегаблок включает Тиманский кряж, Ижма-Печорскую впадину и прилегающие участки Русской плиты. Он характеризуется весьма неоднородным фототонном, рисунком фотоизображения встречается редко и, как правило, нечеткий.

По особенностям фотоизображения мегаблок разбивается на две крупные области — северную и южную. В пределах северной области тон фотоизображения светло-серый и серый, несколько более темный, чем в Северном мегаблоке. Рисунок фотоизображения ветвистый и встречается не повсеместно. По резкому изменению плотности фототона область делится на ряд более мелких блоков, границы между которыми прямолинейные. Южная область, включающая Тиманский кряж, Ижма-Печорскую впадину, а также прилегающие районы Русской плиты, характеризуется темно-серым и серым фототонном, выдержанным по площади. Рисунок фотоизображения отсутствует. Различия в плотности фототона позволяют выделить в пределах области отдельные более мелкие блоки, границы между которыми четкие, прямолинейные.

Важную роль в строении Западного мегаблока играют многочисленные разноориентированные крутопадающие разрывы, расчленяющие северную область на относительно небольшие по размерам блоки, а южную — на значительно более крупные. Наиболее крупной разрывной структурой в пределах мегаблока является зона разломов северо-восточного простирания с четко выраженными краевыми разломами. Эта зона расположена на продолжении Балеарско-Котласского линеамента [Буш, 1983].

На изучаемой площади установлено несколько кольцевых структур, значительно меньших по размерам, чем кольцевая структура Северного мегаблока. Располагаются они часто несогласно с границами известных тектонических элементов, а иногда приурочены к узлам пересечения разноориентированных разломов (см. рисунок).

Дешифрирование КС позволило выделить крупную меридиональную зону разрывов, пересекающую Северный и Западный мегаблоки, совпа-

дающую с меридиональным отрезком нижнего течения Печоры. Зона разломов расчленяет территорию провинции на западную, относительно приподнятую, часть, сложенную более древними породами, и восточную, относительно опущенную. Западная и восточная части провинции, по-видимому, развивались неодинаково, о чем свидетельствуют различия в характере осадочных и интрузивных пород. Непосредственным продолжением выделенной структуры к югу является региональная зона разломов, проходящая по линии Сыктывкар — Куйбышев — Астрахань и совпадающая с зоной минимумов магнитного поля. Это структура очень глубокого заложения, проявившаяся на карте регионального магнитного поля [Круглякова, 1968]. Еще А. Д. Архангельский [1948] предполагал в этом районе наличие тектонической границы, впоследствии названной линией Архангельского.

Таким образом, районирование Тимано-Печорской провинции по плотности фототона и рисунка фотоизображения позволило выделить три мегаблока, различающихся по строению и составу кристаллического фундамента, их нефтегазоносности.

ЛИТЕРАТУРА

- Артамонов М. А., Востоков Е. М. О кольцевых структурах Балтийско-Скандинавского района. — Изв. вузов. Геол. и разв., 1981, № 3, с. 44—51.
- Архангельский А. Д. Геологическое строение и геологическая история СССР. Т. II. — М.: Госгеолтехиздат, 1948. — 290 с.
- Буш В. А. Система трансконтинентальных линеаментов Евразии. — Геотектоника, 1983, № 3, с. 15—31.
- Карта четвертичных отложений СССР м-ба 1 : 2 500 000/Гл. ред. Г. С. Гашенин. — М. изд. ГУГК, 1973.
- Круглякова Г. И. Анализ пространственного распределения геомагнитного поля востока Русской платформы и сопредельных областей Урала. — В кн.: Глубинное строение Урала. М.: Наука, 1968, с. 134—138.
- Розанов Л. Н. О геологической природе фототона на космоснимках. — Сов. геология, 1980, № 7, с. 100—106.
- Розанов Л. Н. Динамика формирования тектонических структур платформенных областей. — Л.: Недра, 1981. — 140 с.
- Структура платформенного чехла Европейского Севера СССР/Под ред. В. А. Дедеева. — Л.: Наука, 1982. — 240 с.
- Трофимов Д. М. Глубинная структура Восточно-Европейской платформы. — Изв. вузов. Геол. и разв., 1981, № 3, с. 21—30.

Ю. М. МАЛЬЦЕВ, А. К. МРРТЫЧЬЯН

КОСМОФОТОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ В ПОМОЩЬ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫМ РАБОТАМ НА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЕ

(на примере Космофотогеологической карты
Байкитской антеклизы)

В последние годы для изучения геологии нефтегазоносных территорий постоянно привлекаются космические снимки (КС). Интересные результаты получены для регионов с относительно простым геологическим строением и молодыми отложениями, где установленные при дешифрировании КС фотоаномалии отражают локальные структуры. Однако в большинстве районов страны (Западно-Сибирская плита, Прикаспий, восточная часть Европейской платформы и др.) космические исследования не позволяют непосредственно выявить локальные структуры, а способствуют только установлению структурно-тектонических особенностей территории или изучению закономерностей распространения месторождений нефти и газа [Боровский и др., 1980; Волчегурский, Пронин, 1982; Трофимов, Дмитриев-

ва, 1981; Пятницкий, 1981; и др.]. Отсутствие критериев выделения локальных структур по прямым признакам вынуждает исследователей искать другие пути, в частности использовать статистические методы [Богацкий, Витязь, 1976; Витязь, 1982].

С целью применения новой информации для нефтегазопоисковых работ было проведено космофотогеологическое картирование (КФГК) масштаба 1 : 500 000 Байkitской антеклизы. В 1980 г. на основе дешифрирования телесканерных снимков составлена Космогеологическая карта Красноярского края и Тувинской АССР м-ба 1 : 1 500 000 [Мальцев, Мкртычян, 1983]. Байkitская антеклиза расположена в западной части Сибирской платформы. По мнению Д. В. Накарякова с соавторами [1980], она включает Камовский и Сурингдаконский своды и Бахтинский выступ и с запада и юго-запада окаймляется Нижне-Тунгусским и Терянским прогибами. В последнее время под Байkitской антеклизой понимают только структуры междуречья Ангары и Подкаменной Тунгуски [Тектоническая карта..., 1982]. Основные структуры фанерозоя в целом конформны структурам рельефа поверхности кристаллического фундамента (см. рисунок).

Возможность изучения геологических объектов с помощью КС определяется степенью дешифрируемости территории, что, в свою очередь, зависит от ее ландшафтных особенностей. Байkitская площадь сплошь задернована и залесена. Однако хорошо дешифрируются линеаменты, отражающие разрывы, устанавливаются их морфология, соотношение зон разломов, морфология выполняющих зоны интрузивных тел. По геометрическим признакам и особенностям фотоизображения предварительно определяется ранг линеаментов. Проявленность разломов на КС зависит преимущественно от их неотектонической активности, следовательно, этот признак не является решающим при установлении ранга разломов. Часть линеаментов ограничивает геоблоки, различающиеся рисунком изображения, что позволяет провести районирование территории по фотоизображению. Пликативные структуры практически не дешифрируются. В то же время выделяются многочисленные кольцевые фотоаномалии, которые, видимо, частично отражают пликативные структуры. Благодаря хорошей дешифрируемости интрузий траппов уверенно выделяются магматогенные структуры.

Возможностями дешифрирования и определяется содержание КФГ карты Байkitской антеклизы с тремя категориями структур (геоблоки, линеаменты-разломы и кольцевые и дуговые объекты).

Основной признак выделения геоблоков — фотоизображение. В пределах Байkitской площади они разделены на четыре порядка (см. рисунок). Блочный характер структуры отражает латеральные неоднородности в строении региона, проявляющиеся у геоблоков 1—2-го порядков в строении фундамента и чехла, а у блоков 3—4-го порядков — только чехла.

Геоблоки ограничены линеаментами, которые, по нашему мнению, отвечают как разломам, так и малоамплитудным или безамплитудным зонам трещиноватости (может быть, зонам повышенной проницаемости пород), проявленным в современном ландшафте. Из разломов фундамента, по предварительным данным, на КС проявлены только отражающиеся в его рельефе.

Разломы делятся на две группы: граничные (или блоковые) и сквозные. Ранг первых определяется порядком ограничиваемых ими геоблоков. Сквозные разломы пересекают структуры разного порядка, занимая по отношению к ним секущее положение. Основными разломами Байkitской площади являются Ангаро-Бахтинский и Имангдино-Летнинский, отделяющие структуры складчатого обрамления от Сибирской платформы, а в платформенной части региона — Чадобецко-Ерачиминский разлом (см. рисунок). Он ограничивает с востоко-северо-востока Сурингдаконский и Камовский своды. Последние разграничивает разломная зона, одним из швов которой является Чуньско-Кузьмовский разлом.

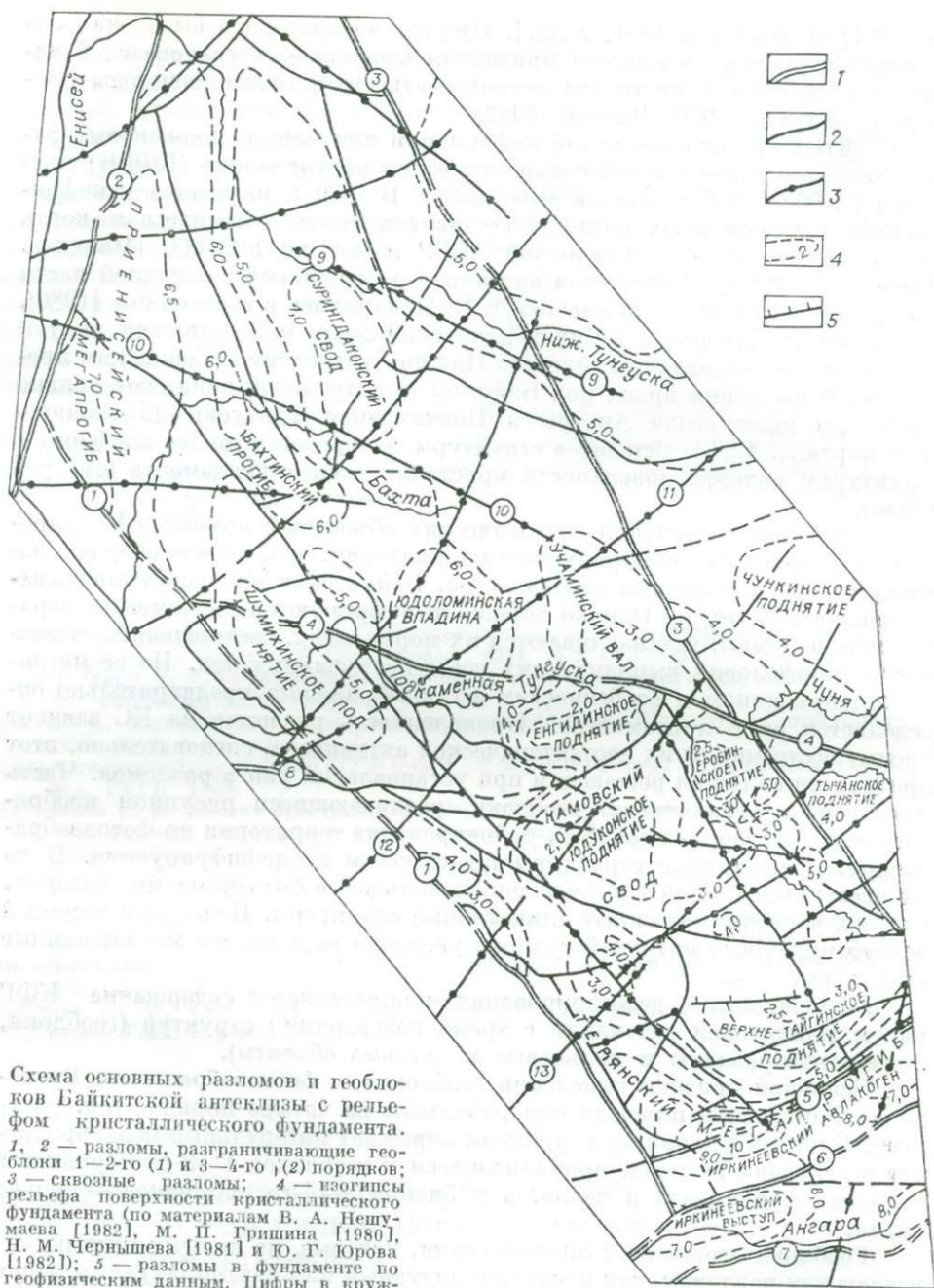


Схема основных разломов и геоблоков Байkitской антеклизы с рельефом кристаллического фундамента. 1, 2 — разломы, разграничивающие геоблоки 1—2-го (1) и 3—4-го (2) порядков; 3 — сквозные разломы; 4 — изогипсы рельефа поверхности кристаллического фундамента (по материалам В. А. Нешумаева [1982], М. П. Гришина [1980], Н. М. Чернышева [1981] и Ю. Г. Юрова [1982]); 5 — разломы в фундаменте по геофизическим данным. Цифры в кругах — основные разломы: 1 — Ангаро-Бахтинский, 2 — Имандино-Летинский, 3 — Чадобецко-Ерачиминский (Чадобецко-Кординский), 4 — Чуньско-Кузьмовский, 5 — Иркинский, 6 — Едино-Бедобинский, 7 — Ангарский, 8 — Больше-Лепьякинский, 9 — Притунгусский, 10 — Верхнебахтинский, 11 — Устьельминский, 12 — Чапский, 13 — Больше-Питский.

В результате КФГК Байkitской площади получены интересные в структурном отношении данные:

1. Уточнено положение Чадобецко-Ерачиминского разлома. Анализ истории его развития показывает, что в венде — раннем палеозое он, видимо, разграничивал Курейскую синеклизу и расположенную западнее антеклизу, включавшую Бахтинский мегавыступ и собственно Байkitскую антеклизу. Последняя обособилась в позднем палеозое — раннем мезозое благодаря активности Чуньско-Кузьмовского разлома, который

вместе с южной частью Чадобецко-Ерачиминского разлома разделял Байкитскую антеклизу и Тунгусскую синеклизу.

2. По данным дешифрирования КС установлено, что Ангаро-Бахтинский разлом срезается Имангдино-Летнинским, который прослеживается далее на юго-юго-восток в пределах Западно-Сибирской плиты.

3. Выделены Иркинеевский и Ангарский разломы, ограничивающие Иркинеевский авлакоген рифейского возраста. В современной структуре авлакоген проявлен прогибом в рельефе кристаллического фундамента глубиной более 10 км и характеризуется повышенной мощностью (6—7 км) отложений рифея.

4. На основании дешифрирования КС установлено структурное единство зоны, ограниченной Едино-Бедобинским и Ангарским разломами и включающей Тасеевскую зону складок, Иркинеевский выступ, зону Ангарских складок и Братский выступ с Ковинским поднятием. Эта складчатая зона сложного внутреннего строения окружает в виде бордюра с запада, севера и востока Канско-Тасеевскую впадину.

5. Выделена серия сквозных разломов, которые образуют несколько групп, закономерно ориентированных относительно структур складчатого обрамления или платформенных структур.

Кольцевые и дуговые объекты (КДО), проявленные на КС в виде фо-тоаномалий различного типа, являются одним из основных структурных элементов космогеологической карты Байкитской площади. В результате комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов выделено три группы КДО: пликативные и блоковые, тектономагматические и неясной геологической природы. Контуры некоторых выражаются кольцевыми или дуговыми разломами. Пликативные и магматогенные КДО делятся более подробно.

Выше в общем виде рассмотрены содержание КФГ карты Байкитской площади и новые данные, способствующие пониманию ее общей структуры.

Критерии прогнозной оценки нефтегазоносности включают много аспектов: структурный, геохимический, литологический и т. д. Они достаточно полно рассмотрены в последней сводке по геологии нефти и газа Сибирской платформы [Геология..., 1981]. Так как КФГ карта Байкитской площади имеет в основном тектоническую направленность, возможен анализ только структурных критериев: районирование территории и установление локальных поднятий.

Территорию седиментационных бассейнов принято условно разделять на зоны преимущественного нефтегазонакопления. К первым обычно относятся прогибы, в пределах которых мощные толщи осадочных пород раньше, чем на смежных поднятиях, вступают в главную фазу нефтегазообразования. Углеводороды, возникшие в пределах отрицательных структур, перемещаются в соседние поднятия, которые при определенных условиях могут представлять зоны нефтегазонакопления [Геология..., 1981]. На Байкитской площади выделены геоблоки, характеризующиеся мощностью осадочных толщ платформенного чехла (см. рисунок). По этому признаку они объединяются в две группы. К первой относятся геоблоки с большой мощностью (более 5 км) осадочных пород рифейского и (или) фанерозойского возраста, отвечающие конседиментационным прогибам. Эти блоки могли являться зонами преимущественного нефтегазообразования. Второй группе блоков свойственна пониженная мощность осадочных пород, она включает основные положительные структуры региона, возможно являющиеся зонами преимущественного нефтегазонакопления.

На сохранности домезозойских скоплений углеводородов отрицательно сказывается насыщенность геоблоков секущими интрузиями траппов, залечившими бывшие открытые трещины. Оценить сейчас насыщенность траппами, причем именно секущими телами платформенного чехла, отдельных геоблоков, довольно трудно из-за недостатка данных о форме большинства тел долеритов и характере их пространственного распро-

странения. Однако уже сейчас можно говорить, что в пределах площади КФГК маловероятны крупные скопления углеводородов в краевых наиболее насыщенных секущими телами трапшов частях Тунгусской синеклизы. Наименее интрузируваны юго-западный склон Камовского свода и Верхнетайгинское поднятие.

В Сурингдаконском своде вероятность нахождения скоплений углеводородов домезозойского возраста может оказаться более низкой ввиду довольно высокой насыщенности этого блока интрузиями, внедрение которых приводило к разрушению части палеозойских залежей и их пространственному перераспределению.

Установление локальных структур, представляющих особый интерес при нефтегазопроисловых работах, дешифрированием по прямым признакам в пределах Байкитской антеклизы затруднено, что объясняется структурными и ландшафтными особенностями территории. Если же локальные структуры каким-либо образом проявляются на аэрокосмических материалах, то они должны отражаться в виде так называемых кольцевых фотоаномалий или кольцевых и дуговых объектов (КДО). Всего на Байкитской площади отдешифрировано около 500 КДО, из них примерно 170 отнесено к положительным пликативным или тектономагматическим структурам. Значительная их часть отражает локальные структуры, которые были выявлены ранее при геолого-съёмочных, структурно-поисковых, сейсмических и других геофизических работах. Они устанавливаются в различных ярусах чехла, в том числе и в верхних. Последние могут представлять интерес только при их сквозном характере. Более 50 КДО отнесены к локальным структурам впервые на основании переинтерпретации геолого-геофизических материалов и анализа рельефа. Так, в эту же группу включены КДО, проявленные в современном рельефе в виде впадин. Локальные структуры включают пликативные и тектономагматические. Последние, не считая неотектонических, самые молодые — они образовались в период интенсивного трапшового магматизма в пермтриасе. Поэтому их роль в формировании и сохранности скоплений нефти и газа может быть двойной. С одной стороны, образовавшись в наиболее тектонически нарушенных участках, они являются наименее благоприятными площадями для сохранения домезозойских скоплений углеводородов, с другой — если «...значительная часть нефти и газа в осадочном чехле домезозойской части плиты, по крайней мере в пределах Тунгусской синеклизы, образовалась и должна была локализоваться в ловушки после внедрения трапшовых интрузий...» [Геология..., 1981, с. 505], то положительные тектономагматические структуры при наличии экрана могут сами быть благоприятными для скопления углеводородов. Поэтому с целью детализации морфологии и подтверждения генезиса целесообразно дальнейшее изучение выявленных КДО как пликативной, так и тектономагматической природы.

При изучении западной части Сибирской платформы, видимо, будут интересны зоны выклинивания рифейских и вендских отложений, которые могут являться ловушками неантиклинального типа. К сожалению, выделение таких зон дистанционными методами затруднено. Не исключено, что они приурочены к периферийным частям геоблоков или определенным разломам.

Таким образом, в результате проведенного космофотогеологического картирования Байкитской площади получены новые данные, представляющие определенный интерес для нефтегазопроисловых работ. Дальнейшие исследования дистанционными методами на Байкитской площади могут оказаться перспективными при изучении выделенных локальных структур в более крупном масштабе с широким применением статистического анализа результатов дешифрирования и морфометрии.

тектоническом развитии вмещающего их региона. Рассмотрим основы получения этой информации по космоснимкам.

Миграция палеорусел позволяет выделить относительные палеоподнятия земной поверхности как причину этой миграции и время их проявления. Характер палеостоков также содержит определенные сведения об этих поднятиях. Так, широкие палеодолины с многочисленными меандрами, как правило (по аналогии с современными), находятся в равнинных районах с превышениями до нескольких метров на километр. Рекам, текущим по более крутым склонам, присущ соответственно другой рисунок долин. Таким образом, отдешифрированные по космоснимкам положения тех или других палеодолин дают створы с определенным уклоном местности. Амплитуда и скорость неотектонических движений определяются следующим образом. Если с момента образования палеодолин до настоящего времени отсутствовали какие-либо движения, захватывающие и этот створ, то его профиль должен отвечать условиям, при которых возможен по нему сток вод (при их наличии). Наоборот, наличие в этом створе в настоящее время поднятий, преграждающих возможный сток по нему вод, говорит о произошедших за время, равное возрасту палеодолин, положительных вертикальных тектонических движениях. Амплитуда их будет равна разности отметок дневной поверхности Земли и профиля палеоруслу с учетом поправок за денудационный снос. Зная амплитуду поднятия и время, за которое оно произошло, найдем скорость [Юдин, 1982, 1983].

Широко известна индикаторная роль палеорусел при распознавании разрывных нарушений. Они могут быть использованы для определения временной, пространственной динамики развития (начиная с неогена) сетки дизъюнктивных нарушений земной коры. Выявленная палеогидросеть несет в этом плане удобную по своей простоте и способу получения информацию. Образование (проявление) разлома, как правило, заставляет пересекаемое им палеорусло мигрировать согласно простиранию этого разлома. То есть палеорусло раздваивается. Одно ответвление (доразломное) простирается несогласно разлому, второе подчинено ему. При обнаружении подобной картины на космоснимке мы можем, согласно изложенному, определить возраст разлома как более молодой относительно образования первого палеоруслу и одинаковый со вторым. Анализ всего сложного рисунка дешифрируемой палеогидросети и разломов с использованием результатов изложенных определений новейших движений земной коры позволяет получить существенную информацию о динамике региона.

Сведения о неотектонических движениях в южной окраине Кызылкумов (Кульджуктауское поднятие, Газлийский выступ), не рассматриваемой нами, получены по палеостокам вод Празеравшанского направления. Древние русла Празеравшана, Прасырдарьи, пересекая этот район, далее проходят через Каракумы в Каспийский бассейн. Следующее положение палеоруслу Прасырдарьи отклонено на север, Празеравшана — на юг. Но в своем продолжении они по-прежнему проходят по склонам современного Каракумского поднятия. В связи с этим правомерно заключение о том, что воздымание земной коры в Кызылкумах проявилось не позднее положительных вертикальных движений в Каракумском регионе.

Определенную роль при дифференциации неотектонических движений по их интенсивности и времени проявления играют данные современных движений. Соизмеримость их скоростей говорит об унаследованности вертикальных движений и соответственно о незавершенности первой фазы — горообразования в отмеченном выше поэтапном развитии земной коры. Наоборот, различие их на порядок и более указывает на неоднократное повторение этих этапов.

Относительная глубина горизонта, которому отвечает структурный план выявленных по космоснимку, а также возраст присутствующих в нем разрывных нарушений (рис. 1) определялись по соответствию этого плана структурному рисунку поверхности Земли (геоморфологические, гидрографические элементы) и других глубинных горизонтов, реперное положение

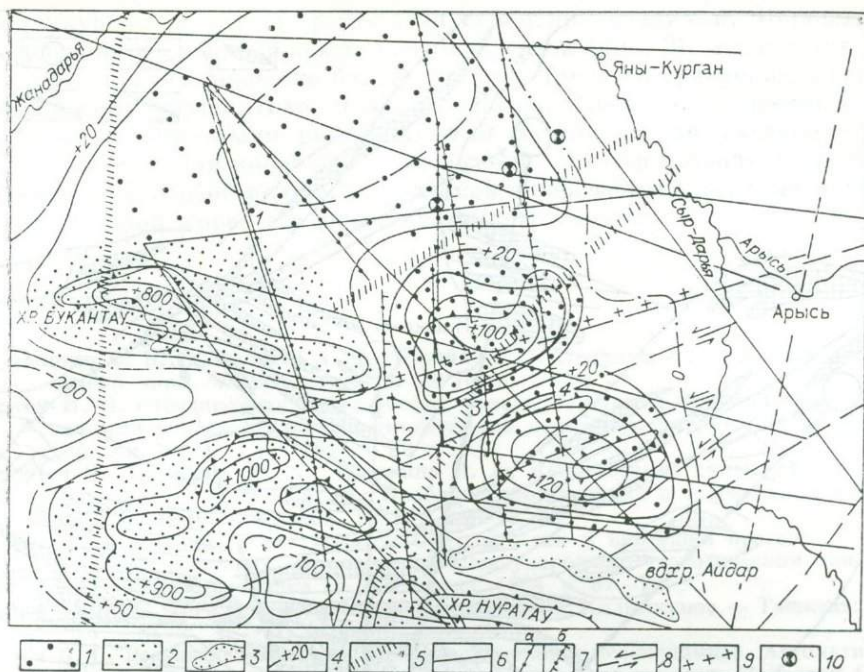


Рис. 1. Неотектоническая схема Кызылкумского региона (по материалам дешифрирования космоснимков).

1-3 — районы активизации новейших движений: 1 — конца олигоцена, 2 — нижнего и 3 — верхнего плиоцена; 4 — изолинии величин суммарных неотектонических движений; 5 — зоны разломов земной коры; 6 — разрывные нарушения домиоценового заложения; 7 — разломы среднего миоценового — раннеплиоценового времени заложения (а — номера разломов, соответствующие очередности их проявления, б — сбросовый характер движений по разломам); 8 — раннеплиоценовые — четвертичные разломы сдвигово-надвигового типа (отмечены стрелками); 9 — границы зон с различным тектоническим строением и водным режимом; 10 — сейсмогенные зоны.

которых фиксировалось по геологическим и геофизическим данным. При этом учитывалась динамика фотоизображения космоснимков одного и разных масштабов, диапазонов спектра в зависимости от метео- и других условий, возникающих в атмосфере и приповерхностном слое Земли. В исследуемом регионе таким образом установлен ряд глубинных разломов и разрывных нарушений, ориентировочная глубина проникновения которых в земной коре охватывает верхний ярус кристаллического фундамента. Последние присутствуют в участках земной коры с характерным прогибом фундамента и подверженных воздействию тангенциальных сжимающих напряжений (Сырдарьинская депрессия, Ферганская долина).

Используя опубликованные материалы [Юдин, 1982, 1983], можно определить скорость, время активизации неотектонических движений и другие элементы строения земной коры Кызылкумского региона (см. рис. 1). Полученные данные позволяют сделать заключение о наличии в Кызылкумском регионе радиальных сил, вызывающих вертикальные поднятия. На это указывают сбросовый тип разломов, характер миграции палеорусел, морфология геоструктур, подверженных воздействию этих сил. В то же время наличие северо-восточных разломов сдвигово-надвигового кинематического типа, наложенных на субширотные, северо-западные структуры, морфология последних, надвиги у субширотных разрывных нарушений, выявленное несовпадение осей магнитных и гравитационных аномалий объясняются горизонтальными субмеридиональными сжимающими напряжениями. При этом начало их проявления относится к более позднему времени, чем вертикальных.

Итак, в новейшее время в восточной части Туранской плиты и ее горном обрамлении произошли интенсивные вертикальные дифференцированные движения. Затем ослабленные зоны подверглись субмеридиональному

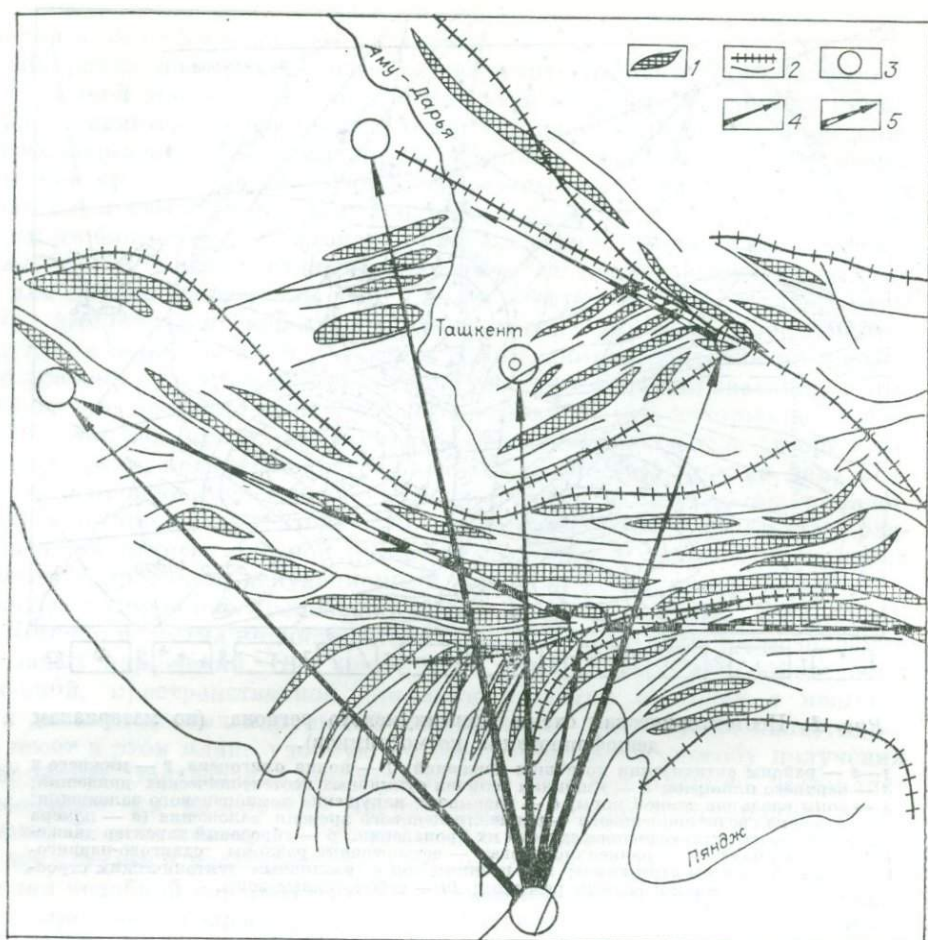


Рис. 2. Схема взаимосвязи мантийных и коровых землетрясений.

1 — оси антиклиналей; 2 — разломы; 3 — сейсмогенные зоны; 4 — связь мантийных землетрясений с коровыми; 5 — связь коровых землетрясений.

тангенциальному сжатию. Результаты возникшей при этом деформации отражены в современной морфологии тектонических структур региона. Сделанное заключение подтверждается при анализе геофизических данных [Артюшков и др., 1979; Логачев и др., 1982].

Материалы о строении земной коры и данные о сейсмичности исследуемой части Туранской плиты позволили выявить ряд признаков, характерных для сейсмогенных зон. Как правило, эпицентры землетрясений приурочены к зонам пересечений разломов земной коры трех направлений: 1 — широтные, западно-северо-западные, 2 — субмеридиональные, 3 — северо-восточные. При этом в равнинных участках субмеридиональные разломы — разломы регионального ранга без признаков тангенциальных сжимающих напряжений. Расстояние между ними примерно 100 км. Северо-восточные разломы испытывают сжимающие напряжения. В зонах с повышенной раздробленностью, где шаг между указанными разрывными нарушениями порядка нескольких десятков километров, наблюдаются землетрясения малой балльности. Разломам широтного простирания свойственно то, что указанные выше пересечения являются сейсмогенными зонами, если эти нарушения в своем продолжении лежат в Памиро-Тяньшаньской области, охваченной активными движениями земной коры. Кроме того, анализ сейсмических данных и результатов дешифрирования космоснимков показал, что большинство землетрясений в Кызылкумском регионе следует с разницей в несколько часов вслед за

Гиндукушскими глубокофокусными сейсмопроявлениями. Коровые землетрясения не обнаруживают подобной связи (рис. 2), даже когда очаги их расположены довольно близко друг от друга по сравнению с расстоянием до Гиндукуша. В то же время если положения их эпицентров соединяются субширотными региональными разломами, то указанная связь наблюдается и для коровых землетрясений. Все это позволяет сделать заключение об особой роли этих разломов в передаче и генерации напряжений в земной коре, вызывающих землетрясения.

ЛИТЕРАТУРА

- Артюшков Е. В., Шлезингер А. Е., Яншин А. Л. Причины вертикальных движений земной коры.— Природа, 1979, № 10, с. 2—10.
- Грамм И. Н. Стратиграфия кайнозойских моласс Ферганы и сопоставление их с стратиграфическими континентальными отложениями некоторых соседних областей. Автореф. докт. дис.— М., 1962.— 32 с.
- Логачев Н. А., Зорин Ю. А., Рогожина В. А. Кайнозойская динамика литосферы Центральной Азии.— В кн.: Проблемы неотектоники и современной динамики литосферы. Т. II. Таллин, 1982, с. 48—49.
- Попов В. И. Кайнозойские молассы Средней Азии и новейший орогенез.— В кн.: Доклады советских геологов на Международном геологическом конгрессе. XXII сессия, проблема II. М.: Наука, 1964, с. 67—75.
- Ситдиков Б. Б. Новейшая тектоника Центральных Кызылкумов.— Ташкент: Фан, 1976.— 81 с.
- Юдин В. С. Результаты геологической интерпретации космоснимков. Автоматизация. Дешифровочные признаки.— В кн.: Геологическое строение Западной Сибири по материалам аэрокосмических исследований. Тюмень, 1982, с. 99—109.
- Юдин В. С. Результаты комплексной обработки и интерпретации космоснимков на примере отдельных регионов Средней Азии.— В кн.: Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1983, с. 104—107.

III раздел

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

И. К. ВОЛЧАНСКАЯ, Е. Н. САПОЖНИКОВА

МОРФОСТРУКТУРНЫЕ ОБРАЗЫ РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИХ ЛИНЕЙНЫХ ЗОН И УЗЛОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ

В металлогенических исследованиях последних лет усиливается внимание к прогнозированию. Разработки ведутся в различных направлениях, преимущественно в формационном и космическом. Широко используются результаты дешифрирования линейных и кольцевых структур, которые во многих случаях являются рудоконтролирующими. Для прогнозирования, тем не менее, необходимо отличать продуктивные структуры от прочих тектонических элементов.

Ю. Г. Сафоновым и В. Д. Парфеновым сформулировано понятие космического образа месторождения, который может определяться либо с помощью непосредственного дешифрирования рудоносных площадей по их спектральным характеристикам, либо по совокупности их геолого-структурных особенностей, отражающихся в поверхностных свойствах объектов [Космическая информация..., 1983].

Огромное значение для систематизации признаков рудных полей и месторождений на космических снимках имеют работы, связанные с детальным изучением факторов структурного и магматического контроля оруденения на рудных полях и месторождениях. Важным является положение о локальных рудоносных структурных формах земной коры [Сафонов и др., 1983]. Этим определяются своеобразная геологическая позиция рудоносных блоков и более интенсивное развитие тектонических нарушений в их пределах. Аномальность рудовмещающих блоков на фоне региональных геологических структур неоднократно подчеркивалась М. А. Фаворской.

Своеобразие геологического строения и структур рудных полей находит отражение в рельефе, т. е. морфоструктурах, которые в первую очередь дешифрируются на космических снимках. Возникает необходимость систематизации морфоструктурных признаков рудоносных площадей, создания их «морфоструктурных образов» как особых объектов дешифрирования при прогнозно-металлогенических исследованиях. Морфоструктурный образ может отражать также элементы скрытых глубинных структур, в большинстве случаев слабо проявленных в поверхностных геологических признаках, но хорошо подтверждающихся геофизическими данными и глубинным бурением. Морфоструктурный образ обычно складывается из двух существенно различающихся позиций — региональной и локальной. Региональная характеризуется связью с линейными структурами и узлами их пересечений, локальная — наличием автономных блоковых и кольцевых морфоструктур [Волчанская, 1981].

Авторами изучались морфоструктурные образы некоторых важнейших рудоносных площадей Средней Азии в связи с комплексными работами по составлению прогнозно-металлогенических карт, проводившимися совместно с коллективами САИГИМСа (А. Д. Шмулевич и др.) и Таджикского геологического управления (К. И. Литвиненко, Л. В. Идрисова

и др.). Для анализа морфоструктурных карт использовались также опубликованные данные по геологии и магматизму рудных полей Таджикистана.

Значительные концентрации оруденения в этом регионе сопровождали наиболее активные процессы тектономагматической активизации, которые охватили период от позднего палеозоя до раннего мезозоя включительно (C_{2-3} — Т).

Наиболее активными в альпийское время были зоны субширотных, согласных с Тянь-шаньскими структурами систем разрывных нарушений надвигового типа, ограничивающих крупные морфоструктуры и комплексы форм рельефа. Вдоль разломов размещаются интрузивные тела гранит-гранодиоритового субщелочного состава позднегерцинского возраста, с которыми в ряде случаев непосредственно связана редкометалльная минерализация. Такое металлогеническое значение имеют отдельные отрезки Зеравшанского, Главного Гиссарского, Гиссаро-Каратегинского и некоторых других крупных продольных линеаментов (рис. 1). Наряду с этим были установлены многие поперечные и сквозные системы нарушений, игравшие также магмо- и рудоконтролирующую роль в период активизации.

Северо-западные и северо-восточные линеаменты контролируют локально распространенные магматические формации субщелочного, кислого и щелочно-основного состава поздних стадий орогенной активизации (Р — Т₁). В ряде случаев эти линеаменты специализированы на сурьмяно-ртутную, редкометалльную, редкоземельную и флюоритовую минерализацию.

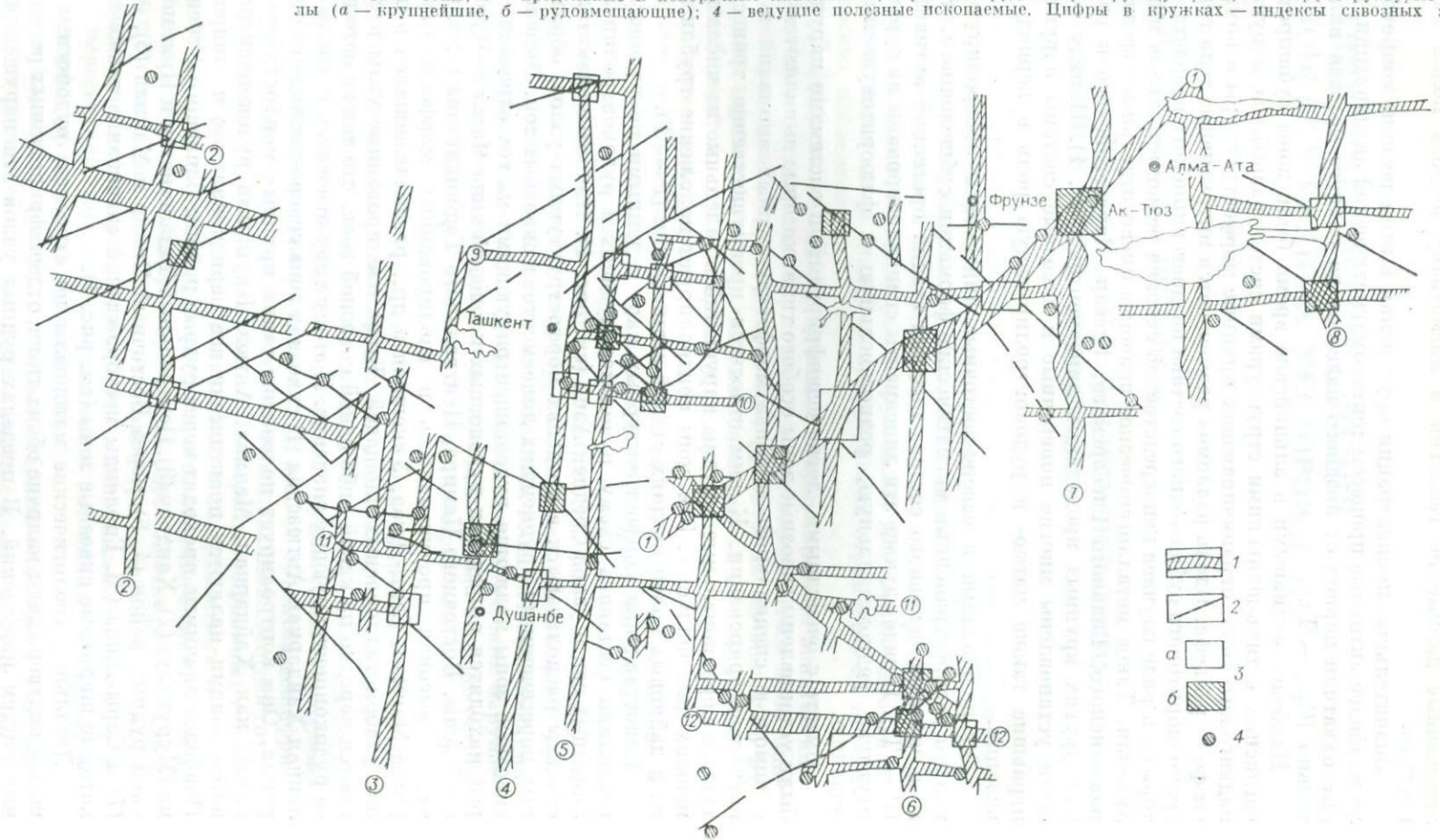
Вместе с очевидными, легко дешифрируемыми системами нарушений были установлены сквозные зоны особого типа, которые выявляются лишь с помощью специального анализа морфоструктурных аномалий и схем космодешифрирования. К ним относятся преимущественно трансструктурные меридиональные системы нарушений и отдельные из числа крупнейших диагональных. Эти зоны контролируют положение трубок взрыва и дайковых полей поздних стадий активизации (Р — Т).

Сопоставление морфоструктурных карт с данными по рудоносности позволило составить схему рудо локализирующих и рудоконтролирующих линейных зон и узлов Средней Азии (см. рис. 1). Наиболее значительные объекты располагаются в пределах морфоструктурных узлов, образованных пересечениями крупнейших линеаментов и сквозных зон. Выделенные сквозные зоны являются рудоконцентрирующими на тех отрезках, которые находятся в пределах рудоносных площадей типа Чаткало-Кураминской зоны, Восточного Памира, Центрального Таджикистана и др. Отмечается высокая продуктивность и изолированных морфоструктурных узлов Макмал, Сары-Джаз, Учкочкон и др., располагающихся в пределах слабометаллоносных площадей. Такие изолированные узлы располагаются нередко на какой-либо одной сквозной зоне, что также определяет ее рудоконцентрирующее значение. К этому типу относится впервые выделенная Хайдаркан-Актюзская (1) сквозная зона северо-восточного простираения. Она контролирует положение таких крупных морфоструктурных узлов, как Хайдаркан, Макмал, Актюз. Крупными рудоконцентрирующими зонами являются практически все меридиональные и широтные. Наиболее значимые проходят через рудные районы Западного Узбекистана (Мурунтау) (2), Хандизу (3), Центральный Таджикистан и Приташкентский рудный район (4, 5), через Восточный Памир и Макмал (6), Актюз (7) и Сары-Джаз (8). Гирлянды месторождений «нанизаны» также на некоторые широтные сквозные зоны (см. рис. 1).

Детальные геологические материалы по строению рудоносных площадей подтверждают наличие обоих типов отдешифрированных региональных систем нарушений. В пределах рудных узлов эти нарушения проявлены либо как хорошо выраженные рудоконтролирующие разломы, либо в качестве скрытых зон нарушений. К ним приурочены дайковые пояса, зоны повышенной трещиноватости, поля гидротермально изменен-

Рис. 1. Схема сквозных рудоконцентрирующих структур Средней Азии. Составлена по данным морфоструктурного анализа.

1 — сквозные зоны; 2 — продольные и поперечные линейменты, играющие рудоконтролирующую роль; 3 — морфоструктурные узлы (а — крупнейшие, б — рудовмещающие); 4 — ведущие полезные ископаемые. Цифры в кружках — индексы сквозных зон.



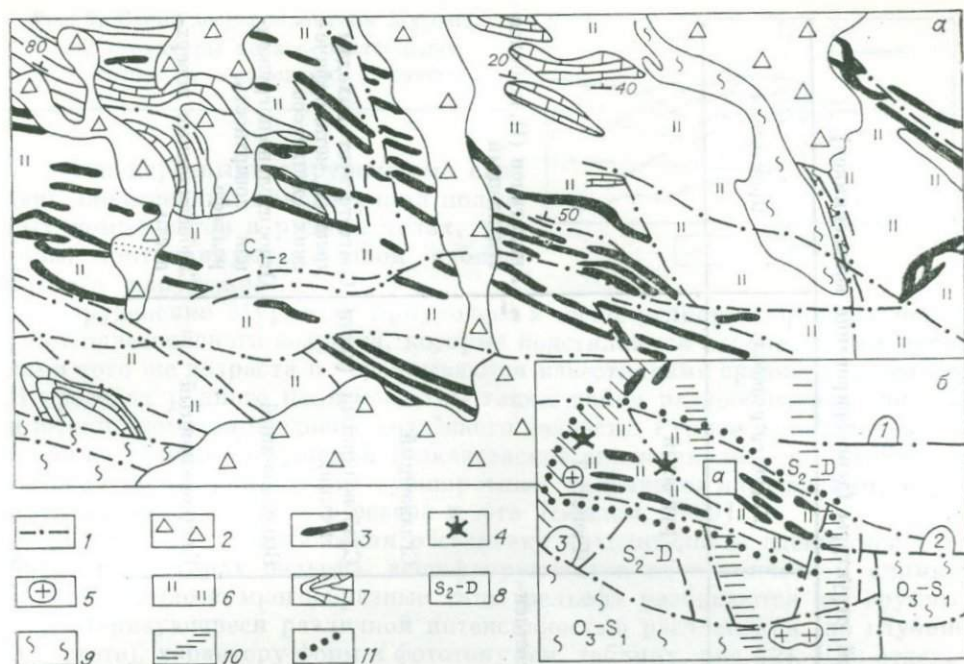


Рис. 2. Фрагмент строения поля (а) в пределах Фандарьинского морфоструктурного узла (б).

1 — зоны разрывных нарушений (1 — Зеравшанского, 2 — Поймазарского, 3 — Петинского); 2 — четвертичные склоновые отложения; 3—5 — позднегерцинский комплекс магматических пород; 3 — дайки щелочно-среднего и щелочно-кислого состава, 4 — субвулканические тела, 5 — интрузии гранит-гранодиоритового состава; 6, 7 — терригенно-карбонатные образования (C_2-S_2); 8 — карбонатные образования; 9 — хлорит-серцитовые сланцы и карбонатные интрузии (O_3-S_1); 10 — сквозные зоны; 11 — границы блока по результатам дешифрирования среднемасштабных космо- и аэрофотоснимков.

ных пород и повышенные концентрации оруденения в рудных телах. В некоторых случаях эти структуры играют барьерную роль и определяют смену типов минерализации.

Рудоносные площади в более крупном масштабе дешифрируются как автономные блоковые и кольцевые морфоструктуры, причем границы первых определяют скрещивающиеся региональные системы нарушений.

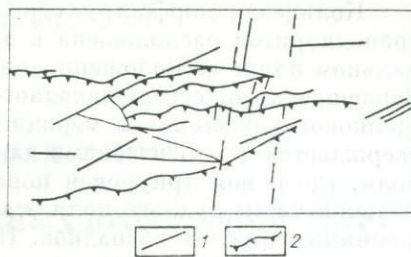
Автономные блоковые морфоструктуры со сложным внутренним строением характеризуют большинство редкометалльных и сурьмяно-ртутных месторождений Таджикистана. Многие редкометалльные месторождения Средней Азии располагаются в пределах кольцевых морфоструктур скрытоинтрузивного или гидротермально-метасоматического генезиса, размеры поперечников которых колеблются от 2 до 10 км. Рассмотрим в качестве примеров наиболее типичные случаи.

Блоковая морфоструктура Фандарьинского узла образована пересечением Южно-Зеравшанской системы субширотных разломов с Варзобско-Фандарьинской меридиональной сквозной зоной (рис. 2, а). Субширотные разломы выражены как границы разновысотных ярусов горного рельефа, сложенных различными комплексами пород. В пределах этой системы разломов, шириной около 2 км, сосредоточено значительное количество дорудных даек щелочно-кислого и щелочно-среднего состава, которые прослеживаются полосой в 4 км в рамках сквозной меридиональной зоны. За ее пределами количество даек уменьшается. В рудном поле закартировано значительное количество сколовых трещин субмеридионального простирания, вызывающих смещения или окончания дайковых тел (см. рис. 2, б). В рельефе эти трещины обнаруживаются лишь в тех случаях, когда к ним приурочены боковые саи и промоины на склонах гор. На космических снимках саи и промоины расположены упорядоченно и позволяют наметить описываемую сквозную зону.

Характеристика структурно-литоморфных комплексов форм рельефа Мурунтауской структуры (дешифрирование космоснимков)

№ п/п	Степень расчленения			Форма расчленения	Фототон	Характер рельефа	Примечания
	интенсивная	средняя	слабая				
1	Горизонтальная			Мелкие удлиненные	Светло-серый	Струйчатый	
2	Горизонтальная и вертикальная			Средние изометричные	Светло-серый		
3	Горизонтальная и вертикальная			Мелкие		Ячеистый	
4		Горизонтальная		Мелкие удлиненные	Пятнистый осветленный		Аналогичен (1), но более сглаженный
5			Горизонтальная и вертикальная	Удлиненные крупные	Темный		
6			Горизонтальная и вертикальная	Мелкие		Сглаженный	
7				Крупные нечеткие	Серый	Слабоволнистый (хаотический)	Соответствует выходам древних метаморфических комплексов
8						Выположенный	Относительно погруженная поверхность рельефа
9					Светлый	Гладковолнистый	Слабонаклонные поверхности

Рис. 3. Схема дешифрирования Мурунтауской структуры по космоматериалам.
1 — разломы; 2 — кольцевые структуры.



С поперечными нарушениями связаны повышенные концентрации полезных компонентов в рудных телах, которые контролируются зоной субширотного нарушения.

Оруденение Мурунтау приурочено к пачке углисто-сланцевых пород раннепалеозойского возраста, которые подстилаются карбонатными породами того же возраста и перекрываются известняками среднего палеозоя. В пределах рудного поля известны также дайки разнообразного состава и штоки диоритов позднепалеозойского возраста. Рудное поле расположено на восточном погружении Тазказганской антиклинали, в его структуре главная роль принадлежит субширотным разрывным нарушениям, ограничивающим его также с севера и юга [Бендик, 1969].

Описанная геологическая обстановка находит почти адекватное отображение в типах рельефа, дешифрирующихся на космическом снимке. Наблюдающиеся многообразные типы рельефа разбиваются на группы, характеризующиеся различной интенсивностью расчленения (по глубине и густоте), характеру форм и фототону (см. таблицу, рис. 2). Для отдельных типов устанавливается полное соответствие определенным формационным комплексам, другие же объединяют несколько групп геологических формаций.

Толщи коренных пород палеозойского возраста дешифрируются в виде широтной полосы различных типов интенсивно расчлененного рельефа, расположенной в зоне максимального неотектонического поднятия. Восточнее участки подобного же рельефа «просвечивают» из-под чехла рыхлых отложений. Зона погружения палеозойских отложений контролируется субмеридиональным разломом.

Хорошо дешифрируются субширотные системы нарушений, разделяющие различные типы рельефа на линеаменты фестончатой формы, что отражает их надвиговый характер. Северо-восточные и северо-западные зоны нарушений представляют собой линеаменты, секущие однотипные комплексы форм рельефа, иногда со сдвиговой составляющей. Фрагментарно, в виде сгущения прямолинейных элементов ландшафта, выражены меридиональные сквозные зоны. Их ширина значительно превышает ширину продольных линеаментов и достигает нескольких километров. Меридиональные и северо-восточные линеаменты не отражены на геологических картах, но находят подтверждение в морфологии аномалий геофизических полей — магнитных и гравиметрических [Фузайлов, Оранский, 1979].

В пределах поднятия отчетливо дешифрируются две кольцевые морфоструктуры (рис. 3). Одна из них выделяется только по граничному круговому нарушению, другая обособляется среди рыхлых отложений по сглаженному рельефу с темным фототонном и вмещает рудное поле. Граница морфоструктуры намечается по кольцевому перегибу склона.

Этой морфоструктуре соответствует минимум силы тяжести первого порядка, осложненный локальными максимумами второго порядка [Фузайлов, Оранский, 1979], что позволяет предполагать наличие интрузивного массива с глубиной залегания не менее 2 км.

Итак, морфоструктурная позиция Мурунтауского рудного поля определяется в первую очередь наличием кольцевого образования диаметром около 10 км, который расположен на пересечении линеаментов широтного, северо-восточного и меридионального простираний. При этом кольцевая морфоструктура находится на границе поднятия и опускания, перекрытого рыхлыми отложениями кайнозоя, которая, видимо, отражает крупные неоднородности в глубинном строении фундамента.

Кольцевая морфоструктура восточной части Чинарсайского массива гранодиоритов расположена в пределах Зеравшанского хребта. В региональном плане ее положение определяется узлом пересечения широтного Зеравшанского, северо-западного Джилао-Тарорского, северо-восточного (дайкового) разломов и меридиональной сквозной зоны. Последняя подтверждается геологическими данными только в западной части рудного поля, где к ней приурочен пояс пострудных даек камптонитов. В центральной части рудного поля эта зона скрыта под пролювиальными отложениями в руслах распадков. Последние ограничивают площадь кварцевого штокверка. Кольцевая морфоструктура рудного поля достигает в поперечнике 2 км и представляет собой циркообразное понижение с выположенным рельефом (2,0—2,1 км) на северном склоне Зеравшанского хребта. Водораздельный ярус рельефа (2,1—3,0 км) сложен палеозойскими породами, надвинутыми на массив гранодиоритов, скальные выходы которого образуют второй ярус рельефа (2,1—2,3 км). Рудное поле приурочено к внутреннему кольцу морфоструктуры. Выположенный рельеф рудного поля образуется на мощной коре выветривания, развивающейся на площади гидротермально переработанной части интрузива. Общая конфигурация этой площади имеет круговые очертания. Центр структуры находится в пределах кварцевого штокверка, отличающегося сложной системой разрывных нарушений с элементами радиально-дугового рисунка.

Морфоструктурный образ рассматриваемого участка в значительной мере отличается от геологических данных о преимущественно блоковой структуре рудного поля. Не учитывается при этом также роль меридиональной сквозной зоны как возможного концентратора оруденения.

Итак, морфоструктурные позиции рассмотренных рудных объектов Средней Азии, по сравнению с геологическими данными, дополняются существенно новыми признаками, которые позволяют обособлять рудоносные площади на фоне общей геологической структуры. Это объясняется способностью рельефа отражать глубинные структуры (эффект просвечивания). На региональном уровне ведущее значение имеют линейные зоны, причем устанавливается эволюция их по простиранию от широтных до диагональных и меридиональных. Собственно рудоносными являются отдельные отрезки этих структур с локально проявленными характеристиками. Особенно это свойственно месторождениям, расположенным в узлах пересечения зон разновозрастной активизации.

Для локальной характеристики рудных полей особенно важное значение имеют блоковые и кольцевые морфоструктуры ограниченных параметров.

Таким образом, морфоструктурные исследования космических снимков позволяют выявить многие моменты геологической истории, дополняющие представления об образах месторождений и существенные для поиска скрытого оруденения и для оконтуривания границ рудоносных площадей.

ЛИТЕРАТУРА

- Бендик А. Т. Геологическая позиция и условия формирования Мурунтауского рудного поля.— В кн.: Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана. Ташкент: Фан, 1969, с. 150—154.
- Волчанская И. К. Морфоструктурные закономерности размещения эндогенной минерализации.— М.: Наука, 1981.— 220 с.
- Геологическая среда и условия гидротермального рудообразования/Сафонов Ю. Г., Пэк А. А., Малиновский Е. П., Лукин Л. И.— М.: Наука, 1983.— 280 с.
- Земная кора и верхняя мантия Таджикистана/Под ред. М. М. Кухтинова.— Душанбе: Дониш, 1981.— 280 с.
- Космическая информация в геологии.— М.: Наука, 1983.— 400 с.
- Фузайлов И. А., Оранский Н. П. Элементы внутреннего строения и блоковой структуры Мурунтауского рудного района.— В кн.: Региональная геология Средней Азии. Ташкент: Фан, 1979, с. 15—21.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КОМПЛЕКСЕ С ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАЙОНОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ПОИСКОВ РУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ, НЕФТИ И ГАЗА В КАЗАХСТАНЕ

В Казахстане в последние годы аэрокосмические методы при изучении природных ресурсов Земли, в частности при геологических исследованиях, развиваются особенно интенсивно. Этому в значительной степени способствуют фотогеничность геологических объектов, а также обширность территории, что позволяет максимально использовать такие особенности космических снимков, как высокая разрешающая способность, обзорность и генерализация изображения.

Известно, что с помощью космических снимков выявляются структурные особенности исследуемых районов: разрывные нарушения различного масштаба, кольцевые и концентрические структуры различного генезиса, многие из которых не фиксируются наземными наблюдениями. Для целей регионального прогнозирования эти данные имеют важное значение. В то же время космические снимки в ряде случаев (особенно при решении вопросов глубинного картирования и поисков) несут и такую информацию, однозначное геологическое истолкование которой без привлечения других дистанционных методов весьма затруднительно.

В 1982 г. коллективом Аэрогеолого-геофизической экспедиции ПГО «Казгеофизика» впервые для всей территории Казахстана составлена Космогеологическая карта линейных и кольцевых структур масштаба 1 : 1 500 000. Работы выполнены на основе материалов дистанционного зондирования, включающих различные по информативности и размещающей способности данные фотографических, телевизионных, сканерных, спектро-, многозональных и других видов космических съемок, карты гравитационного и магнитного полей масштаба 1 : 200 000 — 1 : 2 500 000 и результаты их интерпретации, данные сейсморазведки. Для геологического истолкования результатов дешифрирования использовались геологические карты масштаба 1 : 500 000 — 1 : 2 500 000.

Рабочей основой Космогеологической карты явились космогеоструктурные схемы масштаба 1 : 500 000, составленные в 1977—1980 гг. производственными геологическими объединениями Мингео КазССР. Их методический опыт и результаты многолетних исследований в этом направлении были учтены в процессе картосоставительских работ.

Главные компоненты карты — линейные и кольцевые структуры (рис. 1). Первые, как правило, соответствуют разрывным нарушениям, вторые имеют более разнообразную природу: часть из них соответствует, очевидно, системе дуговых разломов, связанных с особенностями тектонического развития, другие подчеркивают изометрическую форму различных геологических объектов. Выделенная сеть линейных структур в общем отвечает ортогональной (широтные и меридиональные) и диагональной (северо-западные и северо-восточные) системам планетарной трещиноватости. Линейные и кольцевые структуры по своей значимости в геологическом строении и масштабу подразделяются соответственно на четыре порядка. Для отдельных разрывных нарушений установлен кинематический тип.

Представленный на Космогеологической карте материал в некоторых случаях позволяет по-новому подойти к изучению геологического строения как отдельных регионов, так и территории республики в целом, а также повысить достоверность мелкомасштабного прогнозирования. Безус-

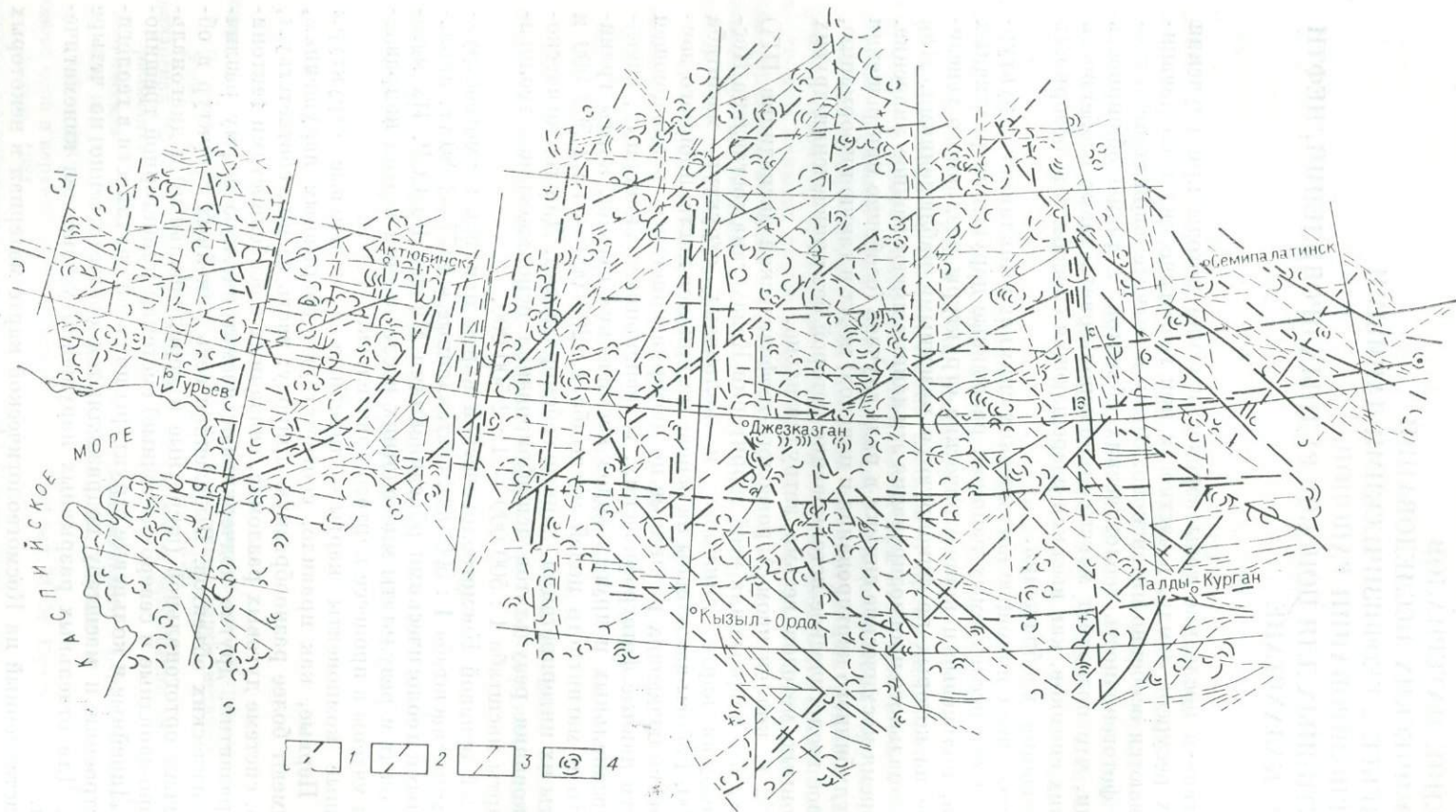


Рис. 1. Генерализованная схема космогеологической карты линейных и кольцевых структур Казахстана.
 1—3 — разрывные нарушения: 1 — первого порядка, 2 — второго порядка, 3 — третьего и более высоких порядков; 4 — кольцевые структуры.

ловный интерес в этом смысле представляют выделенные нами новые крупные зоны разрывных нарушений (Трансказахстанская, Чуйская, Шерубай-Нарымская, Дансары-Тенгизская, Баканас-Зыряновская и др.), а также некоторые кольцевые структуры, особенно в нефтегазоносных районах Прикаспийской впадины. Не менее интересны и подобные структуры в областях развития палеозой (Центральный и Восточный Казахстан). Во многих случаях отдешифрированные элементы кольцевых структур соответствуют границам физических полей (гравитационных или магнитных), что подтверждает их достоверность, позволяет предполагать связь с магматическими телами.

Предварительный анализ Космогеологической карты линейных и кольцевых структур Казахстана показывает, что она может быть использована как структурная основа или дополнительный материал при составлении прогнозно-металлогенических карт. Возможные пути использования карты для этой цели — анализ планового рисунка выделенных по космическим материалам разрывных и кольцевых структур в совокупности с геолого-геофизическими данными, выяснение структурных закономерностей распределения проявлений полезных ископаемых и на этой основе — выделение перспективных площадей.

При исследованиях в масштабе 1 : 200 000 — 1 : 50 000 по Токраускому синклинию на начальной стадии работ проводились дешифрирование мелко- и среднемасштабных КС (1 : 2 400 000, 1 : 1 000 000), интерпретация мелкомасштабных карт геофизических полей и сопоставление на их основе обзорных космофотоструктурных схем масштаба 1 : 500 000, которые были предназначены для выявления общих особенностей структурного плана и выяснения региональных закономерностей размещения эндогенного оруденения. Следующий этап работ был связан с дешифрированием рабочего (основного) комплекта КС масштаба 1 : 200 000 и АФМ масштаба 1 : 100 000 с интерпретацией карт геофизических полей масштаба 1 : 200 000 и составлением космофотоструктурных карт масштаба 1 : 200 000 (рис. 2) с элементами прогноза на основе совмещения и дополнительного анализа схем дешифрирования и интерпретации геофизических материалов. На топооснову масштаба 1 : 200 000 (или 1 : 50 000) путем последовательного совмещения и взаимной увязки (по принципу от общего к частному) выносились все данные, полученные при дешифрировании КС и интерпретации геофизических данных, контуры магматических комплексов, структурных стратифицированных объектов, субвулканических и дайковых образований и т. п. С учетом геофизических характеристик и данных геологических карт определялся состав интрузий, магматогенных образований, выяснялись их ярусность и морфология. Особыми знаками выделялись зоны тектонических нарушений, разделенные по способу обнаружения, значимости и кинематике. По данным дешифрирования и с использованием геологических карт оконтуривались поля развития метасоматитов.

На заключительном этапе картосоставительских работ с помощью поисковых критериев (дешифровочных, геологических, литологических, структурно-тектонических, геофизических и т. п.) намечаются перспективные площади для проведения полевых заверочных работ, по результатам которых были выбраны участки — полигоны. По ним составлены космофотоструктурные карты масштаба 1 : 50 000, на которые вынесены все данные по проявлениям полезных ископаемых и прогнозированию. Основная задача этого этапа исследований — определить возможности материалов ДС при среднемасштабном прогнозировании и изучении локальных признаков и их дешифрируемости для отдельных типов проявлений твердых полезных ископаемых на примере известных рудных районов Токрауского синклиория. Особое внимание уделялось дешифрированию геологических образований, вмещающих оруденение, разрывным нарушениям различных порядков, выявлению трещинных рудоносных интрузий, центров вулканической деятельности и сопровождающих их структур (концентральных, кольцевых, дуговых, радиальных разрывов, отдельных

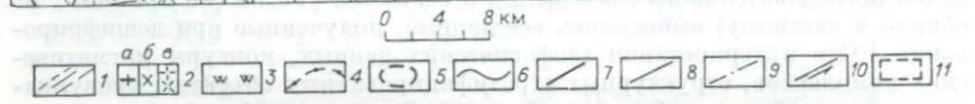
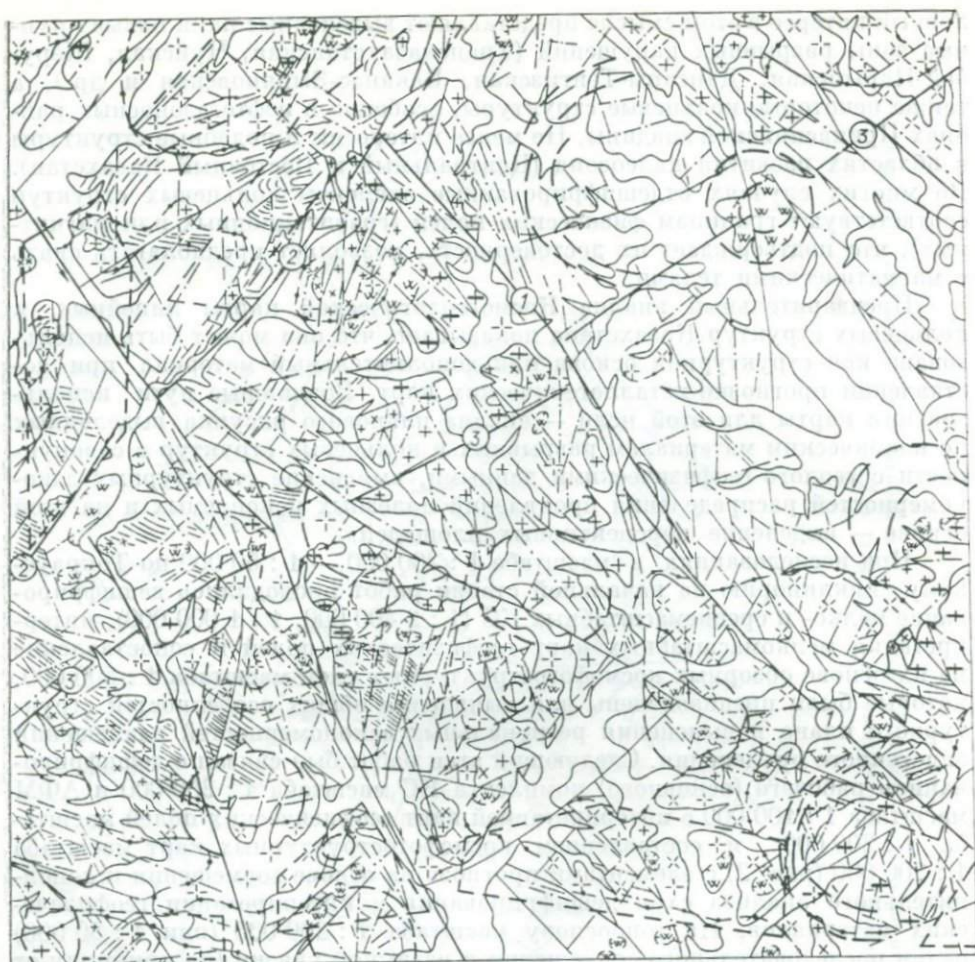


Рис. 2. Космофотоструктурная карта по району Токрауского синклиория.
 1 — структурные линии и отдельные горизонты; 2 — интрузивные образования (а — кислого состава, б — среднего состава, в — не выходящие на поверхность образования); 3 — вторичные кварциты; 4 — границы геологических объектов, выделенных по геофизическим данным; 5 — кольцевые структуры; 6 — контур палеозойских образований; 7—9 — разрывные нарушения: 7 — первого порядка, 8 — второго порядка, 9 — высоких порядков; 10 — сдвиги; 11 — перспективные площади. Цифрами в кружках обозначены разломы: 1 — Жанаалашский, 2 — Уралбайский, 3 — Жиланды-Жандауский, 4 — Каргалинский.

структурных элементов и т. п.). На этом же этапе была выполнена систематизация на формационной основе практически всех учтенных на исследуемой территории рудных проявлений полезных ископаемых, составлены схемы металлогенического районирования в масштабе работ, выполнена статистическая обработка поисковых признаков, на основе чего выделены перспективные площади и участки. Статистический анализ заключался в выяснении частоты встречаемости и значимости дешифрирующихся на аэрофото- и космических материалах или выделяющихся в геофизических полях поисковых признаков известных проявлений, соответствующих определенной рудной формации.

Обработка проводилась путем снятия характеристик пространственного положения оруденения относительно линейных и кольцевых структурных элементов, приуроченных к интрузивным образованиям и зонам метаморфизма, выделенных на космофотоструктурной карте, совмещенной с картой проявлений полезных ископаемых. В итоге сумма соответ-

ствующих признаков по каждому из проявлений характеризовала общие закономерности размещения и локализации оруденения для определенной рудной формации.

Статистическая обработка выполнялась по следующей группе признаков: разрывные структуры с разделением их по значимости и направлению; контакты интрузивных массивов; овальные и кольцевые структуры; характеристика вмещающей среды — изотропная (нескладчатая) и анизотропная (складчатая); локальные зоны метаморфизма. Эти основные структурные признаки дополнялись данными с формационно-металлогенических схем о связи оруденения с определенными интрузивными комплексами и геологическими формациями. При статистической обработке было учтено 24 признака. Всего же по территории Токрауского синклинория изучено 1332 проявления (в том числе месторождения, рудопроявления, точки минерализации).

Итак, подтверждено положение о ведущей роли структурных признаков, в первую очередь разрывных нарушений, а также интрузивного магматизма. Частота встречаемости этих признаков для исследованного района равна соответственно 90 и 63%. Установлено, что основное значение в пространственном размещении и локализации оруденения отводится разломам третьего и более высоких порядков. При этом отчетливо наблюдается контроль оруденения определенной системой разрывных структур. Прежде всего это зоны мелких оперяющих трещин и разломов северо-восточных румбов (аз. 30°); частота встречаемости таких признаков более 46%. Важное значение имеют также разломы северо-западного простирания (аз. $300, 330^\circ$), характеризующиеся обычно как правосторонние сдвиги; частота встречаемости 30%. Определенную роль в размещении эндогенного оруденения играют устанавливаемые по материалам космических съемок кольцевые структуры, и в первую очередь их дуговые фрагменты или узлы пересечения внешних частей сложных кольцевых структур с системами разномасштабных разрывных нарушений; частота встречаемости этого признака 40%.

Оруденение относительно границ интрузивных массивов размещается в основном в надинтрузивных и экзоконтактовых зонах, установленных по данным геофизических исследований. Оруденение непосредственно в интрузивах связано, как правило, с их апикальными неэродированными частями. Роль пликативных структур в размещении и локализации оруденения в силу специфики района, масштаба этого признака, а также масштаба работ и используемых материалов изучена недостаточно. Анализ также показал, что подавляющая часть проявлений полезных ископаемых расположена в породах с невыраженной слоистостью, т. е. размещение и локализация их (для конкретного района) мало зависят от характера и степени складчатости вмещающих образований.

В результате проведенного статистического анализа выделено 75 перспективных участков, рекомендованных для поисково-оценочных работ на стадии геологического доизучения или площадных поисков масштаба 1 : 50 000. Следует учесть, что представленные рекомендации учли лишь определенные поисковые критерии и должны рассматриваться как один из этапов исследований или как элемент прогноза в общем комплексе работ по составлению прогнозно-металлогенических карт.

Интересные результаты комплексного использования материалов дистанционного зондирования получены по Чу-Илийскому рудному району, по которому были составлены полистные космоструктурные карты масштаба 1 : 200 000 и сводная космоструктурная карта всего региона в масштабе 1 : 500 000, с выделением участков, перспективных на поиски рудных полезных ископаемых.

По материалам дистанционного зондирования удалось уточнить рисунок многих известных разрывных нарушений и их плановые взаимоотношения, что позволило получить дополнительный материал о закономерностях локализации эндогенного оруденения. Так, Джалаир-Найманский разлом впервые представляется как сложная прямолинейная шовная

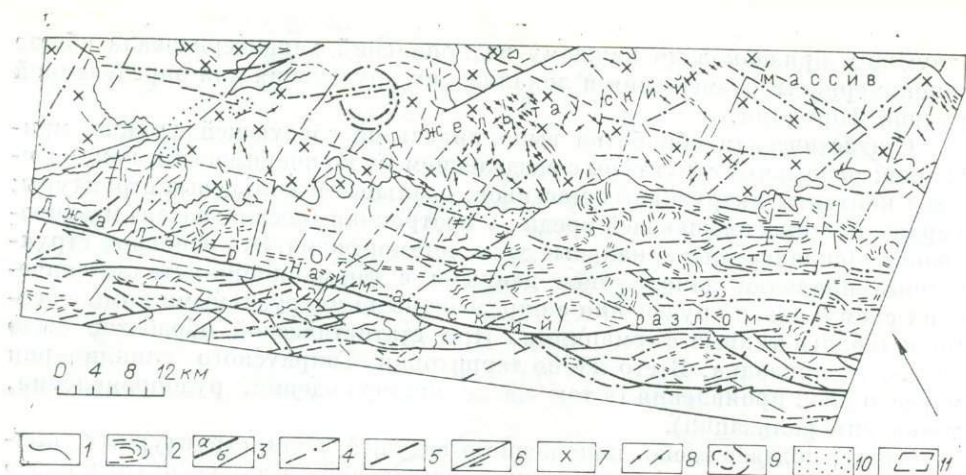


Рис. 3. Фрагмент космофотоструктурной схемы Чу-Илийского региона (район Джельтауского массива).

1 — границы интрузивных массивов; 2 — структурные линии; 3 — разрывные нарушения, выделенные по геологическим данным (а — первого, б — второго порядка); 4 — разрывные нарушения, выделенные по аэро- и космоснимкам; 5 — разрывные нарушения, выделенные по комплексу дистанционных методов; 6 — сдвиги; 7 — гранитоиды; 8 — дайки; 9 — кольцевые структуры, выделенные по аэро- и космоснимкам; 10 — надынтрузивные зоны; 11 — рудоперспективные участки.

структура, состоящая из системы сближенных разновеликих кулис (рис. 3). Близширотные разрывные нарушения (Сарытумский и др.) являются структурными, опережающими его. Участки сопряжения главного и опережающих разломов достаточно отчетливо дешифрируются на высотных и крупномасштабных космических снимках. Отдешифрован характер движений (кинематика) по отдельным разломам, впервые выделен целый ряд сквозных для региона структур — широтного и меридионального простираний, кольцевых структур и объектов изометричной формы, характеризующихся различными размерами и геологической природой. При дешифрировании космических снимков выявлены ранее неизвестные разрывные нарушения северо-восточного направления, имеющие важное поисковое значение. Нередко ими контролируется плановое положение различных типов полезных ископаемых. Эти трещины характеризуются взаимным субпараллельным направлением, ориентированным диагонально общему простираанию структур, близким друг к другу расположением и малой протяженностью.

Размер локальных кольцевых структур в пределах региона 2—10 км, отдельные достигают 40 км (рис. 4). Как правило, они имеют радиально-концентрическое строение, в рельефе выражены локальными купольными поднятиями и представляют собой, вероятно, одну из форм проявления очаговых вулканогенных структур.

Перспективные на проявление полезных ископаемых участки в пределах Чу-Илийского региона выделены при изучении по составленной космоструктурной карте структурных особенностей известных рудных месторождений, приуроченности их к определенным генетическим типам разрывных нарушений (сдвигам, сбросам и т. д.), интрузивным массивам (зонам контактов и надынтрузивным зонам), кольцевым структурам, в том числе узлам их пересечения с разрывными нарушениями.

Так, одно из месторождений в экзоконтакте гранитоидного массива (см. рис. 3), по данным дешифрирования космических и высотных снимков, расположено на пересечении разрыва северо-западного направления, идущего параллельно Джалаир-Найманской шовной зоне, с разрывным нарушением северо-восточного простираания более высокого порядка. Северо-западный разрыв, по нашей интерпретации, является правосторонним сдвигом и, по всей вероятности, рудоподводящий; северо-восточный разлом дешифрируется как левый сдвиг и, возможно, рудовмещающий.

Рис. 4. Фрагмент космофотоструктурной схемы Чу-Илийского региона (район Кызылтасского и Хантауского массивов).

Усл. обозн. см. на рис. 3.

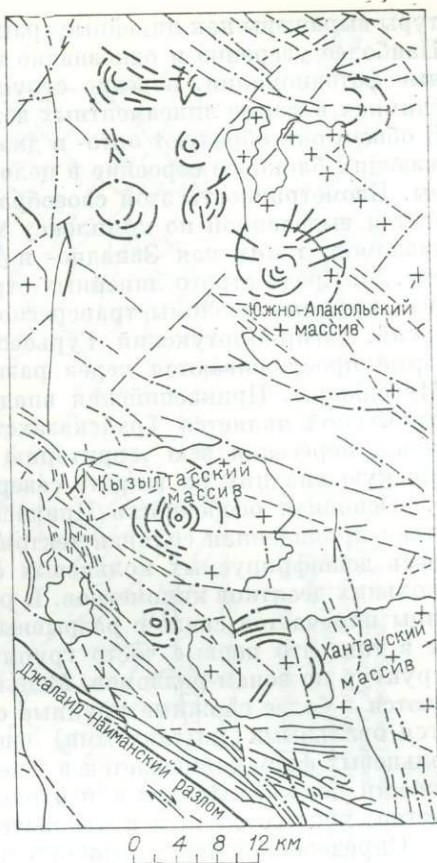
В подобной структурной обстановке находятся и другие аналогичные рудопроявления.

Исходя из установленной закономерности в зоне экзоконтакта гранитоидного массива выделены перспективные участки, которые пространственно тяготеют к узлам пересечения разрывных нарушений северо-западного и северо-восточного (непротяженных) направлений. Несколько участков отнесено в разряд перспективных на основании того, что они охватывают серию мелких разрывных нарушений северо-западного и северо-восточного направлений и, кроме того, пространственно приурочены к приконтактовым зонам Жельтауского, Майкольского, Жалгызского и Каракамысского массивов, что устанавливается по гравиметрическим данным.

Выделенный в пределах Чу-Илийского региона по комплексу космических и геофизических материалов ряд кольцевых объектов соответствует вулканотектоническим структурам, которые в совокупности с линейными разрывными нарушениями представляют практический интерес для поисков эндогенного оруденения. В частности, известное в регионе месторождение пространственно совмещается с дешифрируемой на АФС локальной кольцевой структурой и пересекающими ее разрывами третьего порядка северо-западного и северо-восточного направлений. В этой связи интерес представляет также выделенный по материалам дистанционного зондирования ряд локальных кольцевых структур, рекомендованных под проверку на цветные, редкие и благородные металлы (см. рис. 4.)

Выполненные в Чу-Илийском регионе работы по комплексному использованию материалов дистанционного зондирования для выделения перспективных площадей и участков явились первым этапом — этапом мелкомасштабного прогнозирования. Второй этап предусматривает проведение на выделенных площадях поисковых работ на базе крупномасштабных аэрофото- и космических материалов с наземным комплексом геолого-геофизических исследований.

Существенно иным по ландшафтным особенностям, а следовательно, по комплексу привлеченных материалов является район Прикаспийской впадины, где развиты слабодислоцированные рыхлые МZ — КZ образования. Здесь наиболее информативны мелко- и среднемасштабные (не крупнее 1 : 500 000) космоснимки. Значительно большую, чем для открытых районов, роль играют геофизические материалы. По территории впадины по комплексу материалов дистанционного зондирования составлены космофотоструктурные карты масштаба 1 : 1 000 000, основным содержанием которых являются системы линейных, изометричных и кольцевых линеаментов как границы площадных и линейных фотоаномалий. Выделенные линейные фотоаномалии на всем своем протяжении или на отдельных участках подтверждаются и в геофизических полях. На КС эти струк-



туры выражены как линейные границы различных ландшафтных областей. Наиболее уверенно и однозначно интерпретируются протяженные линейные фотоаномалии, нередко сгруппированные в зоны и выраженные на снимках в форме линеаментных зон различной протяженности и ширины. В общем они образуют орто- и диагональную системы линеаментов, отражающих блоковое строение в целом изометричной Прикаспийской впадины. Изометричность этой своеобразной структуры Казахстана подчеркивается выделенной по комплексу материалов системой крупных дуговых разломов, таких как Западно- и Восточно-Карахобдинский (см. рис. 1; рис. 5). Среди строго линейных структур в первую очередь следует отметить крупные разломы трансрегионального характера: Шалкар-Жельтауский, Азгир-Мортукский, Гурьевско-Талдысайский, Ащи-Сагызский, которые прослеживаются через разнородные геоструктурные сооружения (Мугоджары, Прикаспийская впадина). Но наиболее крупной линейной структурой является Трансказахстанская широтная зона разломов, которая, пересекая всю территорию Казахстана, проходит через Прикаспийскую впадину на широте северного побережья Каспийского моря.

Основная особенность Прикаспийской впадины — широко и интенсивно проявленная соляная тектоника. Именно этим объясняется обилие здесь дешифрируемых кольцевых структур диаметром от единиц до нескольких десятков километров. В расположении кольцевых структур впадины намечается связь с разрывными нарушениями, которая проявляется в том, что первые часто группируются в виде систематизированных структур по зонам разломов. Меньших размеров кольца обычно группируются в более сложные крупные объекты (комплексы), которые отличаются овальными (вытянутыми) очертаниями. Определенная часть этих кольцевых форм совмещается в плане с региональными аномалиями силы тяжести положительного или отрицательного знака и соответствуют, вероятно, положительным и отрицательным структурам осадочного чехла.

Определенная часть подобных «кольцевых» комплексов пространственно приурочена к региональным аномалиям силы тяжести. В этом плане следует прежде всего отметить Хобдинский гравитационный максимум, который ограничивается с востока системой крупных дугообразных разломов, выявленных по космическим снимкам; в его пределах дешифрируются изометричные объекты диаметром 80—90 км. Аралсорский максимум силы тяжести в северо-западной части Прикаспийской впадины в космических материалах выражен менее отчетливо. В его пределах дешифрируется лишь одиночная кольцевая структура диаметром 50 км неясного генезиса. В целом крупные кольцевые объекты формируют общий изометрично-мозаичный плановый рисунок Прикаспийской впадины, в значительной мере осложненный разрывными нарушениями различных направлений и порядков, которые в ряде случаев контролируют размещение отдельных кольцевых структур и кольцевых комплексов.

Анализ положения известных нефтяных и газовых проявлений относительно выделенных линейных и кольцевых структур показал, что в некоторых случаях наблюдается их пространственная принадлежность к известным соляным куполам или линейным структурам (см. рис. 5). Так, отдельные нефтегазовые проявления тяготеют к Трансказахстанскому, Индер-Сагызскому, Ибекши-Доссорскому широтным разломам, концентрируясь в узлах их пересечения с разрывными нарушениями более высоких порядков. Некоторые проявления контролируются линейными структурами северо-восточного (Гурьевско-Талдысайский и более мелкие) и северо-западного (Шалкар-Жельтауский и более мелкие) простирания, локализуясь в узлах пересечений широтных зон с северо-восточными и меридиональными, куда приурочены и выделяемые в гравитационном поле соляные купола, а также коррелирующиеся с ними кольцевые структуры.

Исходя из совокупности указанных закономерностей в пределах южной и юго-восточной частей Прикаспийской впадины были намечены участки, структурная обстановка которых относительно более благоприятна

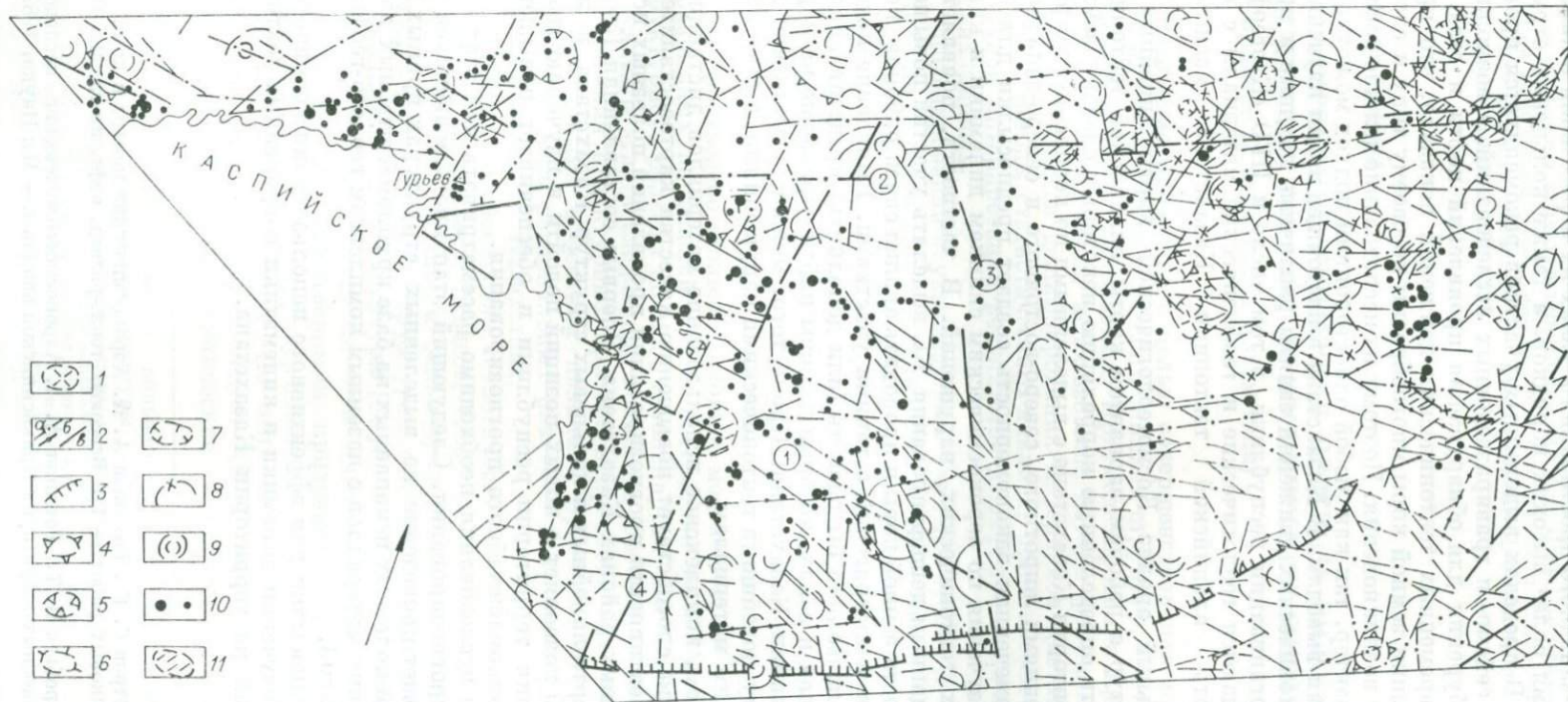


Рис. 5. Космофотоструктурная карта по району Прикаспийской впадины.

1 — интрузивные массивы, не выходящие на дневную поверхность; 2 — разрывы разных порядков (а — по данным дешифрирования КС, б — по геофизическим данным, в — по комплексу материалов); 3 — предполагаемые сбросы; 4, 5 — кольцевые структуры по данным дешифрирования КС: отождествляемые с соляными куполами (4) и с котловинами и мульдами (5); 6, 7 — кольцевые структуры по геофизическим данным: отождествляемые с соляными куполами (6) и с котловинами и мульдами (7); 8, 9 — кольцевые структуры по данным дешифрирования КС: связанные с формированием интрузивных плутонов (8) и неясного генезиса (9); 10 — нефтегазопроявления; 11 — перспективные площади. Цифры в кружках — разломы: 1 — Трансказахстанский, 2 — Гурьевско-Талдысайский, 3 — Шалкар-Жельтауский, 4 — Ащи-Сагызский.

для выделения в их пределах проявлений нефти и газа. Эти участки выделены на продолжении крупных тектонических зон широтного, северо-восточного и северо-западного простирания в узлах их пересечений с линейными нарушениями более высоких порядков, а также кольцевых структур (см. рис. 5). В пределах выделенных участков рекомендуется проведение детальных сейсмо- и гравиразведочных исследований, а возможно, и структурного бурения для обнаружения проявлений нефти и газа.

Изучение современных тектонических движений показало, что проявления геодинамики земной коры многообразны по своему типу и сложны по механизму возникновения. Поэтому их исследование должно носить комплексный характер, так как любой односторонний подход может привести к ошибочным выводам. В Казахстане в настоящее время изучением современных тектонических движений заняты различные научные и производственные организации республики, в том числе и ПГО «Казгеофизика», где обобщаются геологические и геофизические материалы с составлением карты альпийской тектоники Казахстана масштаба 1 : 1 500 000.

Предварительный анализ Космогеологической карты линейных и кольцевых структур с рабочим вариантом карты альпийской тектоники позволил наметить определенную корреляцию некоторых очагов землетрясений на территории Казахстана с выделенными по космоснимкам разрывными нарушениями широтного, северо-восточного и северо-западного направлений. Намеченная закономерность создает предпосылки для более детального изучения по аэрокосмическим снимкам динамики и кинематики новейших тектонических нарушений. В частности, появляется возможность по данным дешифрирования КС выделять участки повышенной раздробленности земной коры и проводить анализ связи районов концентрации очагов землетрясений с такими участками. Выявление подобной корреляции позволило бы развить (или дополнить) представления о сейсмогенных узлах и зонах, которые должны найти отражение на карте альпийской тектоники Казахстана. Кроме того, можно существенно дополнить эту карту новейшими тектоническими нарушениями, выявленными по космическим материалам.

Таким образом, комплексное использование материалов дистанционного зондирования способствует повышению качества картосоставительских работ и эффективности прогнозирования проявлений полезных ископаемых в различных районах Казахстана. Впервые составленная Космогеологическая карта линейных и кольцевых структур Казахстана в масштабе 1 : 1 500 000 позволяет с новых позиций подойти к изучению геологического строения территории республики и обеспечивает повышение достоверности мелкомасштабного прогнозирования.

Проведенные исследования необходимо рассматривать как этап мелкомасштабного прогнозирования. Следующий этап продолжающихся работ предусматривает проведение на выделенных структурах прямых поисков проявлений полезных ископаемых на базе крупномасштабных аэрофото- и космических материалов с наземным комплексом геолого-геофизических исследований.

Имеются предпосылки для эффективного использования космических материалов при изучении динамики и кинематики современных тектонических нарушений на территории Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

- Кирюхин Л. Г., Петров С. Е., Ромашов А. А. Аэрокосмические методы в комплексе нефтегазописковых работ.— Тр. Всесоюз. геол.-развед. нефт. ин-та, М., 1981, с. 5—8.
- Оруджева Д. С., Воробьев В. Т., Ромашов А. А. Аэрокосмогеологические исследования нефтегазоносных территорий Прикаспийской впадины.— М.: Наука, 1982.— 76 с.
- Розанов Л. Н. Особенности отображения тектонических разломов на снимках из космоса.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 3, с. 98—100.

Щеглов А. Д. Рудная геология и космические исследования.— Сов. геология, 1977, № 11, с. 95—103.

Щеглов А. Д., Брюханов В. Н., Буш В. А. и др. Космогеологическая карта линейных и кольцевых структур территории СССР.— В кн.: Доклады советских геологов на 26-й сессии Международного геологического конгресса (Париж, 1980 г.). Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. М.: Наука, 1980, с. 130—137.

Н. В. СКУБЛОВА

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ПРОГНОЗА ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПО АЭРО- И КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ (на примере Центрального Казахстана)

Исследование проведено с целью совершенствования приемов прогнозирования по аэро- и космическим снимкам структур, контролирующих размещение полезных ископаемых. При моделировании критериев прогноза эндогенного оруденения использованы методы формализации отдельных операций процесса дешифрирования материалов дистанционных съемок (МДС) и методы статистического анализа, применяемого в процессе совместной интерпретации результатов дешифрирования и геолого-геофизических данных.

Моделирование осуществлялось в четыре этапа. В начале исследований были установлены причинно-следственные связи между различными генетическими факторами кольцевых вулканоплутонических структур (КВПС) и соответствующих им кольцевых морфоструктур. Второй этап заключался в выявлении факторов локализации эндогенного оруденения и прогнозной оценке отдешифрированных на космических снимках кольцевых структур и зон разломов посредством применения методов непараметрической статистики с использованием ЭВМ. В третий этап исследований произведено геоиндикационное моделирование кольцевых структур и разрывных нарушений путем построения на ЭВМ карт абстрактного структурного рельефа по МДС и топокартам. На заключительной стадии результаты этих исследований положены в основу геоиндикационного моделирования структурных критериев прогноза эндогенного оруденения.

Эталонными объектами являлись рудоконтролирующие кольцевые структуры, зоны региональных разломов и крупные разрывные нарушения Центрального Казахстана.

КВПС по особенностям геологического строения разделяются на купольные и кальдерные [Авдеев, 1965], по величине денудационного среза — на слабо-, средне- и сильноэродированные структуры. В рельефе вулканоплутоническим структурам соответствуют горстовые, купольные или кольцевые морфоструктуры [Скублова, 1974]. Применение методов непараметрической статистики при анализе связи между 24 качественными признаками 27 эталонных кольцевых структур позволило выявить взаимозависимые признаки. По этим признакам построена функциональная модель КВПС, графически отображающая генетические закономер-

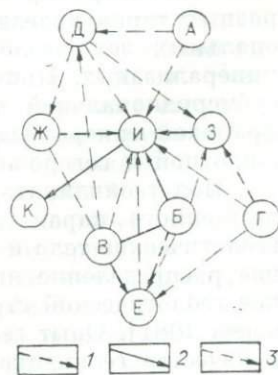


Рис. 1. Функциональная модель кольцевой вулканоплутонической структуры.

1—3 — достоверность выявленных связей: 1 — более 92%, 2 — более 95%, 3 — более 68%, стрелка направлена в сторону зависимости признака. Буквами обозначены признаки кольцевых структур: А — положение КВПС в геологических структурах района, Б — тип геологического строения КВПС, В — степень эродированности КВПС, Г — размер КВПС, Д — особенности гравитационного поля, Е — величина локального гравитационного минимума, Ж — амплитуда регионального новейшего поднятия, З — амплитуда локального новейшего поднятия, И — тип морфоструктуры, К — асимметричность строения КВПС.

ности (рис. 1) [Скублова, Скублов, 1974]. Например, из этой модели следует, что купольным морфоструктурам соответствуют сильноэродированные КВПС купольного типа, особенностью которых являются крупные локальные гравитационные минимумы и максимальные амплитуды локальных новейших поднятий. В отличие от них кольцевым морфоструктурам с кольцевым валом новейших поднятий и депрессией в центре соответствуют слабоэродированные кальдерные КВПС с умеренными гравитационными минимумами.

Установление прямых зависимостей между особенностями геологического строения, геофизического поля, строением морфоструктуры и проявлением локальных новейших движений послужило теоретическим обоснованием возможности выявления по МДС рудоконтролирующих структур методом геоиндикационного моделирования.

На втором этапе был создан информационный банк признаков, в который вошли геолого-геофизические данные, снятые с карт масштаба 1 : 200 000, и результаты дешифрирования МДС. К признакам структур, выявленных на МДС, относятся: поименная кодировка 20 зон региональных разломов, зоны этих разломов шириной 3, 6, 10 км по обе стороны от оси зоны; зоны второстепенных разломов шириной 2 км от их осевых частей; пространственная ориентировка разломов; поименная кодировка 18 кольцевых структур, в их пределах зоны шириной 3, 6 км от оси границевого разлома по обе стороны от него и ядерная часть кольцевой структуры. Статистически обоснованные взаимосвязи между признаками, характеризующими кольцевые и линейные структуры, выявленные на МДС, и геолого-геофизическими признаками использованы при моделировании вулканоплутонического рудного узла (ВПРУ). При этом среди установленных критериев прогноза полезных ископаемых отобраны только те, информацию о которых можно извлечь с МДС. Исключение составляют геофизические признаки, так как между особенностями геофизического поля и рельефом существуют сложные зависимости [Скублова, 1974].

Далее рассмотрим некоторые критерии оруденения разных типов в пределах ВПРУ. Для рудоконтролирующих КВПС установлен ряд закономерностей дифференциации рудной минерализации по площади. Например, вольфрамовая минерализация тяготеет к внутренним частям среднеэродированных КВПС, к которым приурочены граниты акчатауского комплекса второй фазы внедрения. В этих структурах должно также отмечаться наличие низкого по значениям гравитационного и сильно дифференцированного магнитного полей. Для молибденовой минерализации наиболее перспективны внешние зоны кольцевых структур, прилегающие к границному кольцевому разлому. Молибденовое оруденение как и вольфрамовое, связано с гранитными интрузиями акчатауского комплекса. Однако отличительным признаком является большая величина локального гравитационного минимума. К внешним зонам КВПС обычно приурочена медная минерализация.

Рудоконтролирующая роль разрывных нарушений неоднозначна для разных типов полезных ископаемых. Так, в центральных частях региональных зон разломов локализуется медная, свинцовая, серебряная минерализация. Причем узлы пересечения разломов северо-восточной и субмеридиональной ориентировки предопределяют локализацию вольфрамовой минерализации, северо-западной и северо-восточной — медной, широтной и северо-восточной — свинцовой.

Под геоиндикаторами понимаются информативные интервалы количественного параметра природного объекта, позволяющие распознать геологические тела и структуры на МДС. Таким образом, пространственное распределение индикаторов или изменение их свойств, обусловленное геологической структурой, являются ее признаком [Афанасьев, Можяев, 1981]. Опыт геоиндикационных исследований свидетельствует, что в качестве геоиндикаторов могут быть использованы различные характеристики эрозийной сети, выявленные путем статистического анализа

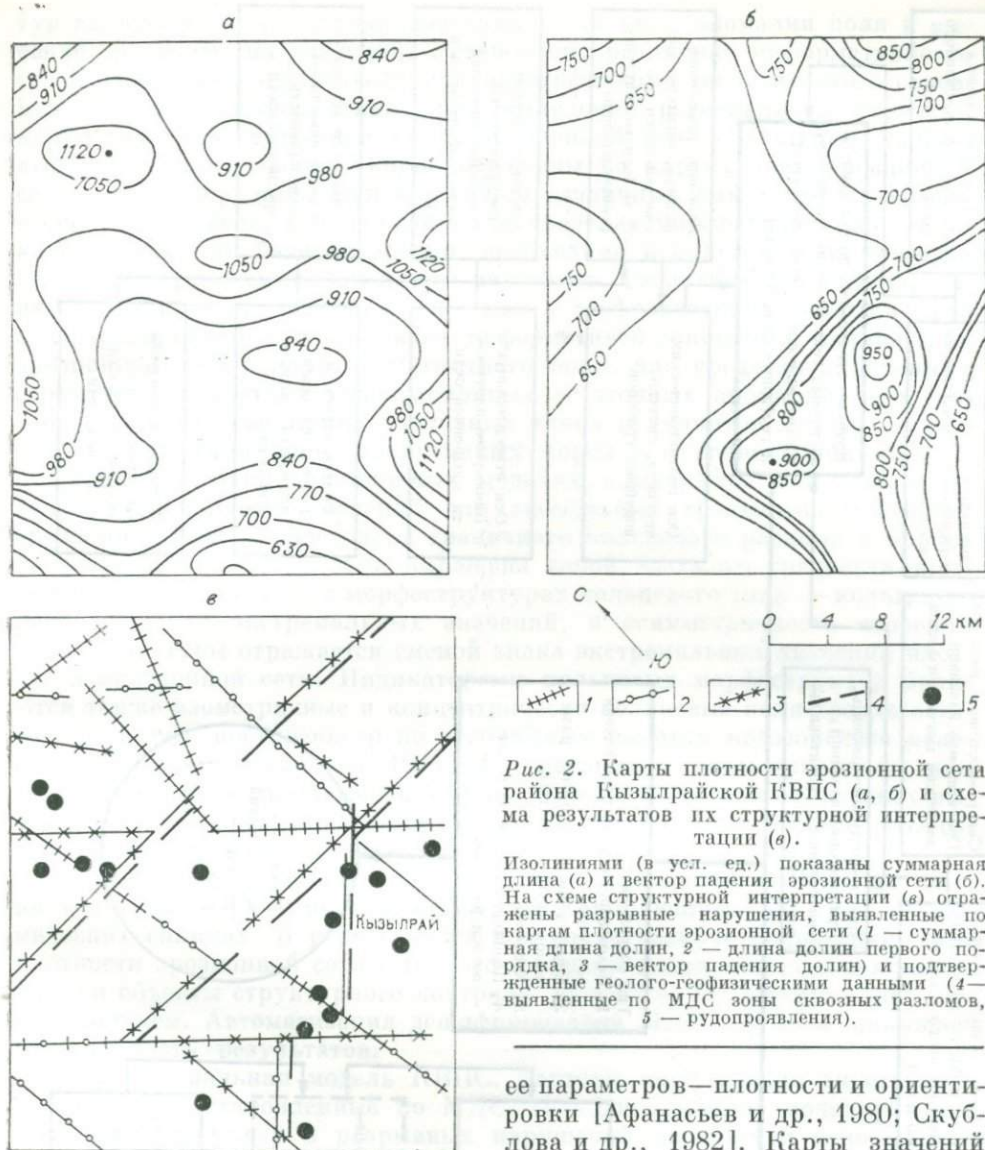
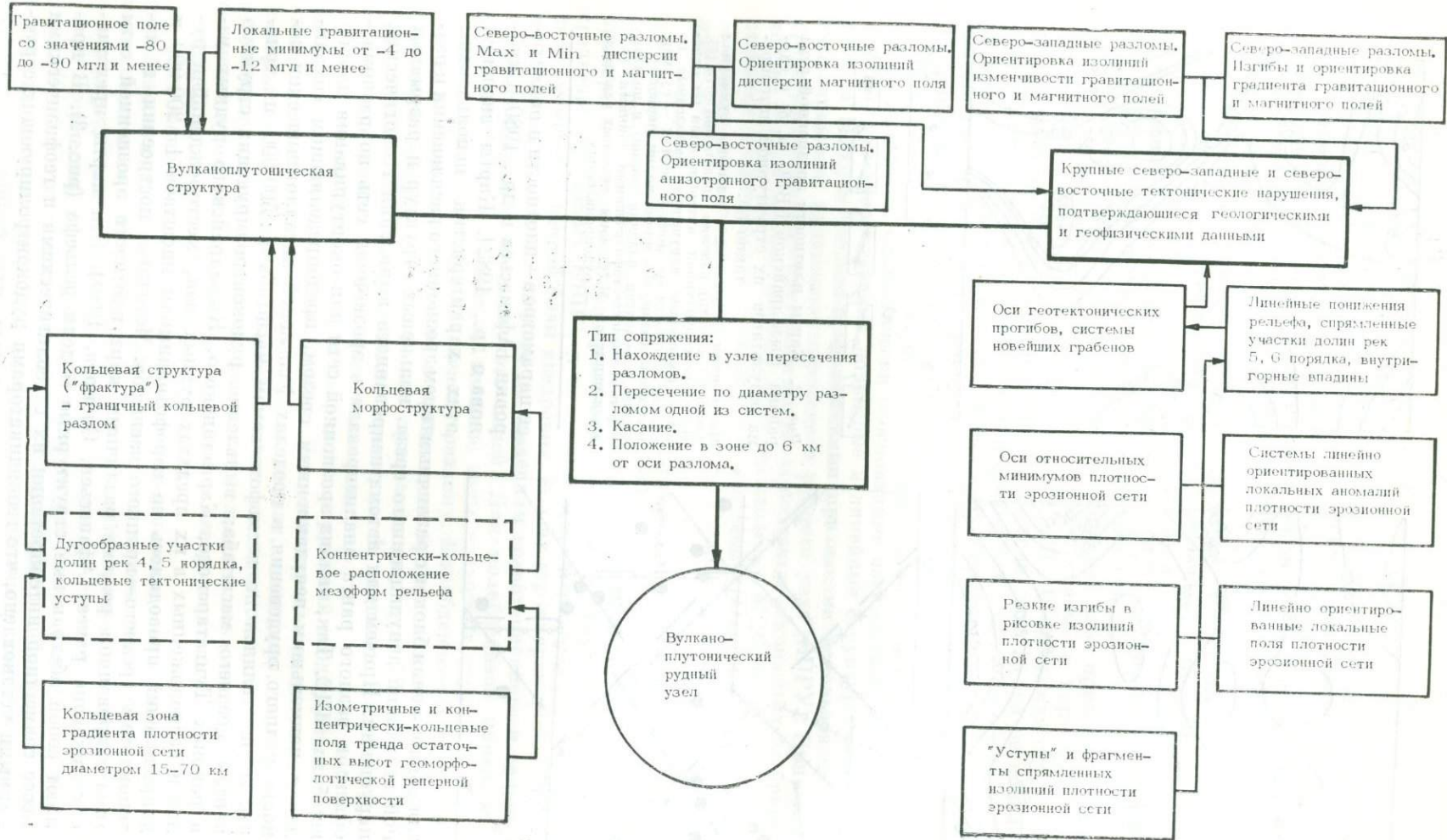


Рис. 2. Карты плотности эрозивной сети района Кызылрайской КВПЗ (а, б) и схема результатов их структурной интерпретации (в).

Изолиниями (в усл. ед.) показаны суммарная длина (а) и вектор падения эрозивной сети (б). На схеме структурной интерпретации (в) отражены разрывные нарушения, выявленные по картам плотности эрозивной сети (1 — суммарная длина долин, 2 — длина долин первого порядка, 3 — вектор падения долин) и подтвержденные геолого-геофизическими данными (4 — выявленные по МДС зоны сквозных разломов, 5 — рудопроявления).

ее параметров — плотности и ориентировки [Афанасьев и др., 1980; Скублова и др., 1982]. Карты значений этих характеристик использованы для обнаружения блоков с различным типом эрозивного расчленения и разной величиной денудационного среза, кольцевых структур и разрывных нарушений. Причем для автоматизированного выявления геологических объектов разного ранга анализировалась эрозивная сеть по разномасштабным МДС. Так, анализ эрозивной сети для оконтуривания площадей с наименьшим денудационным срезом, предопределяющим сохранность медного оруденения в пределах Успенской металлогенической зоны, осуществлялся по космофотосхемам масштаба 1 : 500 000 и топокартам среднего масштаба; выявление рудоконтролирующих структур в районах Тунгатарского, Каргалинского, Кызылрайского рудных узлов и расположенных в их пределах рудных зон, месторождений и рудопроявлений проводилось по аэрофотоснимкам масштаба 1 : 200 000 и топокартам среднего — крупного масштаба. Методика построения в автоматизированном режиме различных карт плотности эрозивной сети опубликована ранее [Афанасьев, Сибирёв, 1980]. Эти карты представляют собой абстрактные структурные модели рельефа (рис. 2). В процессе совместной интерпретации их с геологическими и геофизическими данными установлено, что геоиндикаторами рудоконтролирующих струк-



тур являются экстремальные значения, локальные аномалии поля и высокие градиенты их значений. Установлена различная информативность структурных моделей рельефа при идентификации геологического строения. Наиболее информативны при выявлении региональных структур карты значений суммарной длины эрозионной сети. Локальные разрывные нарушения наиболее полно отражены на картах длин эрозионной сети первых порядков. При выявлении различных литолого-петрографических комплексов, расположенных в пределах морфоструктурного блока с одинаковым базисом эрозии, необходимо использовать крупномасштабную карту суммарной длины водотоков. Геологическая интерпретация таких карт проводится в комплексе с геофизическими данными. Для слабоэродированных КВПС более информативен совместный анализ схем эрозионной сети с картами магнитного поля, для среднеэродированных структур — с картами гравитационных остаточных аномалий. Это связано с тем, что специфика различных типов вулканитов лучше отражается в магнитном поле, интрузивных пород — в гравитационном.

КВПС на геоиндикационных моделях выявляются как кольцевые зоны экстремальных значений или аномальных градиентов плотности эрозионной сети. Причем зона граничного кольцевого разлома в морфоструктурах горстового типа выражена зоной высокого градиента плотности эрозионной сети, в морфоструктурах кольцевого типа — кольцевым расположением экстремальных значений, а асимметричность строения морфоструктуры отражается сменой знака экстремальных значений плотности эрозионной сети. Индикаторами кольцевых морфоструктур являются также изометричные и концентрически-кольцевые поля тренда остаточных высот, построенного по абсолютным высотам мезозойского пене-плена [Белонин, Скублова, 1974]. В сочетании с таким признаком, как локальные гравитационные минимумы, по картам тренда остаточных высот возможно прогнозирование в автоматизированном режиме КВПС, перспективных на эндогенное оруденение.

При геоиндикационном моделировании выявляются на МДС не только кольцевые структуры и разломы, дешифрирующиеся на аэро- и космических снимках. В ряде случаев при совместной интерпретации карт плотности эрозионной сети с геолого-геофизическими материалами выявляются объекты структурного контроля, визуально не обнаруженные исследователем. Автоматизация дешифрирования МДС при этом повышает объективность результатов.

Функциональная модель КВПС, факторы локализации эндогенного оруденения, установленные по МДС, геоиндикационное моделирование кольцевых структур и разрывных нарушений послужили основой для моделирования критериев прогноза эндогенного оруденения по аэро- и космическим снимкам.

Результаты заключительного этапа исследований графически отображены на рис. 3, 4. КВПС, перспективной на обнаружение полезных ископаемых, считается структура, имеющая определенное соотношение с крупными тектоническими нарушениями и отвечающая ряду условий, выявленных на втором этапе исследований при моделировании ВПРУ. Примерами таких условий являются гравитационное поле со значениями 80—90 мгл и менее, локальные гравитационные минимумы от 4 до 12 мгл и более. В качестве структурного критерия прогноза эндогенного оруденения предлагаются четыре основных типа сопряжения КВПС и крупных тектонических нарушений: нахождение КВПС в узле пересечения разломов, пересечение КВПС по диаметру разломом одной из систем, касание граничного кольцевого разлома региональным разломом и положение КВПС в зоне разломов на расстоянии до 6 км от оси зоны. Геоиндикационное моделирование структурно-тектонических критериев прогноза эндогенного оруденения в сочетании с геолого-геофизическими инфор-

Рис. 3. Сетевая модель геоиндикационной системы структурно-тектонических критериев прогноза эндогенного оруденения для вулканоплутонического рудного узла.

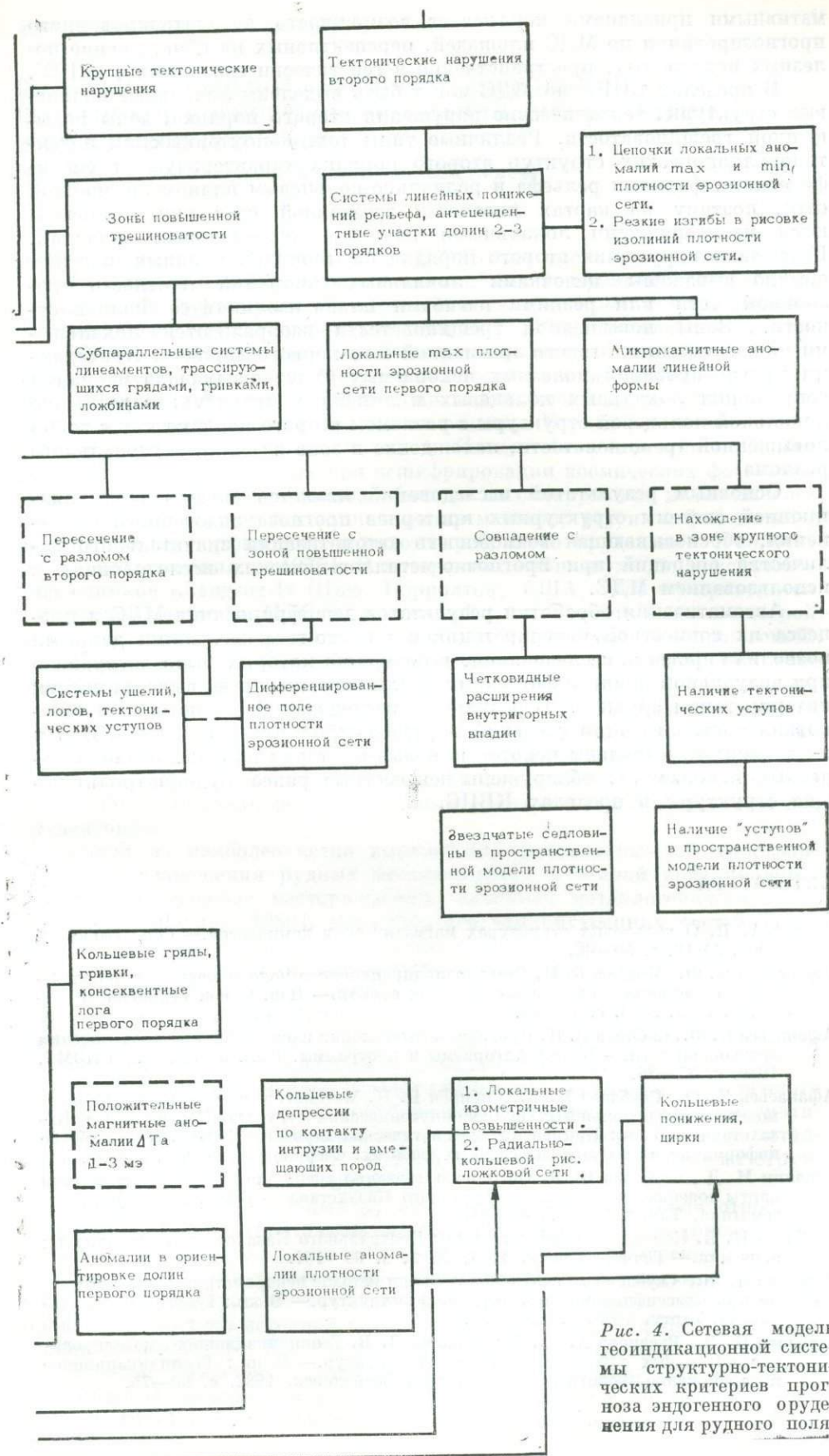
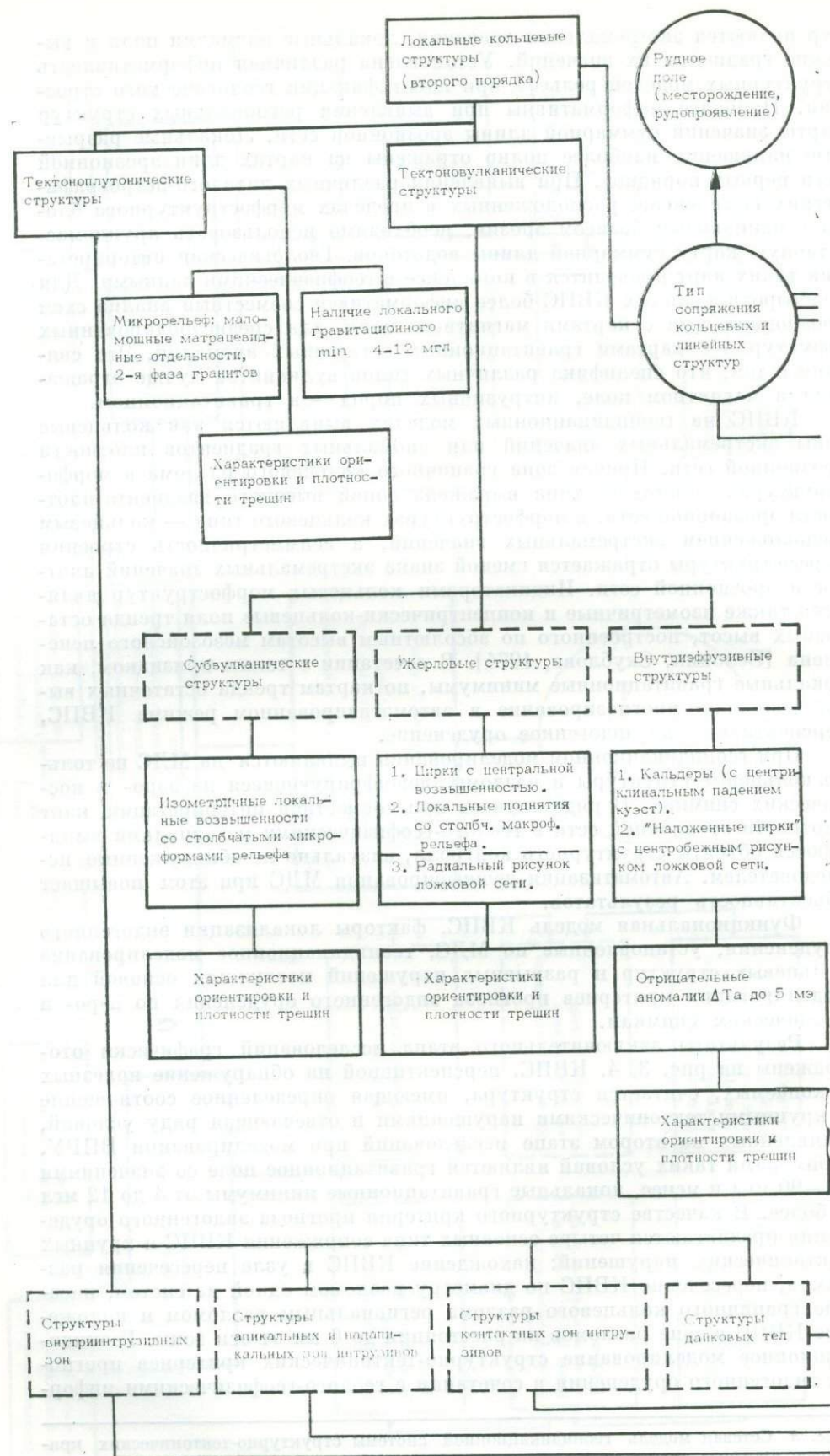


Рис. 4. Сетевая модель геоиндикационной системы структурно-тектонических критериев прогноза эндогенного оруденения для рудного поля.

мативными признаками показывает возможность автоматизированного прогнозирования по МДС площадей, перспективных на обнаружение полезных ископаемых, пространственно и генетически связанных с ВПРУ.

В пределах ВПРУ по МДС могут быть выделены локальные кольцевые структуры, тектонические нарушения второго порядка, зоны повышенной трещиноватости. Различные типы тектоноплутонических и тектоновулканических структур второго порядка характеризуются специфическими формами рельефа и радиально-кольцевым планом эрозионной сети, поэтому на картах плотности эрозионной сети они отображаются изометричными локальными полями экстремальных значений. Разрывные нарушения второго порядка на геоиндикационных моделях обычно выражены цепочками локальных аномалий плотности эрозионной сети или резкими изгибами плана изолиний ее поля плотности. Зоны повышенной трещиноватости изображаются локальными максимумами плотности эрозионной сети первого порядка. Критериями прогнозирования полезных ископаемых будут следующие варианты сопряжения локальных кольцевых и линейных структур: пересечение локальной кольцевой структуры с разломом второго порядка или с зоной повышенной трещиноватости, нахождение в зоне влияния регионального разлома.

Основным результатом исследований является модель геоиндикационной системы структурных критериев прогноза эндогенного оруденения, обосновывающая возможность автоматизации значительного количества операций при прогнозно-металлогенических исследованиях с использованием МДС.

— Автоматизация обработки результатов дешифрирования МДС и процесса их совместной интерпретации с геолого-геофизическими данными позволила провести исследование, выполнение которых было затруднено при визуальном анализе фотоснимков или совершенно не выполняемо при интерпретации вручную. В результате исследований статистически обоснована систематизация сведений о рудоконтролирующей роли КВПС и их элементов, выявлены некоторые новые критерии прогнозирования полезных ископаемых, обнаружены неизвестные ранее рудоконтролирующие структуры в пределах КВПС.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдеев А. В. О кольцевых структурах магматических комплексов.— Сов. геология, 1965, № 10, с. 50—66.
- Афанасьев Н. Ф., Можаяев Б. Н. Опыт геоиндикационного моделирования с использованием материалов аэро- и космических съемок.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 3, с. 46—50.
- Афанасьев Н. Ф., Сибирёв В. Н. Программы вычисления плотностей и вектора падения эрозионной сети.— В кн.: Алгоритмы и программы. Вып. 6 (41). М.: ВИЭМС, 1980, с. 37—38.
- Афанасьев Н. Ф., Скублова Н. В., Сибирёв В. Н. Математическое геоиндикационное моделирование кольцевых вулканоплутонических структур Центрального Казахстана.— В кн.: Применение математических методов и ЭВМ при обработке информации на геолого-разведочных работах. Свердловск, 1980, с. 52—53.
- Белонин М. Д., Скублова Н. В. Опыт использования тренд-анализа для составления карты новейшей тектоники Центрального Казахстана.— В кн.: География и математика. Тарту, 1974, с. 82—84.
- Скублова Н. В. Кольцевые морфоструктуры Центрального Казахстана и методика их изучения.— Геоморфология, 1974, № 2, с. 95—101.
- Скублова Н. В., Скублов Г. Т. Об использовании методов непараметрической статистики при классификации кольцевых морфоструктур.— В кн.: География и математика. Тарту, 1974, с. 124—125.
- Скублова Н. В., Русанова А. А., Тарасенкова Л. В. Геоиндикационное моделирование кольцевых вулканоплутонических структур.— В кн.: Геоиндикационное моделирование геологических структур. Свердловск, 1982, с. 60—75.

ЛОКАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ КОРЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПО ДАННЫМ КОСМОДЕШИФРИРОВАНИЯ, МОРФОМЕТРИИ И ПОИСКОВОЙ ГЕОХИМИИ

(на примере мезозойского вулканогенного пояса)

Дешифрирование космofотоснимков (КФС) для прогноза месторождений полезных ископаемых в настоящее время основано на возможности выявлять тектонические структуры или геологические тела, контролирующие распределение оруденения [Геологическое изучение..., 1978; Космическая геология, 1979], и в значительной мере базируется на металлогеническом анализе, представляющем собой совокупность многочисленных геологических методов, применяемых для установления закономерностей размещения полезных ископаемых, и информации из космоса. В ряде работ, связанных с применением, в частности, снимков «Ландсат-1», указывается важная роль разломов, выявленных при дешифрировании космических фотоснимков, для поисков перспективных объектов на обнаружение медно-никелевой минерализации и танталосных пегматитов, ртути, нефти и газа, медного, медно-порфирового и золотосеребряного оруденения [Геологические исследования..., 1975]. В материалах симпозиума по использованию снимков «Ландсат-1» (Нью Кэрролтон, США, 1975 г.) приводится пример выявления по КФС тектонической зоны Уолкер-Лейн, к которой пространственно приурочены 14 разрабатывающихся месторождений.

Первые попытки использования КФС при металлогеническом анализе сделаны в лаборатории аэрометодов [Можжаев и др., 1974] для выяснения особенностей изображения металлогенических зон и рудных месторождений. С помощью КФС удалось установить связь выявленных при дешифрировании зон разломов и приуроченных к ним магматических комплексов с полиметаллическим, свинцово-цинковым, свинцово-сурьмяным (Мал. Кавказ), редкометалльным (Центральный Казахстан) и др. оруденением.

Одной из наиболее четко выраженных закономерностей пространственного размещения рудных месторождений в земной коре является поясовое размещение месторождений, линейная металлогеническая зональность [Щеглов, 1980]. Известно, что для внутренних частей Тихоокеанского рудного кольца характерны месторождения меди, а для внешних — олова. Изученная территория — часть Тихоокеанского рудного кольца — в полной мере подтверждает данную глобальную закономерность. Дешифрирование КФС, проводимое при металлогеническом анализе мезозойского вулканогенного пояса (ВП), позволило изучить эти закономерности в региональном и локальном плане.

Региональные факторы, контролирующие размещение коренного оруденения в пределах ВП, обусловлены глубинными тектономагматическими процессами и выражаются в тесной взаимосвязи между металлогенической специализацией внешней и внутренней зон ВП и их структурно-формационными особенностями.

К разряду региональных рудоконтролирующих факторов относятся линеаменты I—III, трактующиеся как глубинные разломы (рис. 1). Дешифрирующиеся линеаменты четко выражаются в геологическом строении и физических полях территории. Линеаменты I и III являются тектоническими швами, прослеживающимися на границе крупных тектонических блоков с различной историей геологического развития и фиксируют положение мезозойского ВП, наложенного на более древние образования фундамента. Важнейшее рудоконтролирующее значение для ВП имеет линеамент II, разграничивающий пояс на внешнюю и внутреннюю зоны [Белый, 1977] и предопределяющий перспективность этих зон на обнару-

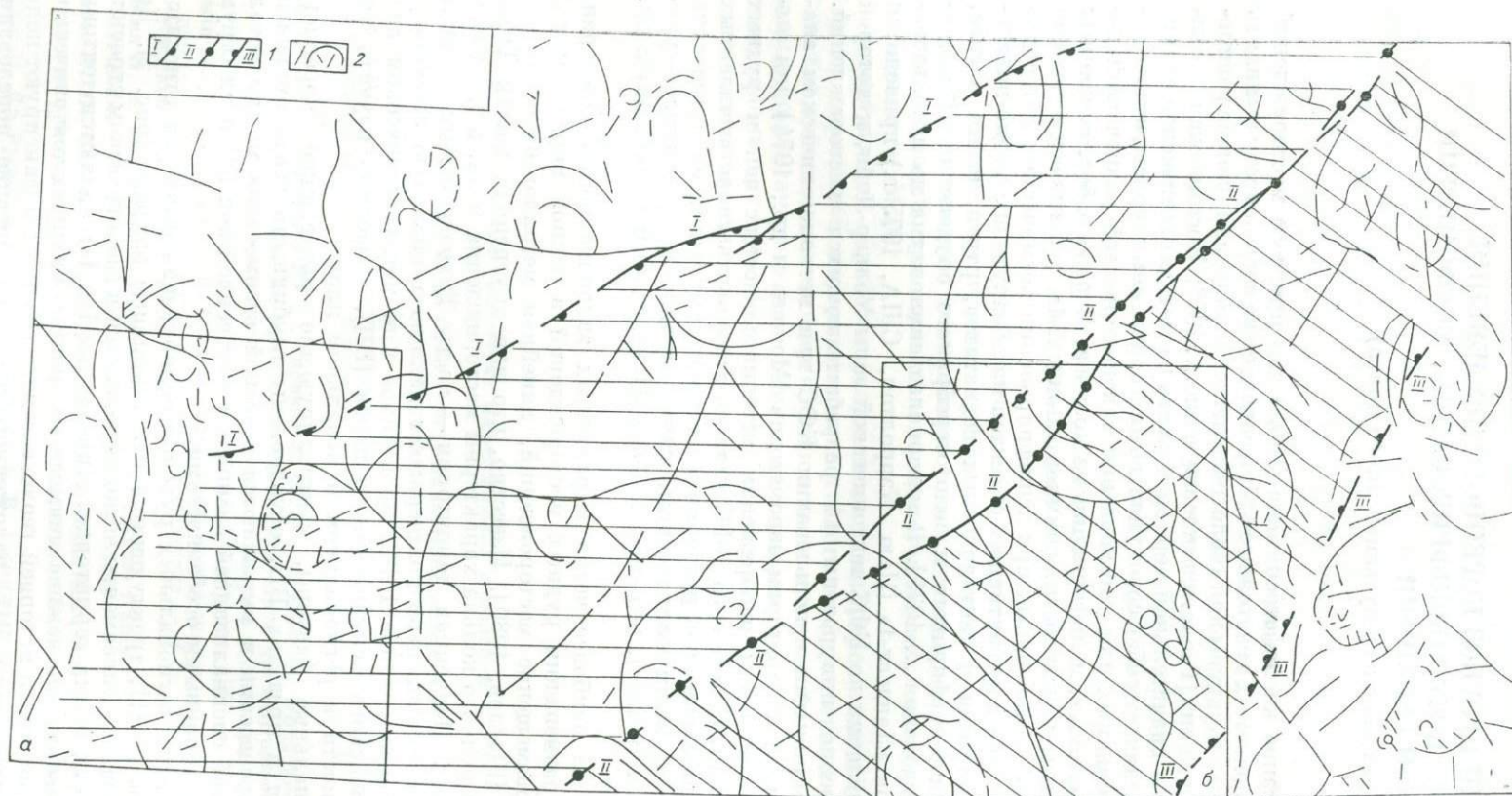


Рис. 1. Фрагмент схемы дешифрирования космического фотоснимка.
 1 — линеаменты, отождествляемые с региональными рудоконтролирующими глубинными разломами, выраженные в рельефе и геологической структуре: I и III — разделяющие крупные структурно-формационные тектонические блоки в фундаменте мезозойского вулканогенного пояса, II — разделяющие мезозойский вулканогенный пояс; 2 — прочие линеаменты и контуры локальных структур. На рисунке выделены районы детального дешифрирования космического фотоснимка во внешней (а) и во внутренней (б) зонах пояса.

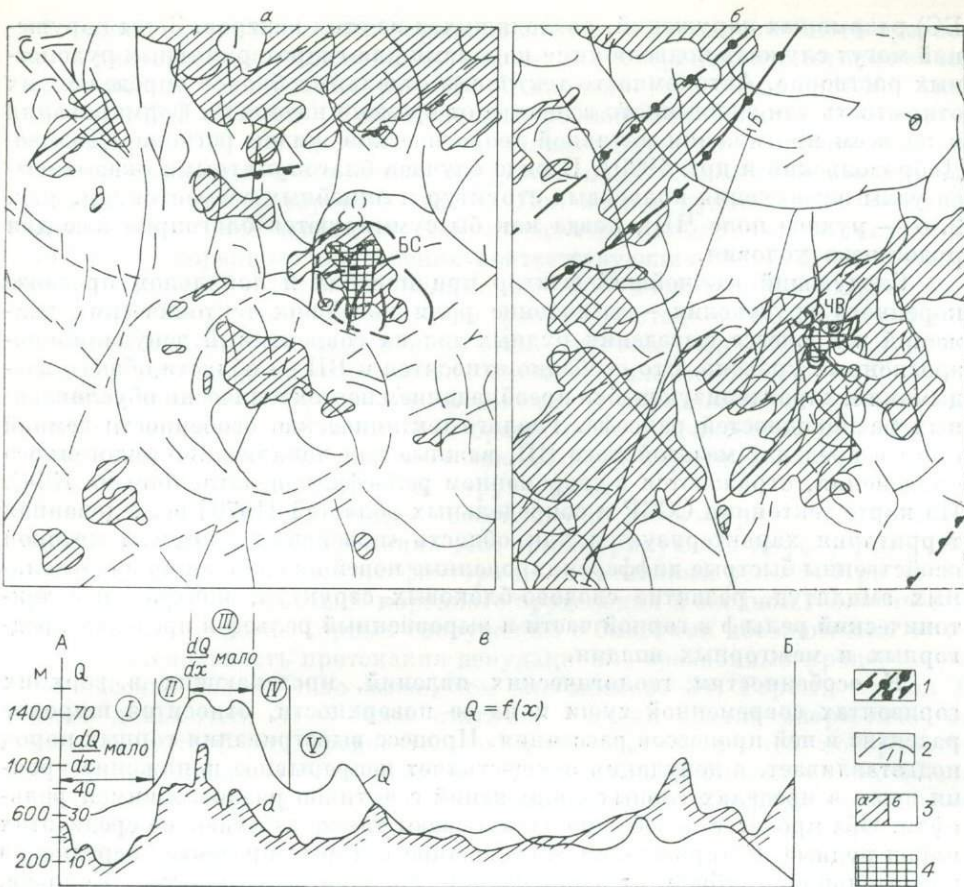


Рис. 2. Сопоставление дешифрирования региональных и локальных структур со схемами интенсивности эрозионного расчленения рельефа и положением рудоносных площадей.

a — район внешней, *б* — внутренней зоны мезозойского вулканогенного пояса, *в* — линия профиля АБ, соотношение гипсометрической кривой рельефа и графика изменения интенсивности эрозионного расчленения рельефа (Q) по линии АБ. 1, 2 — дешифрованные структуры: 1 — региональные, 2 — локальные; 3 — области, характеризующиеся значениями коэффициента интенсивности эрозионного расчленения рельефа Q [Якименко, 1970] ($a - 0 > 30$, $б - 0 < 30$); 4 — рудные поля.

жение месторождений рудных формаций, обусловленных глобальной металлогенической зональностью Тихоокеанского рудного кольца.

На представленной схеме дешифрирования демонстрируются многочисленные линейные, кольцевые, овальные и дуговые структуры различных порядков, большая часть которых имеет свое геологическое (геофизическое) объяснение. Описание особенностей строения каждого дешифрирующегося на КФС объекта не является целью настоящего сообщения. Авторы ограничиваются детальным рассмотрением участков, располагающихся в пределах внешней и внутренней зон мезозойского ВП (рис. 2, *a*, *б*).

Важнейший локальный структурный фактор, позволяющий прогнозировать размещение рудных полезных ископаемых, — наличие на исследованной территории ряда кольцевых структур различного генезиса и различных параметрических характеристик. Кольцевые, овальные, концентрически-зональные структуры в пределах мезозойского ВП чаще коррелируются с размещением рудных полей эндогенных полезных ископаемых, нежели прямолинейные. Образование изометричных морфоструктур, дешифрирующихся на КФС, связано с разрядкой напряжений из отдельных глубинных центров, которая приводит к возникновению радиальных и концентрически-зональных (см. рис. 2, *a* — кольцевая структура

БС) разрывных нарушений, расходящихся из этих центров. Зоны нарушений могут служить подводящими каналами для гидротермальных рудоносных растворов. Автономность тектоники отдельных блоков определяет их открытость для эндогенного вещества от времени начала их формирования и на всем протяжении активной геологической жизни региона [Доливо-Добровольский и др., 1980]. В ряде случаев благоприятными оказываются узлы пересечения кольцевых структур и линейных элементов (см. рис. 2, б — рудное поле ЧВ), когда как бы суммируются благоприятные для рудогенеза условия.

Следующий важнейший фактор при поисках и локальном прогнозе коренного оруденения — выявление роли новейших тектонических движений в процессе выведения рудных тел на современный денудационно-эрозионный уровень. Это особенно относится к ВП — области общего вздымания, характеризующейся преобладанием неотектонически обусловленных разновидностей рельефа. Геолого-тектонические особенности земной коры в пределах мезозойского ВП, важные для локализации эндогенного оруденения, отражаются в современном рельефе, запечатленном на КФС. На карте тектоники СССР и сопредельных областей [1979] исследованная территория характеризуется как область «новейшего орогена», которой свойственны быстрые дифференцированные новейшие движения значительных амплитуд, развитие сводово-блоковых структур, контрастный тектонический рельеф в горной части и выровненный рельеф в пределах предгорных и межгорных впадин.

К особенностям геологических явлений, протекающих в верхних горизонтах современной суши и на ее поверхности, относится широкое развитие в ней процессов рассеяния. Процесс выветривания горных пород подготавливает, а денудация осуществляет непрерывное понижение уровня суши в пределах горных сооружений с активно развивающимся рельефом. Оба процесса неизбежно захватывают также залегающие среди этих пород рудные месторождения, образование которых протекает нередко на значительной глубине от современной дневной поверхности [Соловов, 1959]. Процессы, ведущие к разрушению и ликвидации ранее образовавшихся местных концентраций химических элементов (х. э.), развиваются в верхних горизонтах современной суши, создавая поле рассеяния рудных месторождений, и тесно связаны с рельефом.

Количественное содержание и концентрация C_x какого-либо х. э. в поле рассеяния есть функция пространственных координат и времени:

$$C_x = f(x, y, z, T). \quad (1)$$

В условиях наземных геохимических съемок эта функция определяет пространственно-временное положение C_x в рельефе. Рельеф любой территории является результатом взаимодействия эндо- и экзогенных факторов. Эндогенные процессы представляют собой один из важнейших источников энергии рельефообразования и являются первопричиной возникновения экзогенных расчленяющих и нивелирующих процессов [Костенко, 1972], ведущих к формированию поля рассеяния. Наземные геохимические поиски осуществляются на поверхности, которая является следствием и результатом интенсивности проявления эндогенного фактора рельефообразования, зависящего от изменения энергетического баланса отдельных участков литосферы. В горно-рудных районах вероятность обнаружения экспонированного оруденения прямо пропорциональна глубине и густоте эрозионного расчленения территории (при прочих равных условиях), т. е. прямо пропорциональна энергии эндогенного фактора рельефообразования. Пространственно-временное положение C_x в рельефе, на наш взгляд, должно иметь в качестве дополнительной характеристики величину энергии эндогенного фактора рельефообразования.

Многие исследователи высказывают предположение о том, что в неотектонических деформациях прямо или косвенно отражаются соответствующие рудоконтролирующие, рудовмещающие и рудоконцентрирующие структуры. Отмечается роль рудных проявлений и геохимических

аномалий, приуроченных к определенному уровню современного эрозионного расчленения, выраженному в единицах коэффициента интенсивности эрозионного расчленения рельефа [Ананченко, Якименко, 1980; Ананченко, 1979]. На рис. 2 сопоставлены размещения локальной кольцевой структуры БС, вмещающей оловополиметаллическое оруденение касситерит-сульфидной формации, и рудного поля ЧВ, локализирующего оруденение медно-порфирирового типа. Положение рудоносных площадей, фиксируемое комплексными геохимическими аномалиями элементов-индикаторов коренного оруденения соответствующих рудно-формационных типов, контролируется в обоих случаях изолиниями коэффициента $Q > 30$. Обе рудоносные площади располагаются на склоновых частях активно живущих на современном этапе участков литосферы. Приуроченность площадных литохимических аномалий элементов-индикаторов оловянного и медно-порфирирового оруденения к определенному уровню значений показателя интенсивности эрозионного расчленения рельефа свидетельствует о тесной связи мест локализации коренных источников оруденения с неотектоническими структурами.

На рис. 2, в представлено соотношение гипсометрической кривой и графика изменения Q по линии АБ, иллюстрирующее дифференцированное воздействие эндогенного фактора на современный рельеф. При прочих равных условиях (наличие коренного оруденения в сходной геологической ситуации в пределах горных сооружений с близкими абсолютными отметками) интенсивность протекания денудационно-эрозионных процессов для Тм массива значительно выше, чем для массива Зт. Горный массив Тм более динамичен, Зт — более статичен с точки зрения энергетического баланса литосферы. Следовательно, для участков земной поверхности, характеризующихся большими значениями коэффициента интенсивности эрозионного расчленения рельефа Q , вероятность обнаружения экспонированного коренного оруденения выше, и формулу (1) можно представить в общем виде

$$C_x = A \cdot Q, \quad (2)$$

где A — коэффициент пропорциональности. Анализируя кривую $Q = f(x)$, видим, что в пределах активно живущей неоструктуры горного массива Тм градиент $\frac{dQ}{dx}$ для областей I, III и V невелик по сравнению с областями II и IV. Области II и IV испытывают наибольшие динамические нагрузки и напряжения, и именно в них следует искать площади развития коренного оруденения, а в благоприятных случаях и выходы рудных тел в коренном залегании. Формулу (2) в таком случае можно представить в виде

$$C_x = A \text{ grad } Q.$$

Использование карт коэффициента интенсивности эрозионного расчленения рельефа в изолиниях позволяет выделить и объективно оценить интенсивность неотектонической жизни основных элементов региональных и локальных структур — зон относительного поднятия или опускания и их границы. Таким образом, существует реальная возможность классификации дешифрирующихся на КС объектов на благоприятные для обнаружения экспонированного оруденения по величине коэффициента интенсивности эрозионного расчленения Q и отнести его к локальным рудоконтролирующим факторам.

Следующим этапом при локальном прогнозировании является проведение площадных литохимических поисков, позволяющих количественно оценивать металлоносность участков, благоприятных для локализации коренного оруденения по данным космодешифрирования и морфометрии [Ананченко, 1982; Ананченко, Сонин, 1982].

Рудное тело — частный случай геохимической аномалии в поле расчленения х. э. — в процессе активной денудации земной коры в условиях среднегорного рельефа ВП является постоянным источником, образующим

вторичный ореол рассеяния в элювио-делювиальных образованиях. Вторичный ореол рассеяния, в свою очередь, — источник аномальных содержаний металла в аллювиальных отложениях современной гидросети. Многолетняя практика поисковых работ подтвердила теоретически установленную А. П. Соловьевым пропорциональную зависимость между количеством металла в рудном теле, во вторичном ореоле и во вторичном потоке рассеяния. Формирование потока рассеяния за счет разрушения вторичного остаточного ореола рассеяния — процесс весьма продолжительный и постоянный, пока существует рудное тело и его вторичный ореол. Чем больше и богаче рудное тело, выходящее на поверхность современного базиса, тем больше площадь вторичного ореола и интенсивнее поток рассеяния. Для сравнения выходящих на современный уровень денудации рудных тел, вторичных ореолов и потоков рассеяния служит денудационная продуктивность рудного тела — $P_{р.т}$, вторичного ореола — P и потока рассеяния — P' , выражающаяся формулами

$$P = k \cdot P_{р.т} \text{ и } P' = k' \cdot P = k \cdot k' \cdot P_{р.т},$$

где k и k' — местные коэффициенты пропорциональности, учитывающие миграционную способность х. э. в соответствующих ландшафтно-геохимических условиях.

Комплексный подход к проблеме металлогенических исследований с использованием информации аэрокосмических, морфометрических и поисковых геохимических методов позволяет целенаправленно осуществить локальный прогноз коренного оруденения и эффективно проводить поисковые работы.

ЛИТЕРАТУРА

- Ананченко А. Д. К возможности изучения связи интенсивности эрозийного расчленения рельефа с прогнозом полезных ископаемых. — В кн.: Опыт и методика геохимических поисков скрытых рудных тел на глубоких горизонтах и флангах рудных месторождений Кавказа. Ереван, 1979, с. 36—37.
- Ананченко А. Д. Количественная оценка металлоносности разрывных нарушений и кольцевых структур. — Разведка и охрана недр, 1982, № 1, с. 24—28.
- Ананченко А. Д., Соинин И. И. Характеристика рудоносности разломов, выявленных на космических снимках, по геохимическим данным. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1982, № 3, с. 81—87.
- Ананченко А. Д., Якименко Э. Л. Геоморфологические и геохимические количественные показатели коренного оруденения. — Геол. и геофиз., 1980, № 8, с. 127—131.
- Белый В. Ф. Стратиграфия и структуры Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. — М.: Наука, 1977. — 171 с.
- Геологические исследования из космоса. — М.: Мир, 1975. — 195 с.
- Геологическое изучение Земли из космоса. — М.: Наука, 1978. — 228 с.
- Доливо-Добровольский А. В., Перцов А. В., Скублова Н. В. Использование дистанционных методов при прогнозировании и поисках месторождений полезных ископаемых. — М.: ВИЭМС, 1980. — 48 с.
- Карта новейшей тектоники СССР и сопредельных областей м-ба 1 : 5 000 000. Краткая объяснительная записка. — М.: изд. ГУГК, 1979. — 34 с.
- Кинг Э. Космическая геология. — Л.: Недра, 1979. — 382 с.
- Космическая геология. — Л.: Недра, 1979. — 380 с.
- Костенко Н. П. Развитие складчатых и разрывных деформаций в орогенном рельефе. — М.: Недра, 1972. — 320 с.
- Можаев Б. Н., Доливо-Добровольский А. В., Кобец Н. В. и др. Основные особенности использования космических фотоснимков при региональных геологических исследованиях. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1974, № 12.
- Соловьев А. П. Основы теории и практики металлометрических съемок. — Алма-Ата: изд. АН КазССР, 1959. — 266 с.
- Соловьев В. В. Рациональный комплекс геоморфологических методов исследований при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. — Л.: Недра, 1976.
- Соловьев В. В., Павлова И. Г. Использование морфоструктур центрального типа для анализа закономерностей размещения медных месторождений. — Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер., Л., 1976, т. 227.
- Щеглов А. Д. Основы металлогенического анализа. — М.: Недра, 1980. — 432 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОМЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УСТОЙЧИВОСТИ ОТВАЛОВ УДОКАНСКОГО ГОКа

В рамках целевой комплексной программы «Медные руды Удокана» перед рядом научных, проектных и плановых организаций страны поставлена задача выполнить исследования, которые могли бы обеспечить высокую экономическую эффективность и комплексность освоения медных руд этого уникального месторождения. Одно из важных направлений этих исследований — оценка геомеханических процессов исходного напряженного состояния и тектонической нарушенности участков месторождения, планируемых к разработке открытым способом в экстремальных условиях многолетнемерзлотных пород, снеголавинной опасности и высокой сейсмической активности района [Николаев, Шмотов, 1980].

Многолетнее изучение тектоники и трещиноватости, проведенное в основном силами производственного объединения «Читагеология» на разных этапах разведки Удоканского месторождения, не охватило площадок безрудных зон, на которых планируется размещение отвалов. Именно поэтому необходимо начать исследования по безопасной с позиций устойчивости высоких нагорных отвалов и эффективной технологии отвалообразования с изучением трещиноватости будущих отвалов.

Комплексная методика исследований в период до начала строительства ГОКа предусматривает дешифрирование по фактору трещиноватости аэрокосмических снимков с обработкой результатов на ЭВМ, полевое изучение трещиноватости, применение современных расчетных методов. Ранее для решения сложных прикладных задач в области создания эффективных технологий открытой разработки месторождений аэрокосмические методы не привлекались.

На первом этапе объектом изучения явились каньоны ручьев Скользкого и Каменного, в которых планировалось разместить отвалы пустых пород емкостью 0,4 и 0,2 млрд. м³ (рис. 1).

Предварительное дешифрирование черно-белых аэрофотоснимков с целью выявления на поверхностях склонов разрывных нарушений III и более высоких порядков производилось до начала полевых работ. Использовались отечественные (ЗЛС-1, увеличение 1,4) и зарубежные (Цейс-Иена, увеличение 3,5) зеркально-линзовые стереоскопы.

Разрывные нарушения выделялись по следующим признакам [Попов, Окатов, 1980; Аэрометоды..., 1971; Михайлов, 1965].

Структурно-геологические. Принимались во внимание для определения крупных разломов. Один из таких разломов (рис. 2) удалось определить по различию в тоне фотоизображения левого и правого бортов руч. Скользкого, которое в данном случае свидетельствовало о взаимном перемещении отличающихся по составу толщ. Позднее этот факт подтвержден полевыми наблюдениями.

Формирование почвенно-растительного покрова. Этот признак является наиболее чутким индикатором трещиноватости и нарушений различных порядков в любых ландшафтно-географических зонах, так как позволяет по прямым линиям (моховики, кустарники, разросшиеся на скапливающемся по трещинам почвенном слое) на фоне

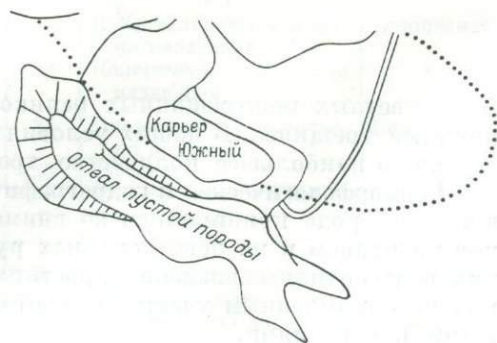


Рис. 1. Расположение ближних отвалов Удоканского ГОКа: площадь склонов, обследованных летом 1983 г.

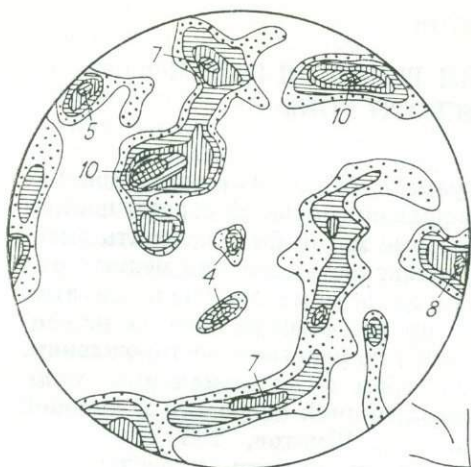
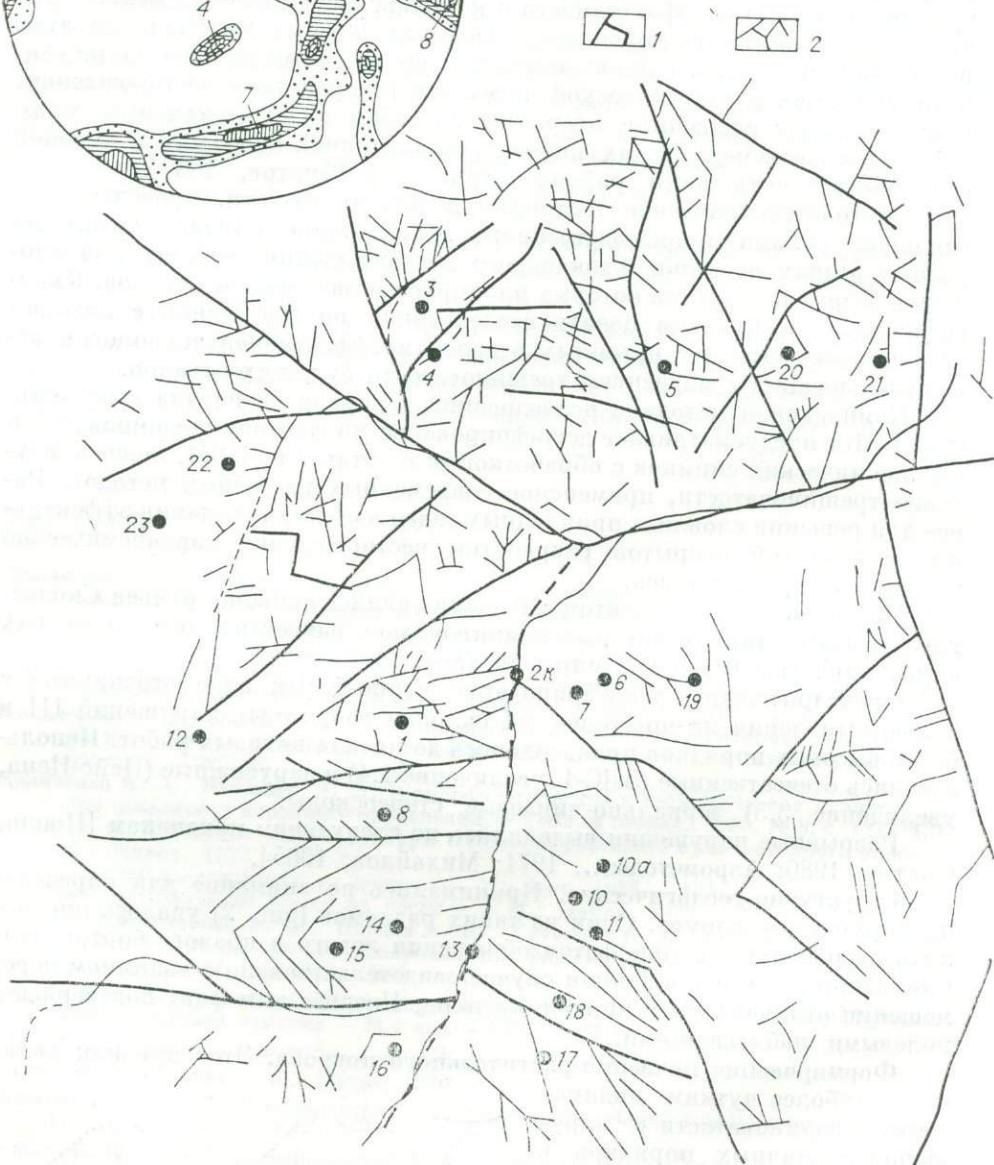


Рис. 2. Карта тектонических нарушений исследованного участка поверхности, построенная по данным дешифрирования аэрофотоснимков и полевых наблюдений. 1 — нарушения III порядка: разломы, крупные тектонические трещины; 2 — трещины; на врезке — сводная структурная диаграмма трещин.



более светлых межтрещинных целиков уверенно выделять на снимках крупные трещины. В наших условиях благодаря этому признаку было выявлено наибольшее количество трещин.

Геоморфологические и гидрографические. Из многочисленных признаков этого рода принимались во внимание участки спрямленных водотоков на правом и на левом склонах руч. Скользкого. Полевые наблюдения подтвердили совпадения простирания трещин, выделенных на снимках по спрямленным участкам водотоков и задокументированных наземными измерениями.

Характеристика систем трещин

Номер станции	Номер систем трещин	Ориентировка				систем трещин по отношению к склону	Степень опасности для устойчивости склона
		систем трещин		склона			
		азимут простирання, град.	угол падения, град.	азимут простирання, град.	угол падения, град.		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	30—40	80—90	2	30	Диагональная несогласно падающая	Безопасная
	IV	60—70	80—90	2	30	Поперечная согласно падающая	»
	IV	60—70	80—90	2	30	Продольная несогласно падающая	»
6	V	320—340	35—45	2	30	Продольная несогласно падающая	»
	I	20—30	80—90	29	44	Диагональная согласно падающая	Опасная
	II	350—360	80—90	29	44	Диагональная согласно падающая	»
	IV	90—100	80—90	29	44	Диагональная согласно падающая	»
7	V	250—260	60—70	29	44	Поперечная несогласно падающая	Безопасная
	IV	10—20	80—90	30	44	Диагональная согласно падающая	Опасная
	IV	80—90	80—90	30	44	Диагональная согласно падающая	»
8	IV	85—95	70—80	45	50	Диагональная несогласно падающая	Безопасная
	VIa	85—95	30—40	45	50	То же	»
	V	310—320	40—50	45	50	Диагональная согласно падающая	Опасная
10	IV	80—90	70—90	4	45	Поперечная согласно падающая	Безопасная
	IVa	120—130	30—40	4	45	То же	»
	V	340—350	35—45	4	45	Продольная согласно падающая	Очень опасная
10a	IV	90—100	60—80	4	45	Поперечная согласно падающая	Безопасная
	IVa	120—140	35—50	4	45	Поперечная согласно падающая	»
	V	310—320	40—50	4	45	Диагональная согласно падающая	Опасная
11	IV	70—80	30—40	6	30	Диагональная согласно падающая	Опасная
	IVa	130—140	40—50	6	30	Диагональная несогласно падающая	Безопасная
	V	305—325	40—50	6	30	Диагональная согласно падающая	Опасная
12	IV	70—80	15—30	8	32	Диагональная несогласно падающая	Безопасная
	IV	170—180	70—90	8	32	Поперечная согласно падающая	»
14	IVa	60—70	70—80	24	35	Диагональная несогласно падающая	Безопасная
	IV	50—60	50—60	24	35	То же	»
	V	300—310	40—60	24	35	Диагональная согласно падающая	Опасная
15	IV	70—80	80—90	73	44	Диагональная несогласно падающая	Безопасная
	V	290—310	40—50	73	44	Диагональная согласно падающая	Опасная

1	2	3	4	5	6	7	8
17	IV	60—70	80—90	33	50	Диагональная согласно падающая	Опасная
	VI	160—170	70—80	33	50	Поперечная несогласно падающая	Безопасная
	V	320—330	40—50	33	50	Диагональная согласно падающая	Опасная
18	IV	60—70	70—80	33	50	Диагональная согласно падающая	Опасная
	VI	160—170	60—70	33	50	Поперечная согласно падающая	Безопасная
	V	290—300	50—60	33	50	Поперечная несогласно падающая	»
19	I	30—40	80—90	278	39	Поперечная согласно падающая	Безопасная
	IV	80—90	70—80	278	39	Диагональная согласно падающая	Опасная
	V	310—320	40—60	278	39	Диагональная несогласно падающая	Безопасная

По результатам дешифрирования составлена предварительная карта поверхностей ориентировки нарушений исследованных участков площадью более 10 км² (см. рис. 2).

Полевое изучение трещиноватости с целью дополнения и углубления данных дешифрирования проводилось на обнажениях склонов руч. Скользяго на высотах от 1337 до 2083 м. На каждой из 25 замерных станций, представляющих выходы коренных пород на склоне и занимающих площади от десятков до сотен квадратных метров каждая, документировалось от 70 до 1000 трещин. Всего задокументировано 9690 трещин.

Обработка замеров трещин производилась с помощью круговых равноугольных точечных, а затем плотностных диаграмм, на которые одновременно наносились параметры слоистости пород и ориентировка участков склона на точках измерения.

Хорошая сходимость структурных диаграмм и карты нарушений, построенной по данным дешифрирования аэрофотоснимков, позволила с большой степенью достоверности выделить на исследованных участках склонов руч. Скользяго шесть систем трещин:

	Азимут простирания, град.	Угол падения, град.
I	15—25	80—90
II	345—355	60—70
III	260—270	50—80
IV	80—100	50—80
V	330—320	30—40
VI	160—170	60—80

Известно, что устойчивость склона определяется ориентировкой поверхностей ослабления, пересекающих склон под некоторым углом, — так называемых диагональных или согласно падающих ослаблений.

Исходя из этого составлена таблица, данные которой позволяют уже на первом этапе работ на участках расположения замерных станций выделять опасные устойчивости склонов системы трещин (см. таблицу). Наибольшее влияние на устойчивость склонов могут оказать: в зоне станций 6, 7 — система I; 8, 10, 10а, 11, 14, 15, 17 — система V; 11, 17, 19 — система IV.

Трещины этих систем залегают согласно углу падения и азимуту простирания склона, поэтому по ним, как дополнительным поверхностям

ослабления, могут формироваться поверхности скольжения ненагруженных и нагруженных отвальными массами участков склонов в зоне станции.

Представленные результаты являются предварительными. Дальнейшее изучение геомеханических особенностей массивов пород, слагающих безрудные зоны склонов-оснований будущих отвалов Удокана, будет направлено на оценку влияния исходного поля напряжений и высокой сейсмической активности района на устойчивость этих зон на разных этапах строительства ГОКа.

ЛИТЕРАТУРА

- Аэрометоды геологических исследований/Гл. ред. В. К. Еремин.— Л.: Недра, 1971.— 703 с.
- Михайлов А. Е. Полевые методы изучения трещин в горных породах.— М.: Гостоптехиздат, 1965.
- Николаев В. В., Шмотов А. П. Некоторые вопросы инженерной сейсмологии центральной части хребта Удокан.— В кн.: Сеймотектоника и сейсмичность района строительства БАМ. М.: Наука, 1980, с. 191—197.
- Понов И. И., Окатов Р. П. Борьба с оползнями на карьерах.— М.: Недра, 1980.— 239 с.

В. И. ЕФРЕМОВ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРЕЩИННЫХ ЗОН В ТЕМИР-ТЕЛЬБЕССКОМ ЖЕЛЕЗОРУДНОМ РАЙОНЕ (Горная Шория)

Темир-Тельбесский железорудный район — старейший горнорудный район Горной Шории. В нем расположены наиболее известные железорудные месторождения Западной Сибири: Тельбесское, Темиртау, Одра-Баш и др. По многочисленным работам М. А. Усова, Г. Л. Поспелова, С. С. Лапина район известен как классический по развитию в нем группы скарново-железорудных месторождений на силикатной, существенно эффузивной, и карбонатной основе. Все месторождения, за исключением Темиртау, находятся в западной и юго-западной экзоконтактовой зоне Тельбесского гранитоидного интрузива, имеющего здесь послыйную гребенчатую границу. Месторождение Темиртау, наиболее крупное из них, расположено внутри интрузива и приурочено к зоне сложно распределенных останцов известняков и доломитов, глубоко распространяющихся внутрь интрузива без изменения своего первоначального структурного положения относительно первичной толщи. В пределах этой зоны происходило избирательное замещение скарнами и рудами останцов карбонатной толщи при значительном влиянии на этот процесс дорудных трещинных зон.

В геологическом строении района принимают участие пять разновозрастных комплексов пород. Это метаморфизованная сланцевая толща рифейского возраста, эффузивно-осадочная серия кембрия, песчано-сланцевые отложения ордовика (?), гранитоидная интрузия (S — D?) Тельбесского комплекса и трансгрессивно перекрывающий все описанные выше породы красноцветный эффузивно-осадочный комплекс девона (рис. 1). Значительная часть Темир-Тельбесского железорудного района закрыта рыхлыми четвертичными образованиями различной мощности.

Рассматриваемый автором регион по существу является окраиной Кузнецкой котловины. Для него характерны напряженные складки, осложненные крупными тектоническими нарушениями, нарезающими ряд

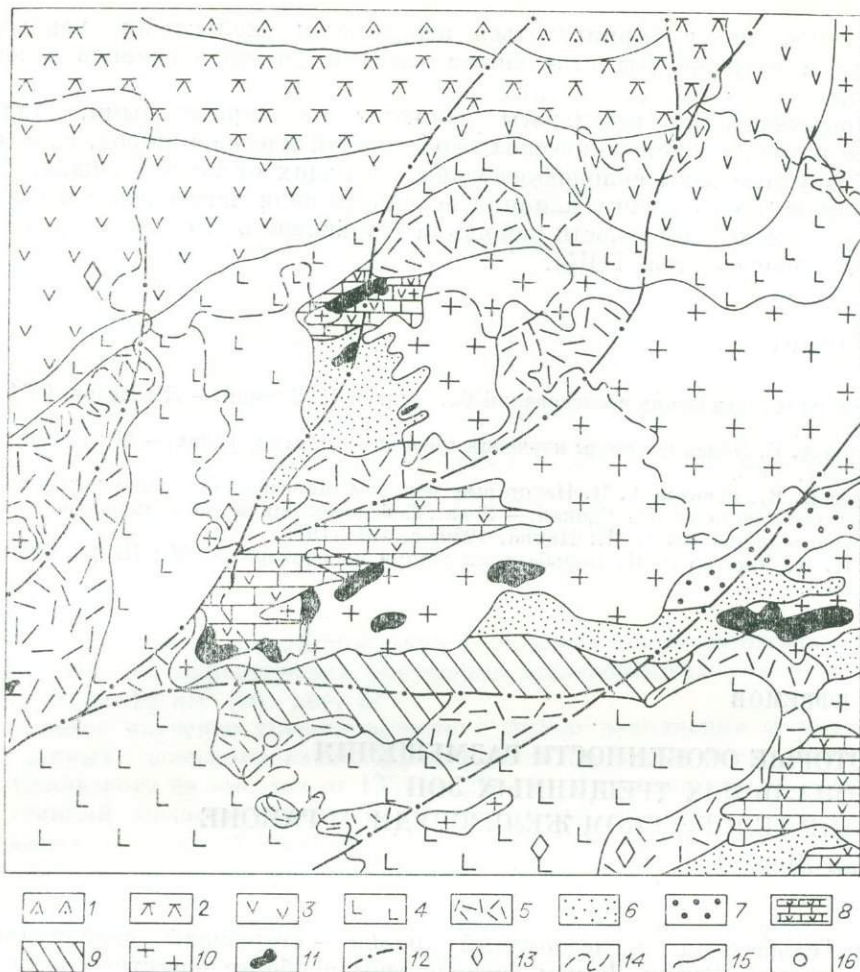


Рис. 1. Схема геологического строения Темир-Тельбесского железорудного района.

1—5 — эффузивно-осадочные породы ($D_1 - D_3$); 6, 7 — песчано-аргиллитовые слоистые породы ($O_1 - O_2$); 8 — полевошпатовые порфиры и мраморизованные известняки (C_2); 9 — метаморфические сланцы; 10 — гранитная интрузия ($S - D?$); 11 — месторождения и рудопроявления железных руд; 12 — дизъюнктивы; 13 — рудопроявления полиметаллов; 14 — речная система; 15 — геологические границы; 16 — рудопроявления.

складок — «чешуй», облекающих южный выступ Кузбасса. Район отделяется от Кузбасса крупными разломами, которые частично залечены интрузивами. В южной части Темир-Тельбесского района проходит региональный Темир-Ташелгинский глубинный разлом, имеющий очень сложное внутреннее строение (рис. 2).

По Г. Л. Пospelову [1957], структура Темир-Тельбесского района относится к перекрестно-линейному типу. Основой ее является осевая трещинно-рудная зона кулисного строения, протягивающаяся почти в широтном направлении от Самарского Лога через Темиртау к Казу (около 25 км). Далее на ее продолжении к востоку находится Казский узел, а к западу — ряд магнитных аномалий, включая так называемую Белокаменскую. Эта главная рудная зона состоит из кулисно-заходящих друг за друга зон группировки месторождений, рудопроявлений, минерализованных участков, аномалий и т. д., каждая из которых ориентирована в северо-восточном направлении, примерно согласно с простиранием толщ и осей складок. К этой «осевой» рудной зоне примыкает поперечная широкая Темир-Тельбесская рудная зона лестничной структуры (длина которой более 12 км, а ширина 3—4 км). Она состоит из ряда скар-

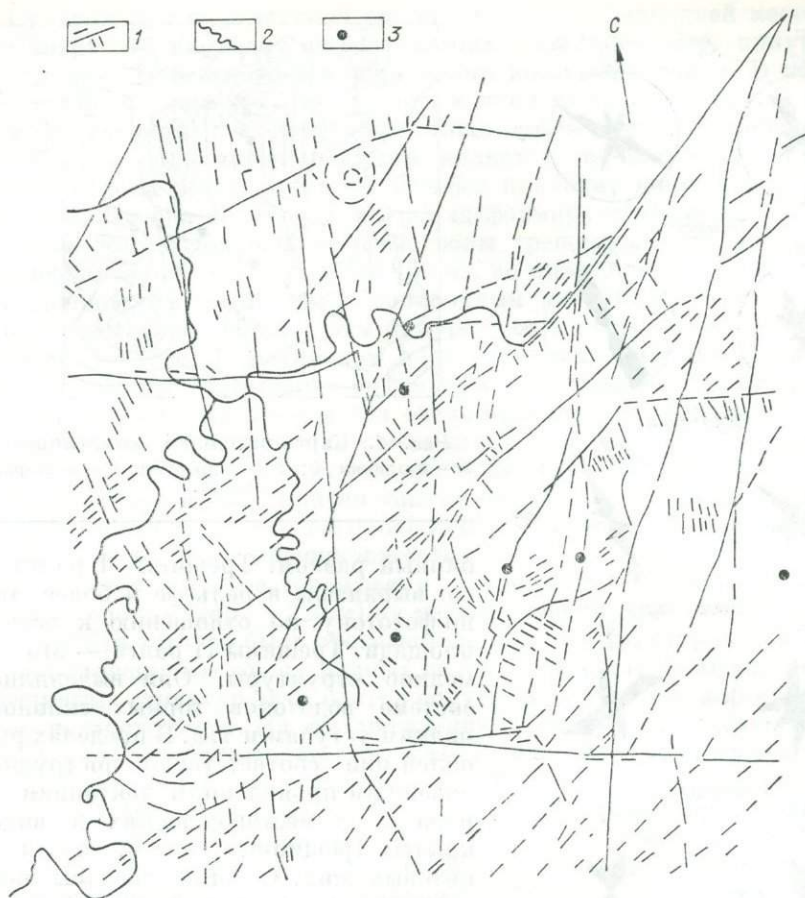


Рис. 2. Схема дешифрирования региональной трещиноватости (по материалам аэрокосмических съемок).

1 — элементы зон трещиноватости; 2 — железорудные месторождения; 3 — речная система.

ново-рудных зон северо-восточного простирания, группирующихся в северо-западном направлении, причем эта структура подчеркивается подобным распределением гребней интрузива. Автором решалась задача сопоставления регионального плана трещиноватости с материалами по трещиноватости, полученными при детальном картировании карьеров месторождений Тельбес и Одра-Баш и подземных выработок месторождения Темиртау и Учюлен. При этом были использованы материалы, полученные при дешифрировании космоснимков масштабов 1 : 500 000, 1 : 300 000, аэроснимков масштаба 1 : 32 000, данные морфоаномально дешифрирования магнитного поля, а также результаты структурного картирования месторождений, проведенного С. С. Лапиным [1976] и автором. При этом сопоставлялись роз-диаграммы трещиноватости, отстроенные для ряда месторождений (см. рис. 3) и на основе данных дешифрирования космофотоматериалов. Для выявления гипсометрически однородных площадей были обработаны топокарты среднего масштаба с помощью тренд-анализа.

По материалам дешифрирования космоснимков была получена густая сеть линейментов. Для дальнейшей работы они были разбиты на два класса (ранга). Первые — это протяженные свыше 1 км, линейные и дуговые элементы, имеющие по своей природе следующий смысл. Они относятся по возрасту к дорудным или синрудным (заложение происходило до верхнего кембрия) и при дальнейшем своем существовании они неоднократно подновлялись. Сюда же отнесем и Ташелгино-Темирский глу-

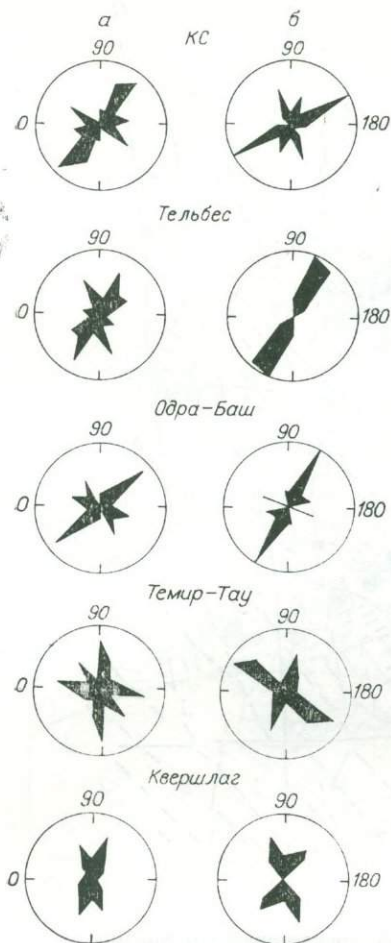


Рис. 3. Розы-диаграммы трещиноватости (а — для зон трещиноватости I ранга, б — II ранга).

При дешифрировании снимков с блоками сопоставлялись участки с относительно однородным «рисунком» трещиноватости, которые разделены структурами (разломами) более высокого ранга, чем дешифрируемые в пределах блока. В процессе обработки данного материала полагалось, что при первом приближении рангу глубинного блока соответствует ранг поверхностей структуры земной коры, вид которой, в свою очередь, некоторым образом отражает глубинную структуру. Известно, что изливание магматических расплавов «трассируют» зоны разрывов и растяжений земной коры. Следовательно, по ним можно реконструировать положение тектонических зон в момент изливания расплавов. Такой материал особенно важен в этом районе, где Тельбесская гранитная интрузия занимает треть территории.

На исследуемой территории в результате дешифрирования в ориентировке трещин устанавливаются два максимума (рис. 3). Это трещины северо-восточного, субмеридионального простирания. Менее распространена северо-западная трещиноватость. Северо-восточное направление четко выражено на снимках в положении водоразделов, зигзагообразных, часто с резким изменением простирания русел рек. Это резко доминирующее направление. Наиболее ясно прослеживается региональная зона трещиноватости шириной около 5 км, северо-восточного простирания. Она выделяется и при морфоаномальной интерпретации карты магнитного поля района. Вдоль ее южной границы располагаются месторож-

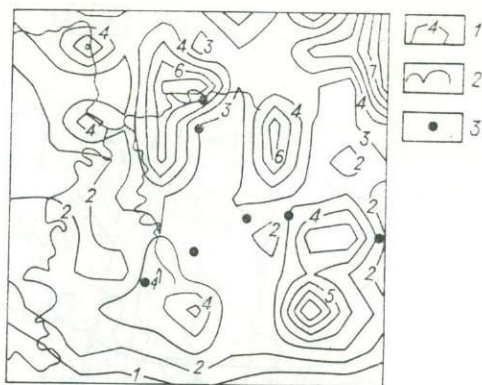


Рис. 4. Карта изолиний коэффициента Q . 1 — изолинии Q ; 2 — гидросеть; 3 — месторождения железа.

бинный разлом. Трещины I ранга хорошо выражены в рельефе и более темные по фототону по отношению к остальной площади. Трещины II ранга — это более мелкие структуры. Они выделялись по системе водотоков горных склонов, по мелким уступам и т. д. В пределах рудных полей они соответствуют пострудным и новейшим проявлениям тектоники и выражены на месторождениях в виде открытых трещинных систем, даек и кальцитовых жил. С ними связаны полиметаллическая и боровая минерализации.

Блоковая структура Темир-Тельбесского рудного района выделяется по магнитно-гравиметрическим признакам. За блок принимался однородно напряженный объем горных пород, который ограничен от соседнего градиентной зоной.

дения Сухаринской и Самарской групп. В 2 км юго-западной месторождения Самарского проходит широтная зона трещиноватости, приуроченная к контакту рифейского и кембрийского комплекса пород. В рельефе она выражена в серии уступов, причем южная часть приподнята по отношению к северной, т. е. сланцевые толщи рифея выше кембрийских известняков. Эта зона трещиноватости является, по-видимому, сбросом. На севере района вдоль русла р. Тельбес проходит широтная тектоническая зона. Но она во многих местах «деформируется» серией субмеридиональных зон. Субмеридиональные зоны трещиноватости выделяются при дешифрировании как узкие (до 150 м), но протяженные (до 20 км) полосы с одинаковым фототонном и однородным рисунком элементов топографии. В настоящее время к ним приурочены южные наиболее крупные притоки р. Тельбес. В магнитном поле субмеридиональные зоны выделяются по мелким прерывисто вытянутым цепочкам аномалий. Помимо перечисленных зон выделяются три очень крупных линейамента (разлома) северо-восточного простирания, сходящихся в районе среднего течения р. Бол. Таз. Они пересекают всю территорию Темир-Тельбесского рудного поля на четыре клина, причем южные окончания этих структур изменяют свое простирание на северо-восточное, сливаясь с вышеописанной северо-восточной зоной трещиноватости.

На железорудных месторождениях Одра-Баш, Тельбес, Темиртау, а также кварцлага (гор. +220 м) на месторождений Аргыш-Таг С. С. Лапиным [1976] и автором были проведены детальные структурные работы по выявлению трещинных зон на рудных полях. При построении роз-диаграммы трещинных структур двух рангов получены данные по доминирующим простираниям структур. На месторождении Одра-Баш исследован карьер. Максимально распространены трещины с азимутом простирания $130-150^\circ$, менее — зоны с простиранием $40-60^\circ$. Это данные для трещинных зон I ранга. Дайковый комплекс представлен главным образом диабазами с азимутом простирания $110-130^\circ$. Кварц-кальцитовые жилы, вмещающие сульфидное оруденение, имеют субширотное залегание ($10-30^\circ$). Вмещающими для даек и кальцитовых жил были протрудные трещинные структуры. Такая картина наблюдается и на остальных месторождениях рудного района. На месторождении Тельбес трещины I ранга в основном имеют простирание $120-140^\circ$, II ранга — $110-130^\circ$, при этом отмечается меридиональное простирание кальцитовых жил. Наиболее крупное из всех перечисленных месторождение Темиртау. Среди трещинных зон резко преобладают меридиональные ($90-110^\circ$) и широтные ($0-20^\circ$) простирания. Кварц-кальцитовые жилы (простирание $20-40^\circ$) и дайки диабазового состава ($100-120^\circ$) секут все рудные массы. Интересные результаты получены по кварцлагу. Эта подземная выработка (3,5 км) пересекает Тельбесский гравитный интрузив. Если при картировании массива на поверхности мы видим трещинные зоны с простиранием $140-160^\circ$, то с глубиной (300 м по вертикали) они имеют простирание $100-120^\circ$ или $60-80^\circ$. Такое несоответствие требует специального изучения. При картировании было встречено большое количество даек (простирание $120-140^\circ$) и кварц-кальцитовых жил ($60-80^\circ$).

Из анализа общих черт гравитационного поля (из плана масштаба 1 : 200 000) видно, что все известные железорудные месторождения района приурочены к общей дугообразной положительной аномалии силы тяжести: Уйзюк-Каз — Темиртау — Сухаринка — Одра-Баш — Верх. Кундель. При этом основные группы месторождений относятся к участкам пересечений разнонаправленных осей аномалий. Так, Самаро-Сухаринская группа месторождений располагается в районе пересечения осей аномалий субмеридионального и северо-восточного простирания, Тельбес-Одрабашская — субширотного и меридионального. Отдельные месторождения имеются и в линейно вытянутых частях положительной аномалии (Темиртау и др.).

Для повышения информативности карта трещинных структур, полученная при дешифрировании космоснимков, была обработана на ЭВМ

с применением сплайна. Вся исследуемая площадь была разбита на ячейки размером 1×1 см. В их пределах измерялась суммарная длина трещин (Σl_n), и все это делилось на число трещин (n), попадающих в данную ячейку. Таким образом получена карта коэффициента $Q = \frac{\Sigma l_n}{n}$ в изолиниях.

При вторичном дешифрировании карты Q четко выделились наиболее концентрированные зоны трещин. Так, месторождения ряда Бол. Гора — Темиртау — Сухаринка — Самарское расположены в зоне трещиноватости северо-восточного простирания. В этом же направлении расположена серия останцов известково-доломитового состава. Месторождения Тельбес — Одра-Баш — в субширотной трещинной структуре. Не менее четко выделяются субмеридиональные зоны. В области распространения девонских толщ (левобережье р. Кондомы) поле коэффициента имеет спокойный характер. В северо-восточной части исследуемой территории (рис. 4), где Тельбеская интрузия перекрывается девонскими отложениями, наблюдается «трещинная» ситуация, аналогичная району месторождений Тельбес — Одра-Баш. Здесь же наблюдаются локальные положительные магнитные аномалии. Не исключено, что могут встретиться рудные скопления под перекрывающей толщей девона. Но основными поисковыми критериями являются участки, где сопрягаются трещинные зоны меридионального, широтного и северо-восточного простирания.

Для изучения тенденций распределения рельефа в Темир-Тельбеском рудном районе был применен тренд-анализ. На карте изолиний ярко выражена зона сгущения аномалий северо-восточного простирания, вдоль которой расположены железорудные месторождения Темир-Сухаринской группы. Менее четко выражено субмеридиональное простирание. В районе месторождения Каз выделяется резкая кольцеобразная область с отметками высот 526—576 м. Этот участок соответствует вулканической постройке горы Шалбаны.

Указанные методы позволили выявить закономерности в распределении трещинных зон в регионе. В данном рудном районе устанавливаются элементы «геотектонической решетки». Так, в распределении основных трещинных зон намечается определенный шаг. У зон северо-восточного простирания шаг составляет 4—5 км, субмеридионального — 6—8 км, у менее выраженных зон северо-западного направления — 8—10 км. Причем месторождения Темир-Сухаринской группы контролируются зоной северо-восточного простирания, Тельбес-Одрабашской — меридионального.

Таким образом, суммируя результаты проведенного анализа, можно сделать следующие выводы. При дешифрировании космофотоматериалов установлены зоны трещиноватости. Доминирующими являются северо-восточные, меридиональные и широтные трещинные структуры. Намечена эволюция трещинообразования. Доинтрузивный этап — трещинные зоны северо-восточного простирания ($120-140^\circ$), сининтрузивный — зоны простирания ($100-110^\circ$), постдайки — зоны с простиранием трещин порядка $20-40^\circ$. Предложен критерий для обнаружения руд. Это участки с пересечением северо-восточных, широтных, меридиональных трещинных зон. Одним из таких участков является территория в северо-восточной части района, перекрывая девонскими отложениями. Установлена «геотектоническая решетка» для данного района.

Анализ дешифрирования материалов дистанционной съемки в совокупности с другими методами может применяться для расшифровки трещинных структур и их эволюции.

ЛИТЕРАТУРА

- Лашин С. С. Магнетитовые рудные тела, их строение и магнитные свойства. — Новосибирск: Наука, 1976. — 324 с.
- Поспелов Г. Л. О типах геологических механических напряжений и геотектонической решетке. — Изв. Вост. фил. АН СССР, 1957, № 1, с. 74—82.

Поспелов Г. Л. Геологические особенности размещения и строения главных железорудных районов и эндогенных железорудных месторождений Алтае-Саянской области. — В кн.: Железорудные месторождения Алтае-Саянской горной области. Т. 1, кн. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 120—168.

Л. К. ЗЯТЬКОВА, В. М. ЦИБУЛЬЧИК

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРИ СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ РУДНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ В ТУВЕ

Юго-Восточная Тува известна как район широкого распространения редких, россыпных и гипергенных полезных ископаемых, связанных с корами выветривания, для поисков которых большое значение имеют структурно-геоморфологические исследования с использованием аэрокосмической фотoinформации [Аэрокосмические исследования..., 1979; Зятькова, 1979а, б; Зятькова, Оболенский, 1979; Зятькова, Яншин, 1981; Космическая информация..., 1983; Селиверстов, 1975].

Ю. П. Селиверстовым [1975] при изучении и картировании рельефа эпишлатформенных горных областей Южной Сибири и Восточного Казахстана выявлено соотношение рельефа и покровных образований с месторождениями полезных ископаемых. Им выделены четыре зоны рельефообразования и осадконакопления (рис. 1): I — экспонированные поверхности выравнивания с комплексной денудацией с корами выветривания и продуктами их ближайшего перемещения, с остаточными месторождениями бокситов, железа и т. д. (область основного современного споса); II — слабодисчлененные поверхности, в основном денудационные, с участками временной аккумуляции, с переотложенными корами выветривания, вторичного залегания, связанные с областями склоновой аккумуляции (см. рис. 1, В); III — сильно дисчлененные преимущественно денудационные склоновые зоны с полосами локальной аккумуляции с россыпными месторождениями золота, олова, обычно с хорошо отсортированной промытой вмещающей массой; IV — денудационно-аккумулятивные и аккумулятивные поверхности с осадочными месторождениями различных глин, песков, с погребенными поверхностями выравнивания, с погребенными корами выветривания в пределах впадин, котловин и т. д. Поиск гипергенных полезных ископаемых связан с изучением и картированием кор выветривания, фиксирующих определенный рельеф, а также подстилающие образования, к которым приурочены месторождения, возникшие в результате концентрации выносимых из коры полезных компонентов, и переотложение кор выветривания (рис. 1, В). Слабый размыв кор выветривания и создание мало контрастного рельефа ведут к формированию вторичных россыпных месторождений гипергенных полезных ископаемых в непосредственной близости от коренных месторождений. Как известно, рельефо- и корообразование представляют собой единый процесс. На всех этапах становления и развития рельеф имеет лишь ему свойственную кору выветривания, облик и строение которой определяются не только рельефом, но и геолого-геоморфологическими особенностями, а также экзогенными процессами природно-климатических зон.

Исследуемый район в структурно-геоморфологическом отношении представляет собой зону сопряжения Сангиленской и Каахемской структурно-фациальных тектонических областей с различными геологическим строением и структурно-геоморфологическими чертами. В пределах исследуемого региона в северо-восточном направлении наблюдается продолжение Агордаг-Эрзинской зоны — глубинного разлома почти субширотной ориентировки. Этой зоне подчинены почти все основные разломы. Однако как на космических снимках, так и на топооснове по характеру

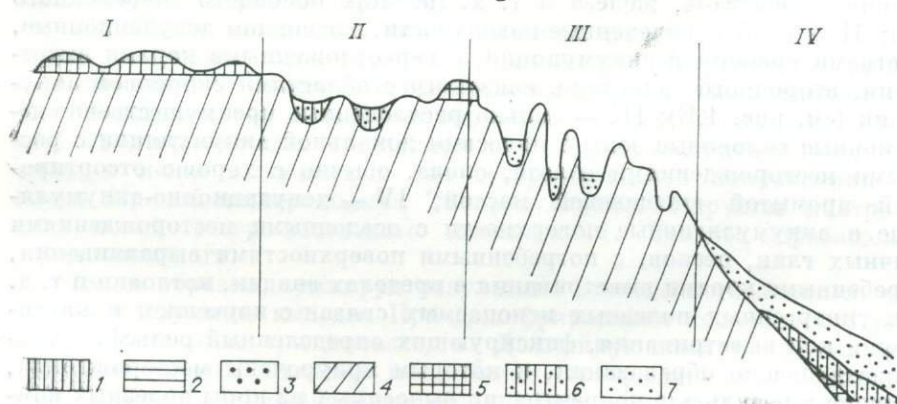
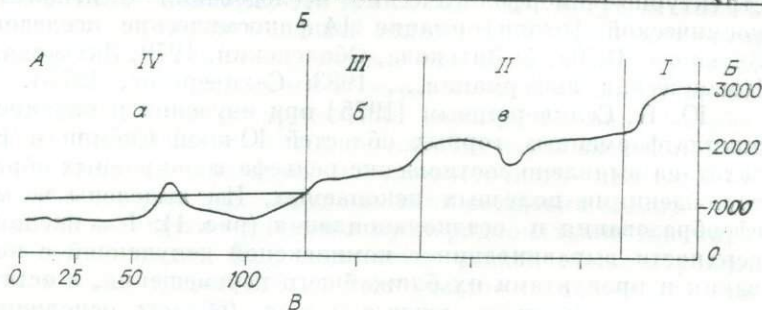
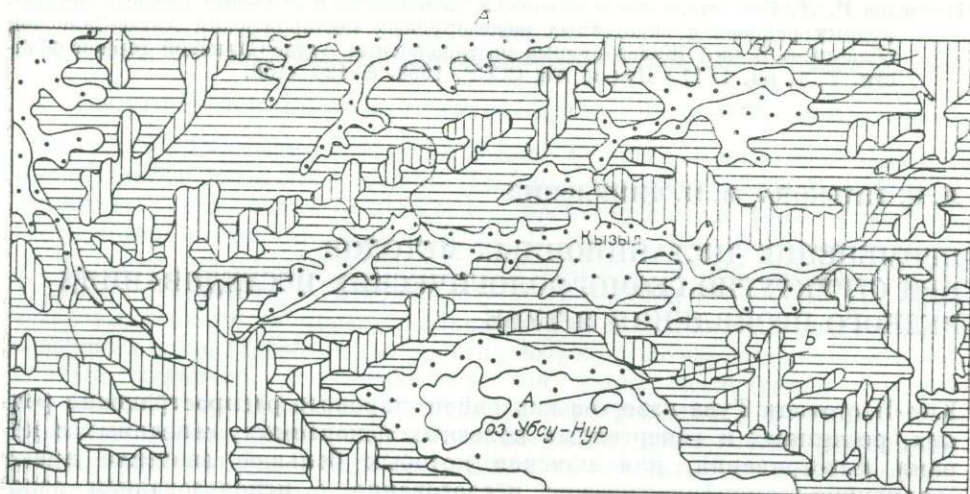


Рис. 1. Схема сопоставления современного рельефа и покровных образований. А — распространение основных областей сноса и аккумуляции; Б — профиль по АБ; В — соотношение рельефа и покровных образований. I — основные области современного сноса и незначительных перемещений кор выветривания; 2 — области склоновой аккумуляции и вторичного залегания кор выветривания; 3 — области современной аккумуляции и погребенных кор выветривания во впадинах; 4 — коренные породы; 5 — коры выветривания с продуктами их ближайшего перемещения; 6 — коры выветривания со вторичными месторождениями с плохо сортированной промьтой вмещающей массой; 7 — коры выветривания с хорошо сортированной промьтой вмещающей массой; а — в — основные структурно-геоморфологические зоны: а — Убсунурской впадины, б — переходная, в — Сангиленского нагорья; I — IV — зоны рельефообразования и осадконакопления в связи с типами гипергенного оруденения (по Селиверстову [1975]) (объяснения в тексте).

рисовки речных систем, расположению остаточных вершинных поверхностей и ярусов рельефа четко прослеживаются разломы субмеридионального направления. Проявление новейших тектонических движений по разломам предопределило различные типы рельефа, а также речных долин в пределах Каахемского и Сангиленского нагорий. В основном рельеф исследуемого региона образовался за счет поднятых на значительную высоту древних поверхностей выравнивания, подвергшихся интенсив-

ному эрозионному расчленению и последующему оледенению. Гипсометрические уровни ярусов рельефа обусловили большое различие в интенсивности и разнообразии экзогенных процессов. Активные процессы, связанные с эрозией, оледенениями, физическим морозным выветриванием, нивальной солифлюкцией, термокарстом, привели к образованию денудационных поверхностей выравнивания. Древние долины, расположенные в пределах опущенных грабен, послужили основными каналами «сползания» ледников, а выровненные приподнятые поверхности явились локальными «шапками» — «ледоемами». Из-за постепенного, медленного таяния ледников на месте выпаханые трюги незначительны по протяженности. Поэтому можно предполагать, что материалы древних кор выветривания, распространенные на водоразделах, перенесены на незначительное расстояние.

Наиболее распространен высокогорный плосковершинный рельеф на водоразделах Бурен-Эрзинского междуречья, где сохранился в виде реликтовых останцов, приуроченных к гольцовой зоне с абсолютными отметками 2500—2800 м, и соответствует первой зоне (по Селиверстову [1975]) с поверхностями выравнивания, образованными в результате комплексной денудации с корами выветривания и продуктами их ближайшего перемещения, переотложения.

Для этого рельефа характерны широкие плоские поверхности водоразделов с нагорными террасами. Долины рек заходят в его пределы — здесь они имеют широкие днища, пологие склоны, часто сливающиеся с гольцами водоразделов. Этот рельеф представляет собой древнюю денудационную поверхность, затронутую процессами морозного выветривания. Эрозионные процессы еще слабо развиты, так как новейшие тектонические движения резко подняли весь блок.

Среднегорный резко расчлененный рельеф распространен преимущественно в пределах Каахемского блока, в междуречье Бурен—Сайлик, и занимает в основном северную часть исследуемого региона с абсолютными отметками 2200—2500 м. Этот район соответствует второй зоне со слабо расчлененными вершинными поверхностями с участками временной аккумуляции, с вторичными переотложенными корами выветривания, с плохо сортированной глинистой вмещающей массой. Районы, соответствующие третьей зоне с сильно расчлененным рельефом, с преимущественно денудационными поверхностями, с преобладанием склоновых процессов, с полосами локальной аккумуляции в виде делювиально-пролювиальных шлейфов, с хорошо сортированной промытой вмещающей массой, расположены в пределах бассейнов рек левобережья Бурана.

Рельеф прилегающих впадин, особенно Убсунурской, соответствует четвертой зоне, где развиты денудационно-аккумулятивные и аккумулятивные поверхности с погребенными поверхностями, с сохранившимися корами выветривания, с осадочными месторождениями различных глин, песков. Для общего структурно-геоморфологического анализа кроме дешифрирования аэрокосмического материала проводился морфологический анализ топоосновы. Были составлены карты аномальных падений рек, основных ярусов рельефа, остаточной вершинной поверхности (см. рис. 1—3).

Карта аномальных падений рек строилась по известной методике, разработанной Ю. А. Мещеряковым, Л. Е. Сетунской (см. Зяткова [1979а]). Речная сеть разделялась на участки равной величины (в данном случае — 2 км (рис. 2)); там, где не было отметок уреза реки, вычислялся показатель по горизонтали, пересекающей реку. Коэффициент уклона определялся по формуле $I = \frac{H_2 - H_1}{l}$, где H_2 — отметка уреза вышележащего участка над нижележащими (H_1); l — постоянная величина участка реки. Вычисленный коэффициент выносится на карту; если его значение больше, чем коэффициент перепада выше- и нижележащего участка, то этот участок выделяется как аномальный.

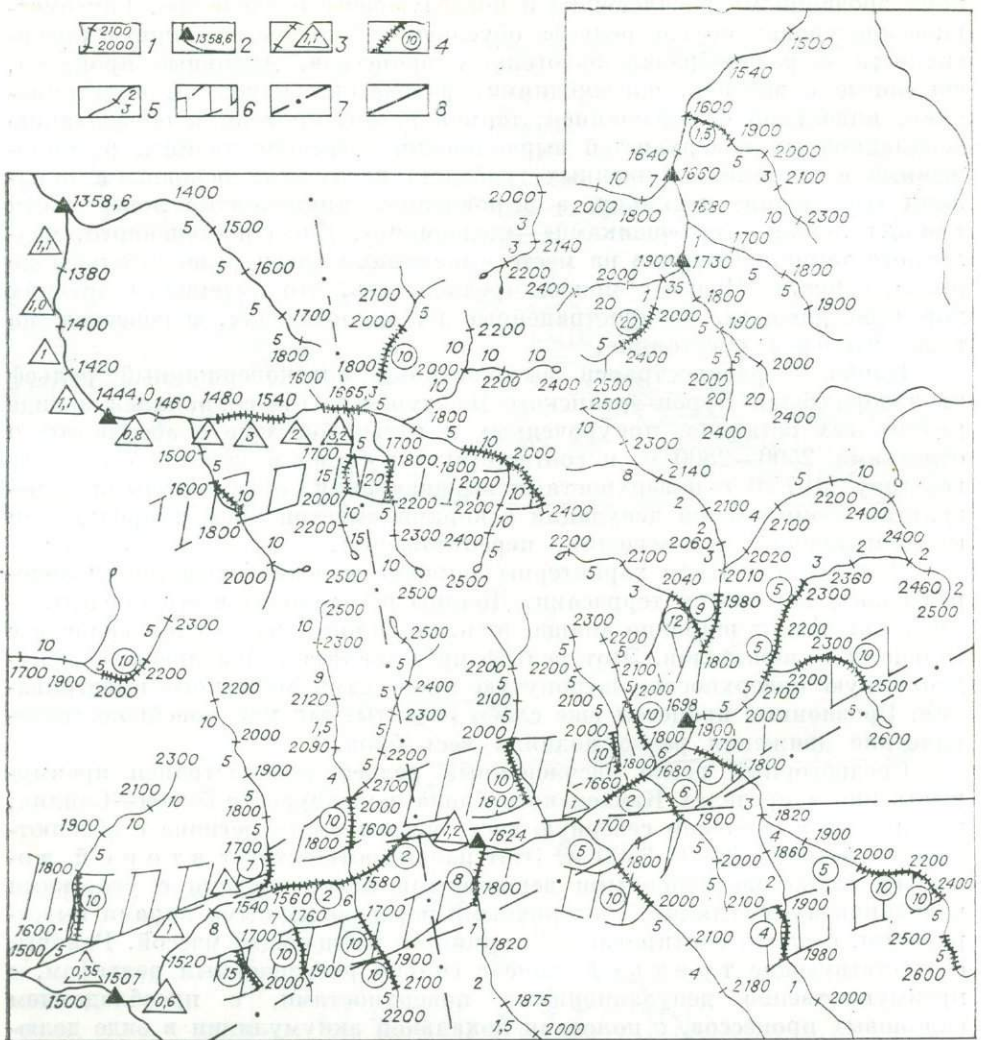


Рис. 2. Схема аномальных падений рек Бурен-Эрзинского бассейна.

1 — урезы рек по горизонталям; 2 — основные урезы рек; 3 — коэффициенты падения главных рек; 4 — аномальные участки падения рек; 5 — коэффициент падения притоков; 6—8 — зоны: 6 — аномальных падений, 7 — разломов и разрывных нарушений по геоморфологическим данным, 8 — разломов по геологическим данным.

Карта-схема аномальных падений бассейна рек Бурен-Эрзинского района дала возможность выявить две зоны аномальных падений. Наибольшие коэффициенты падения рек отмечаются на широтных разломах вдоль р. Эрзин, которые входят в зону Агордаг-Эрзинского разлома (здесь коэффициенты падения 10—15). В верховьях рек (и ниже по течению от этих участков) коэффициент падения не превышает 5, что свидетельствует о наличии древних долин, поэтому сохранность древних отложений может быть гарантирована (см. рис. 2).

Вторая зона активных падений рек — наибольшего уклона местности, а значит, и наибольшей активности разломов — приходится на левые притоки р. Бурен, стекающие с хр. Остроконечный Танну-Ола, где коэффициенты падения достигают 20, в то время как выше и ниже по течению изменяются от 5 до 10. Таким образом, построенная карта аномальных падений рек позволяет выявить наиболее активные зоны сноса и накопления.

При составлении карты-схемы остаточно-вершинной поверхности Бурен-Эрзинского района (рис. 3) были «подняты» все остаточно-вершинные

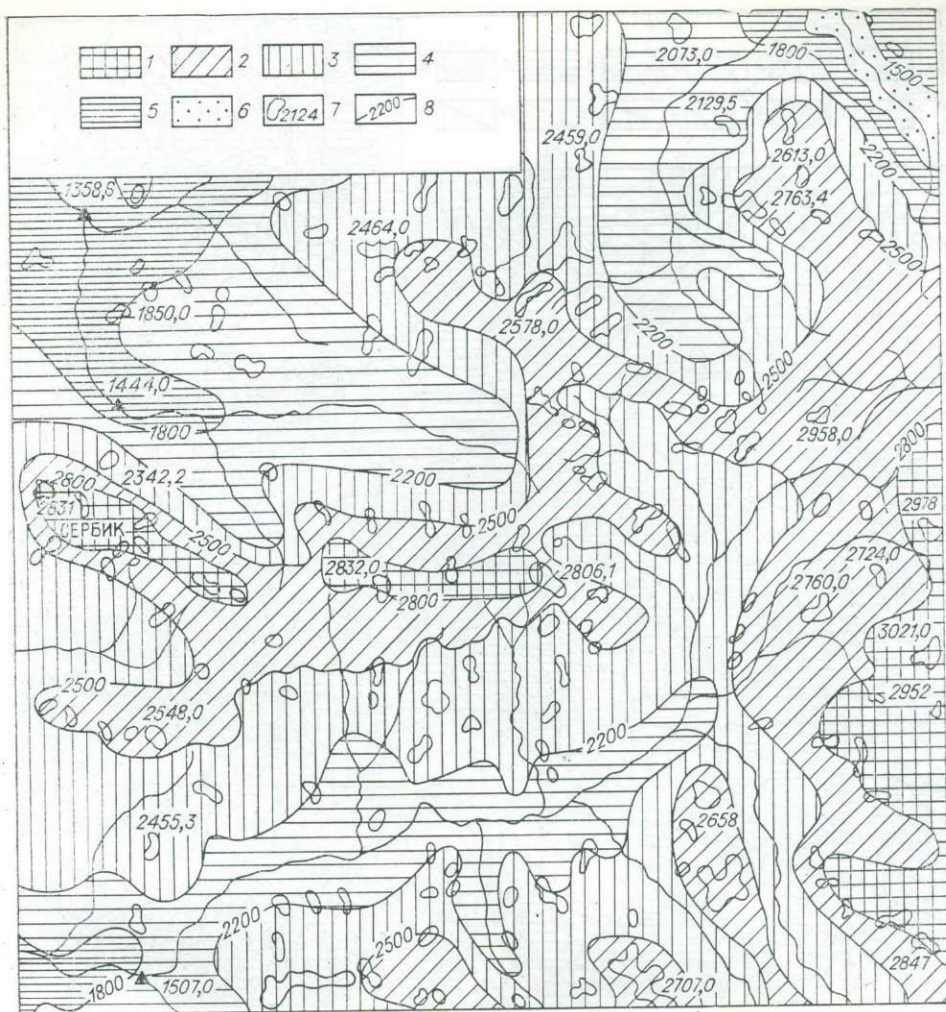


Рис. 3. Схема остаточно-вершинной поверхности Бурен-Эрзинского района.

1—6 — изогипсы, объединяющие остаточно-вершинные поверхности с отметками: 1 — выше 2800 м, 2 — 2500—2800 м, 3 — 2200—2500, 4 — 2200—1800, 5 — 1500—1800, 6 — ниже 1500 м; 7 — остаточно-вершинные поверхности с возможным сохранением кор выветривания; 8 — изогипсы, соединяющие одновысотные вершинные поверхности.

поверхности, выше которых горизонталы не отмечались. Близкие по высоте остаточно-вершинные поверхности делятся на четыре уровня (2800, 2500, 2200, 1800 м). Изогипсы этих поверхностей подчеркивают области сноса и накопления материалов с Бурен-Эрзинского водораздела. Значительно распространены поверхности с отметками от 2200 до 2500 м. Наибольшие отметки приурочены к Остроконечному Танну-Ола (2832—2850 м) и к Эрзин-Нарынско-Каргинскому водоразделам (2800—3021 м), что дает возможность выделить два наиболее интенсивно поднятых блока. Изогипсы 1800—2200 м оконтуривают районы наибольшего накопления делювиально-пролювиальных отложений, представляющих собой среднегорный рельеф с пологими склонами, где могут сохраняться переотложенные коры выветривания.

Карта-схема ярусов рельефа представляет собой гипсометрическую обобщенную карту и отражает расчлененность и блоковое строение рельефа. Основные направления сноса материала подчеркиваются субмеридиональными и субширотными разломами (рис. 4). В целом на карте выделено шесть высотных уровней: I — выше 2400 м; II — 2200 — 2400; III — 2000 — 2200; IV — 1800 — 2000; V — 1600 — 1800; VI — ниже

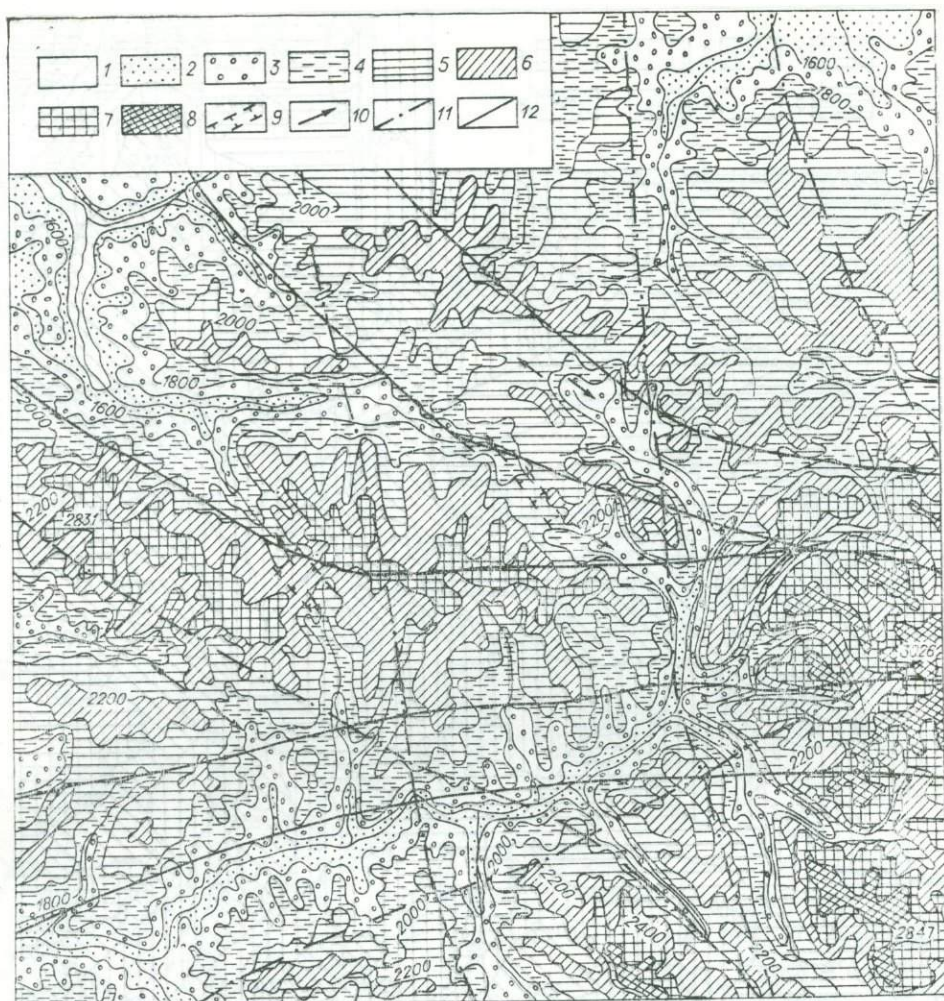


Рис. 4. Схема основных ярусов рельефа Бурен-Эрзинского района.

1-4 — ярусы рельефа основных областей аккумуляции: 1 — до 1400 м, 2 — 1400—1600, 3 — 1600—1800, 4 — 1800—2000 м; 5-8 — ярусы рельефа основных областей сноса: 5 — 2000—2200 м, 6 — 2200—2400, 7 — 2400—2800, 8 — выше 2800 м; 9 — участки долин перехватов; 10 — направление основного сноса; 11 — разломы по геоморфологическим данным космических съемок; 12 — разломы по геологическим данным.

1600 м. Различное количество уровней, резкая смена их высот, незначительная протяженность в блоках подчеркивают дифференцированность и интенсивность проявления новейших тектонических движений. Чем больше уровней, тем интенсивнее проявление новейших тектонических движений. Кроме того, построение карты ярусов рельефа дает возможность выяснить расположение районов с накоплением делювиально-пролювиальных отложений по склонам, что может тоже послужить одним из поисковых признаков для постановки поисково-разведочных работ.

Так, в пределах бассейна рек Бурен, Сайлик районы с наиболее пологими невыработанными склонами наблюдаются выше изогипс 1600—2000 м, где может сохраниться материал выветрелых пород.

На основании проведенных исследований была составлена предварительная карта-схема новейшей тектоники с элементами структурной геоморфологии (рис. 5), которая подтверждает блоковое строение, обусловленное субширотной зоной Агордаг-Эрзинского глубинного разлома с субмеридиональными разломами. Разломы, разрывные нарушения Агордаг-Эрзинской зоны разделяют Каахемскую, Сангиленскую структурно-фациальные зоны, предопределяют блоковое строение Бурен-Сайлик-

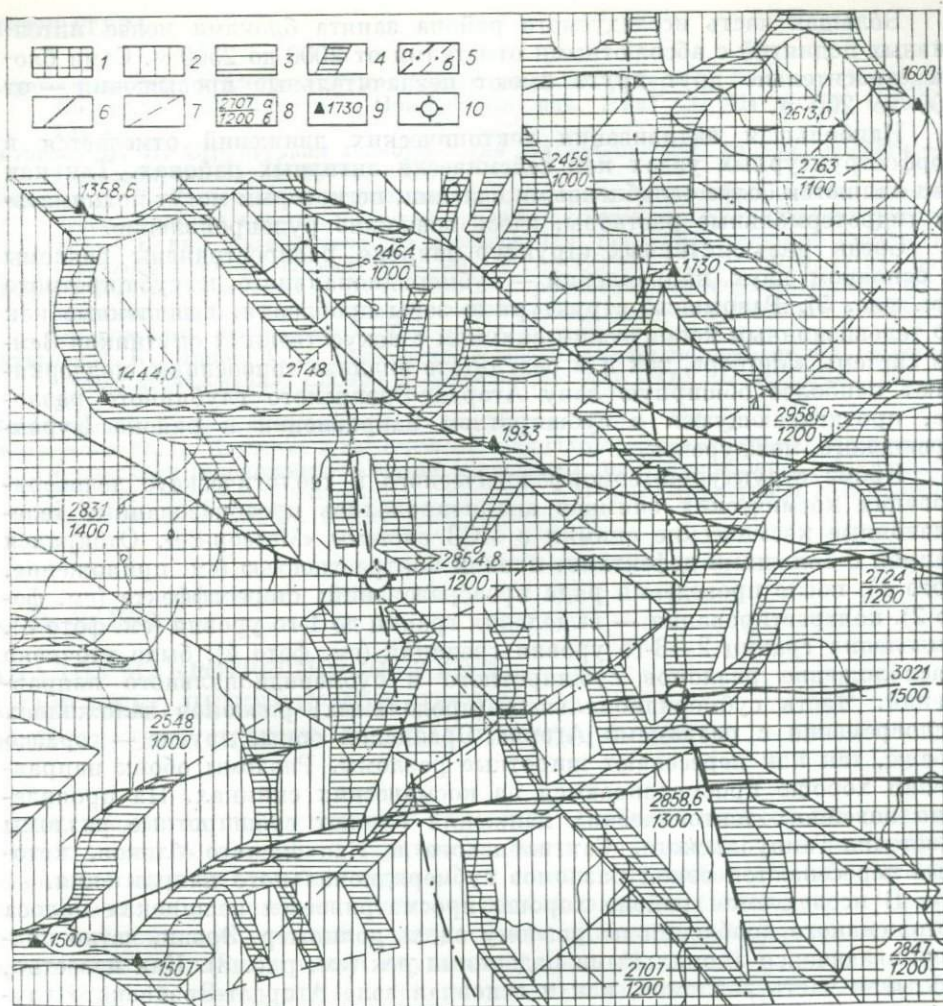


Рис. 5. Схема структурно-геоморфологических особенностей с элементами новейшей тектоники Бурен-Эрзинского района.

1 — блоки наиболее интенсивных поднятий с абсолютными отметками 2500—3000 м (с относительным превышением 1000—1500 м); 2 — блоки менее интенсивных поднятий с абсолютными отметками 2000—2500 м (с относительным превышением до 1000 м); 3 — блоки относительно опущенные — основные области аккумуляции; 4 — грабены, занятые троговыми и речными долинами; 5 — разломы, разрывные нарушения по геоморфологическим признакам; 6 — разломы по геологическим данным; 7 — разломы и разрывные нарушения по данным космических съемок системы «Метеор»; 8 — абсолютные (а) и относительные (б) отметки блоков; 9 — основные урезы воды; 10 — морфоструктурные узлы — районы активного проявления новейших тектонических движений.

Эрзинского района, а также развитие разных типов рельефа Сангиленского нагорья в целом.

Длительный период относительно спокойного развития способствовал формированию единой поверхности выравнивания, хорошо сохранившейся в пределах среднегорного рельефа. Новейшие тектонические движения различной степени активизации обусловили образование остатчно-вершинной поверхности на различных гипсометрических уровнях. Различные уровни гипсометрических поверхностей объясняются различной интенсивностью проявления эндо- и экзогенных процессов.

Проведенные исследования в пределах Бурен-Эрзинского района позволили выделить блоки наиболее интенсивных поднятий — области сноса с остатчно-вершинными поверхностями с корами выветривания, с абсолютными отметками от 2500 до 3000 м. Эти блоки приурочены к Сербикскому массиву (2831 м), Бурен-Эрзинскому (2854 м) и Тарбагатско-Эрзинскому (3021 м) водоразделам.

ЛИТЕРАТУРА

- Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока/ Под ред. А. Л. Яншина.— Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1979.— 154 с.
- Зяткова Л. К. Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области.— Новосибирск: Наука, 1979а.— 213 с.
- Зяткова Л. К. Геолого-геоморфологическая интерпретация дешифрирования космических снимков с целью изучения проявления новейших тектонических движений.— В кн.: Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1979б, с. 51—56.
- Зяткова Л. К., Оболенский А. А. Геолого-геоморфологическая информативность космических снимков в связи с проблемой изучения глубинных структур и поисками полезных ископаемых.— Там же, с. 36—42.
- Зяткова Л. К., Яншин А. Л. Применение аэрокосмической информации при геологических исследованиях Сибири.— Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1981.— 20 с.
- Космическая информация в геологии.— М.: Наука, 1983.— 536 с.
- Селиверстов Ю. П. Изучение и картирование эпиплатформенного рельефа гор в связи с поисками гипергенных полезных ископаемых (на примере Западной Африки, Южной Сибири и Восточного Казахстана).— В кн.: Структурная геоморфология горных стран. М.: Наука, 1975, с. 256—262.

А. В. ЧАЙКО

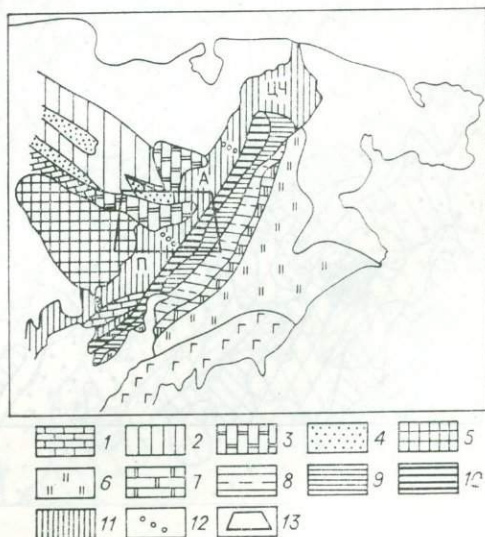
АНАЛИЗ МАКРОТРЕЩИНОВАТОСТИ АНАДЫРСКО-ПЕНЖИНСКОЙ ЧАСТИ ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНОГЕННОГО ПОЯСА

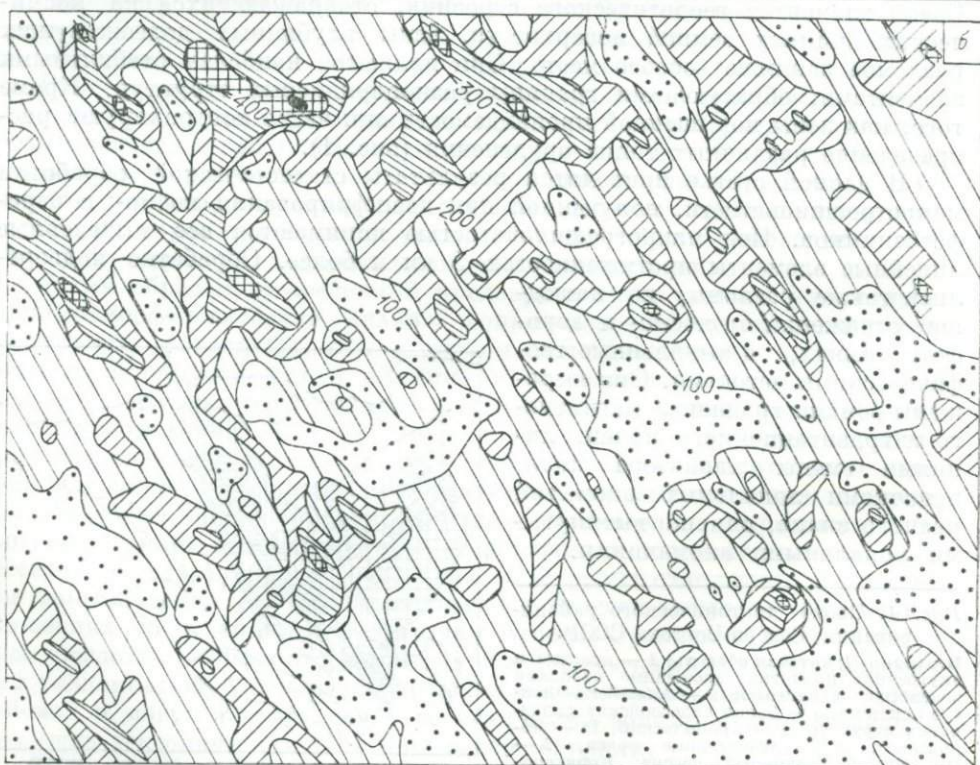
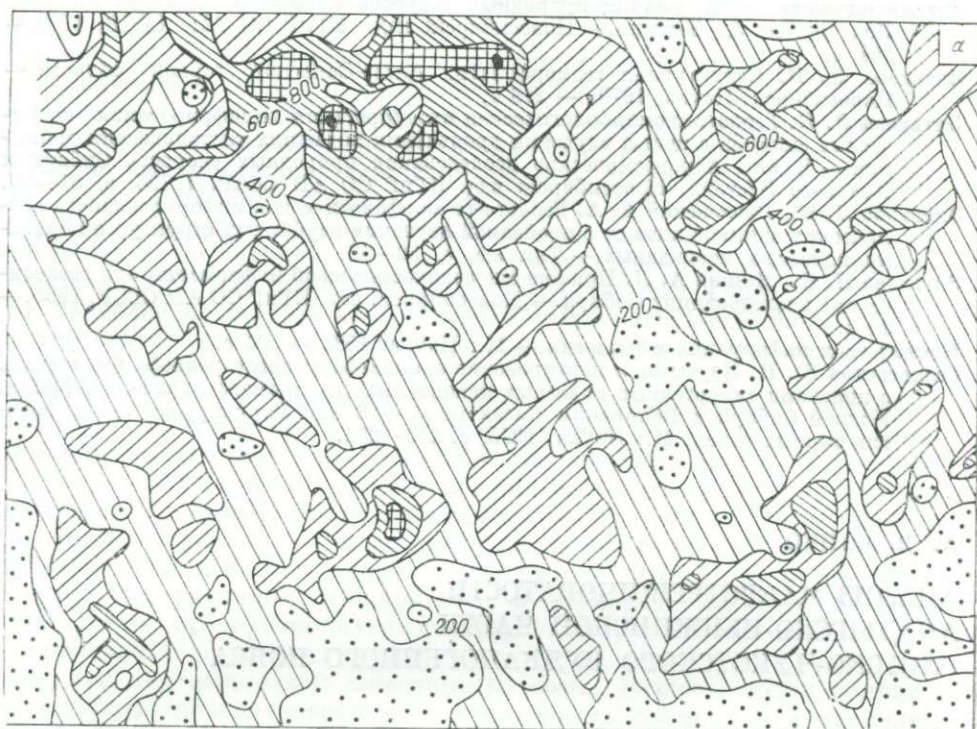
Среди элементов геологического строения, отображающихся на космических снимках земной поверхности, зоны глубинных долгоживущих разломов занимают особое место. Они являются наиболее стабильными элементами, образующими границы разнопорядковых структур. Кроме того, как зоны повышенной проницаемости они часто контролируют распределение различных типов оруденения (рис. 1).

В данной статье приводятся результаты статистической обработки макротрещиноватости, полученной при дешифрировании космо- и аэрофотоснимков. Под макротрещиноватостью понимаются все выделенные линейные элементы протяженностью 5 км и более. Обработке подверглись также разломы, не нашедшие отражения на космо- и аэрофотоснимках, а выявленные геофизическими методами. Они выражены зонами градиента магнитного и гравитационного полей, линиями смены характера поля, цепочками локальных аномалий разного знака, сильно вытянутыми локальными аномалиями.

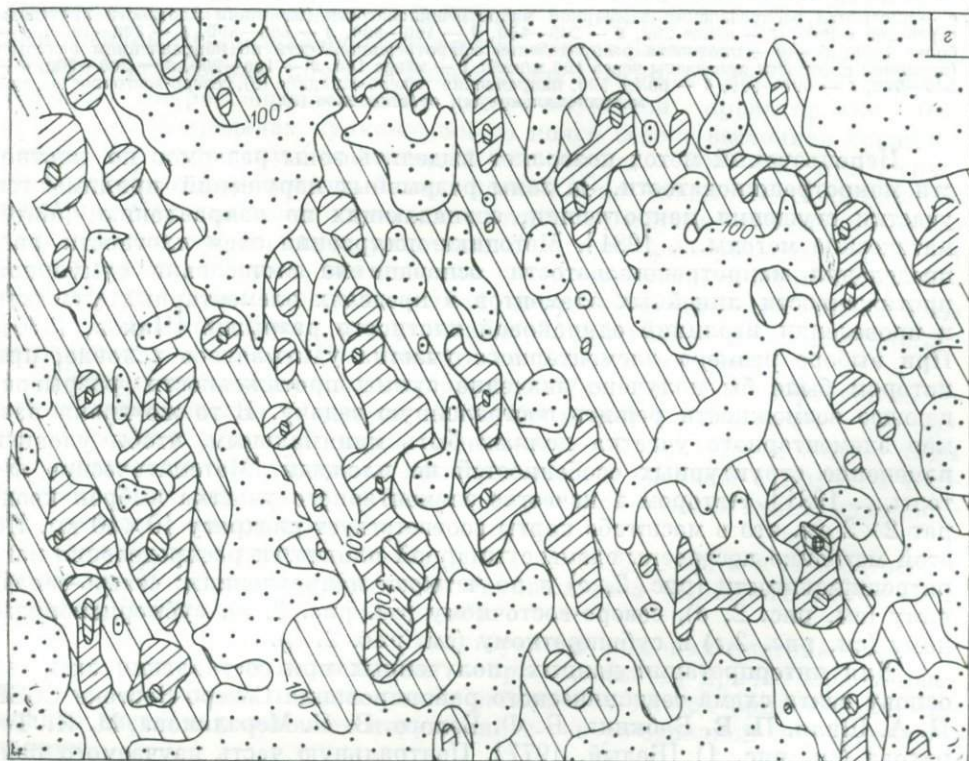
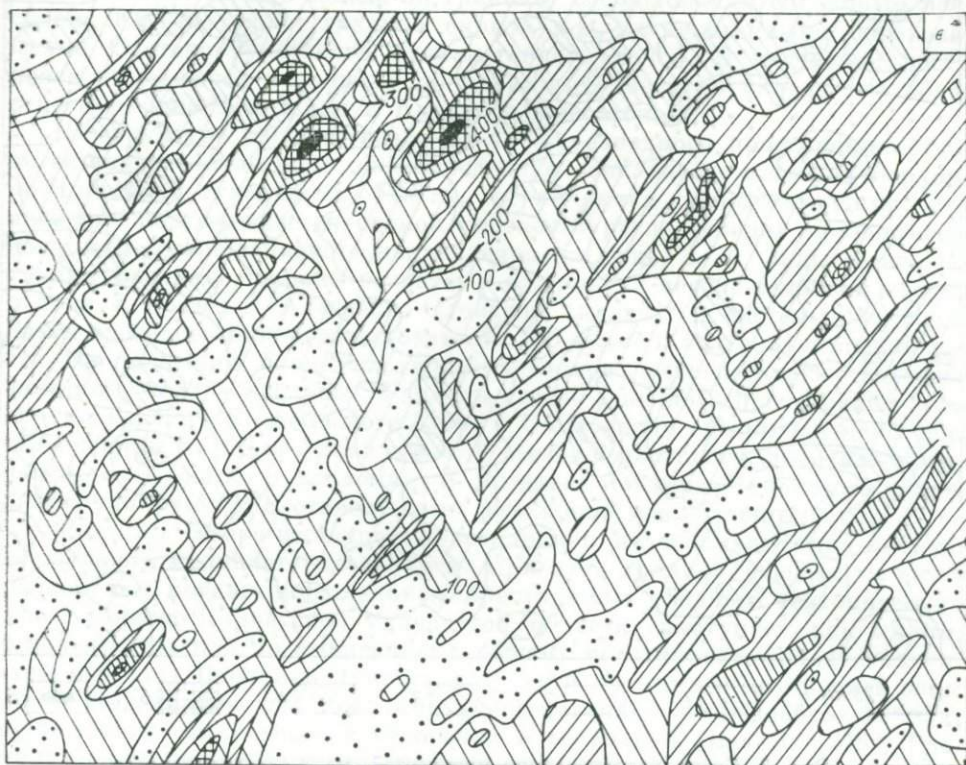
Рис. 1. Схема тектонического районирования Северо-Востока СССР.

Верхояно-Чукотская область: 1 — краевые и внутренние поднятия, сложенные породами докембрия и палеозоя, 2 — Алазейско-Олейская система, 3 — блоки палеозойских складчатых структур (I — Еропольский, II — Яблонский), 4 — вулканогенные пояса, 5 — Омолонский срединный массив; Корякско-Камчатская область: 6 — внутренняя зона Анадырско-Корякской системы, 7 — Тайнинско-Майнский антиклинорий, 8 — Пенжинский прогиб; Охотско-Чукотский вулканогенный пояс: 9, 10 — внутренняя зона (9 — новообразованная, 10 — унаследованная подзоны), 11 — внешняя зона; 12 — границы секторов; 13 — район исследований,





Начало рис. 2.



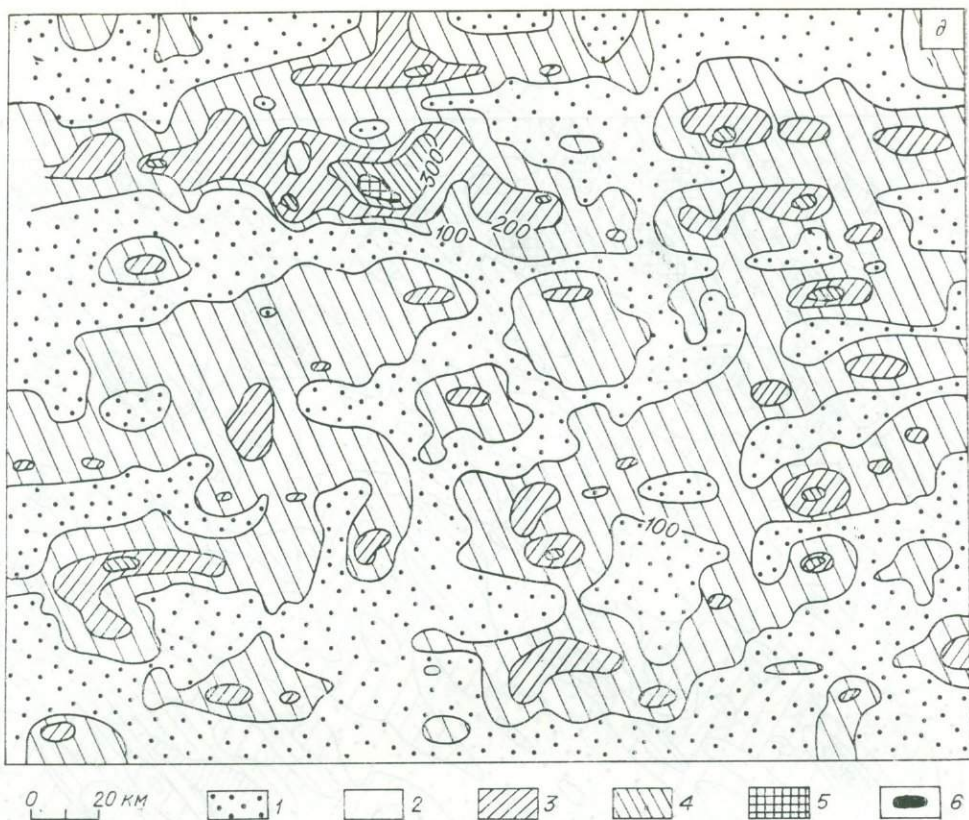


Рис. 2. Схема распределения плотностей макротрещиноватости.

a — плотности распределения суммарной макротрещиноватости (изолинии плотности проведены через 200 м/км²): 1 — менее 200, 2 — 200—400, 3 — 400—600, 4 — 600—800, 5 — 800—1000, 6 — более 1000; *б* — *д* — плотности распределения макротрещиноватости по направлениям разломов (изолинии плотности проведены через 100 м/км²): 1 — менее 100, 2 — 100—200, 3 — 200—300, 4 — 300—400, 5 — 400—500, 6 — более 500; направления: северо-западное (*б*), северо-восточное (*в*), субмеридиональное (*г*), субширотное (*д*).

Используемый метод позволяет выделить зоны разломов по плотности макротрещиноватости. За зоны разрывных нарушений принимаются участки сгущения макротрещин, совпадающих по направлению [Математические методы..., 1981]. Методика построения схем плотности распределения макротрещиноватости основана на вычислении суммарной протяженности линейных элементов в пределах элементарных участков и проведении изолиний одинаковой плотности разрывов [Чиков, 1970]. При выборе размера элементарного участка учитывалось условие, при котором было бы получено значение суммы протяженности разрывов, дающее возможность решить поставленную задачу. В то же время размер элементарного участка должен быть минимальным, чтобы уловить изменение структурных особенностей по площади [Математические методы..., 1981]. Автором в качестве элементарного участка выбран квадрат 2×2 см, что в масштабе карты соответствует квадрату 10×10 км. По этой методике построены схемы суммарной плотности распределения макротрещиноватости (рис. 2, *a*) и по четырем направлениям: северо-западному (см. рис. 2, *б*), северо-восточному (см. рис. 2, *в*), субмеридиональному (см. рис. 2, *г*) и субширотному (см. рис. 2, *д*).

Для интерпретации данных, полученных при составлении схем, за основу взята схема тектонического районирования Северо-Востока СССР Н. А. Шилов, П. В. Бабкина, В. Ф. Белого, В. Н. Мерзлякова, М. И. Терехова (см. рис. 1) [Белый, 1977]. Центральную часть изучаемого района занимает Еропольский блок, который выделяется в составе Алазейско-Олойской системы Верхояно-Чукотской складчатой области. Он

сформировался в период герцинской складчатости и в последующие периоды уже не вовлекался в геосинклинальное погружение [Белый, 1978]. В северной части Еропольский блок ограничен зоной Олойского глубинного разлома, на юго-западе он граничит с Омолонским срединным массивом. Юго-восточная граница скрыта под вулканогенными образованиями Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. В изучаемой части пояса выделяются различные по характеру развития складчатые области: Верхояно-Чукотская и Корякско-Камчатская.

В структуре региона разломом северо-западного простирания отводится значительная роль: они определяют зональность мезозойд Верхояно-Чукотской складчатой области, где являются господствующими. Это наглядно подтверждается схемой плотности распределения макротрещиноватости северо-западного направления (см. рис. 2, б). Зоны северо-западных разломов широко развиты в северной и северо-западной частях района в пределах Алазейско-Олойской складчатой системы мезозойд. Здесь плотность макротрещиноватости 500 м/км^2 и более. В северной части Еропольского блока плотность разломов достигает также высоких значений — $300\text{—}400 \text{ м/км}^2$. Разломы северо-западного простирания фиксируют границу Еропольского блока с Омолонским срединным массивом, выраженную на схеме узкой полосой высокой плотности (зона Уш-Уракчанского глубинного разлома). В пределах Охотско-Чукотского пояса они группируются в относительно небольшие изометричные зоны.

Разломы северо-восточной ориентировки подчеркивают продольную зональность вулканогенного пояса. При этом граница внешней и внутренней зон пояса, параллельная простиранию главных тектонических зон Корякско-Камчатской складчатой области, выступает как линия, резко несогласная по отношению к общему простиранию складчатых систем мезозойд Верхояно-Чукотской области. В составе внутренней зоны пояса выделяются две подзоны: унаследованная и новообразованная, существенно отличающиеся строением и развитием [Белый, 1978]. Граница подзон также выражена крупными разрывными дислокациями северо-восточного простирания; к их числу относится Анадырский глубинный разлом. Определяющее значение северо-восточных разломов для Охотско-Чукотского пояса подтверждается схемой плотности распределения макротрещиноватости северо-восточной ориентировки (см. рис. 2, в). В пределах вулканогенного пояса северо-восточная трещиноватость образует зону с повышенной плотностью — $200\text{—}300 \text{ м/км}^2$, внутри которой выделяется еще более плотная зона Анадырского глубинного разлома. Максимальные значения плотности северо-восточных разломов наблюдаются на бортах отрицательной структуры, расположенной на севере района, но здесь эти разломы не образуют протяженных зон. Узкие плотные зоны северо-восточной макротрещиноватости характерны для Еропольского блока, они пересекают блок на несколько частей и продолжают в пределах Омолонского срединного массива.

Система субмеридиональных разломов (см. рис. 2, г) образует вытянутые зоны высокой плотности ($300\text{—}400 \text{ м/км}^2$) на Омолонском срединном массиве и в южной части Еропольского блока. Протяженные зоны субмеридиональных разломов пространственно связаны с выходом наиболее древних отложений. В более молодых отложениях субмеридиональные разрывы имеют подчиненное значение.

Субширотная трещиноватость (см. рис. 2, д) развита в районе незначительно. Исключение составляет крупная зона Олойского глубинного разлома (плотность $400\text{—}500 \text{ м/км}^2$).

Можно сделать вывод о господствующем значении диагональной системы разломов и о подчиненном — ортогональной, причем при движении с северо-запада на юго-восток района изменяется ориентировка основной системы разрывных нарушений с северо-западной на северо-восточную.

На схеме плотности распределения суммарной макротрещиноватости (см. рис. 2, а) аномалии плотности возникают в результате пересече-

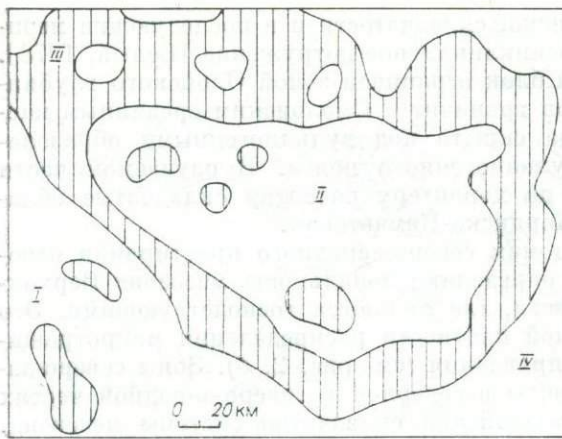


Рис. 3. Схема деформационной зональности.

I — Омолонский средний массив; II — Еропольский блок; III — Алазейско-Олойская складчатая система; IV — внутренняя зона Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Заштрихованы участки интенсивных деформаций.

структурные границы Еропольского блока со смежными тектоническими областями. Это предположение основывается на том, что эффект увеличения плотности макротрещиноватости при переходе из одной тектонической зоны в другую имеет важное значение для определения границ между зонами [Чиков, 1970]. Юго-восточная, восточная, северо-восточная границы Еропольского блока скрыты под вулканогенными образованиями Охотско-Чукотского пояса, однако они достаточно отчетливо выражены аномалиями плотности разрывов всех четырех направлений. Северная граница блока выражена ступенем субширотных разрывов, образующих зону Олойского глубинного разлома.

Здесь же на севере района выделяется очень крупная область с высокими значениями плотности суммарной макротрещиноватости (1000 м/км^2 и более). Она приурочена к бортам структуры, вытянутой в субширотном направлении и заполненной вулканогенными отложениями оротенного этапа мезозойд [Белый, 1977]. С меньшей достоверностью выделяется южная граница блока. Это вызвано увеличением мощности вулканогенных образований в пределах Верхне-Пенжинской впадины, а также широким развитием чехла четвертичных отложений в долине р. Пенжины. Северная и юго-восточная границы Еропольского блока выражены зонами типа «зон проницаемости», фиксируются цепочками вулканических, вулканотектонических и плутонических структур, цепочками локальных аномалий силы тяжести разного знака. Северо-восточная и юго-западная границы блока фиксируются зонами высоких горизонтальных градиентов силы тяжести и зонами смены характера гравитационного поля. Вместе с тем геофизические зоны первого и второго типов распространены в пределах Еропольского блока, Охотско-Чукотского пояса, поэтому выделить структурные границы по геофизическим данным здесь невозможно. Зоны с высокими значениями суммарной плотности разрывов вынесены на схему деформационной зональности (рис. 3).

Структурная приуроченность вулканогенно-гидротермальных рудопроявлений определяется линейными зонами разрывных нарушений, пересечением зон разломов трех, четырех направлений, участками изгиба зон глубинных разломов, сопряжением и разветвлением разрывных нарушений, сочленением оперяющих трещин с разрывными нарушениями [Яковлев и др., 1965]. В каждом из перечисленных случаев перспективные на оруденение участки характеризуются увеличением плотности макротрещиноватости. Поэтому предлагаемые схемы могут использоваться в комплексе с другими методами в качестве поискового критерия.

Метод статистической обработки разрывных нарушений, полученных при дешифрировании космо- и аэрофотоснимков, позволяет детализировать структуру района, указывает на связь отдельных тектонических элементов с пространственным размещением разломов, выявляет структурную приуроченность вулканогенно-гидротермальных рудопроявлений.

ЛИТЕРАТУРА

- Белый В. Ф. Стратиграфия и структура Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.— М.: Наука, 1977.— 171 с.
- Белый В. Ф. Формации и тектоника Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.— М. Наука, 1978.— 213 с.
- Математические методы в геологическом дешифрировании аэрофотоснимков/Афанасьев Н. Ф., Петров К. М., Теосев А. В. и др.— М.: Недра, 1981.— 280 с.
- Чиков Б. М. Тектоника Охотского срединного массива.— М.: Наука, 1970.— 151 с.
- Яковлев П. Д., Оленин В. В., Котляр В. Н. Структурные типы рудных полей и месторождений, связанных с вулканическими жерлами и трубками взрыва.— В кн. Рудоносность вулканогенных формаций. М.: Недра, 1965, с. 232—252.

П. Е. КОТЛЯР, В. А. СОЛОВЬЕВ

ОБНАРУЖЕНИЕ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ И СВЯЗАННЫХ С НИМИ РАЗЛОМОВ ПО КОСМОСНИМКАМ (на примере Ангаро-Селенгинской зоны)

На космоснимках наиболее достоверно обнаруживаются геологические объекты, выраженные геоморфологически, так как мы анализируем двумерное поле оптических плотностей, создаваемых геометрией рельефа и отражательными свойствами поверхностей [Кондратьев, Федченко, 1982; Ракулик, Ситникова, 1981; Федченко, Кондратьев, 1981]. Глубина проникновения основного носителя информации — электромагнитного излучения — имеет значение порядка длины волны. Эта величина (от долей микрона для обычной фотосъемки в видимом диапазоне до первых сантиметров для «обнажающей» радиолокационной съемки) ничтожна по сравнению с мощностями даже рыхлых отложений. Следовательно, возможности использования отраженного электромагнитного излучения в видимом, инфракрасном и сантиметровом диапазонах для обнаружения геологических объектов, не выраженных геоморфологически, очень ограничены.

Рассмотрим применение собственного излучения объектов для визуализации глубинных неоднородностей.

Спектральная зависимость излучательной способности тел определяется законом Планка [Справочник..., 1980]:

$$r_{\lambda,T} = \varepsilon_{\lambda,T} C_1 \lambda^{-5} \left(e^{C_2/\lambda T} - 1 \right)^{-1}, \quad (1)$$

где $r_{\lambda,T}$ — спектральная плотность мощности излучения, Вт/(м²·мкм⁻¹); $\varepsilon_{\lambda,T}$ — спектральный коэффициент излучения; $C_1 = 3,71 \cdot 10^8$ Вт/(мкм⁴·м⁻²); λ — длина волны, мкм; $C_2 = 14380$ мкм·град; T — абсолютная температура в градусах Кельвина.

На основании закона Вина [Справочник..., 1980] максимум спектральной плотности мощности при данном значении температуры определяется выражением

$$\lambda_m T = 2896 \text{ мкм} \cdot \text{град}. \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что для диапазона температур 0—50°C максимум спектральной плотности мощности излучения составляет 10,6—8,97 мкм.

Не рассматривая подробно прохождение излучения через атмосферу Земли, можно указать лишь на наличие окон «прозрачности» [Сафронов, Андрианов, 1978] на следующих длинах волн: 0,95—1,05; 1,2—1,3; 1,5—1,8; 2,1—2,4; 3,3—4,2; 4,5—5,1; 8—13 мкм.

Итак, максимум излучательной способности полностью совпадает с окном «прозрачности» атмосферы 8—13 мкм.

Планковская зависимость спектральной плотности мощности излучения (1) для абсолютно черного тела при температуре 290 К круто падает с уменьшением длины волны. Так, если для $\lambda_m = 10,0$ мкм $r_{\lambda,T}$ принять равным единице, то для $\lambda = 3,7$ и $1,0$ мкм получим следующие значения $r_{3,7;290} = 0,03$ и $r_{1,0;290} = 4,7 \cdot 10^{-15}$.

Для окончательного выбора спектрального диапазона помимо спектральной плотности мощности излучения и влияния поглощения в атмосфере необходимы данные о спектральной чувствительности фотоприемных устройств, однако в публикациях они не приводятся.

Одним из прямых методов исследования глубинного строения земной коры является тепловая (инфракрасная) съемка. В последние десятилетия в нашей стране и за рубежом созданы и внедрены в практику съемочных работ различные системы ИК съемки [Сафронов, Андрианов, 1978], призванные обеспечить потребности различных отраслей в высококачественной ИК информации.

В ближней ИК области (до 1,2 мкм) используются фотографические системы, регистрирующие информацию на специально сенсibilизированных фотопленках, а в более далекой — сканерные системы с полупроводниковыми детекторами излучения. Например, бортовая аппаратура советских спутников системы «Метеор» представлена узкоугольным сканирующим ИК радиометром диапазона 8—12 мкм. Мгновенное поле зрения радиометра $1,5 \cdot 1,5^\circ$. Пороговая чувствительность $0,5—0,6^\circ\text{C}$ при температуре $20—25^\circ\text{C}$. Информация со спутников передается в зоне радиовидимости наземных приемных пунктов в виде яркостного изображения теплового поля или цифровых карт эквивалентных радиационных температур.

Однако анализ информации показывает, что в большинстве случаев она малоприспособна для детальных геологических исследований из-за крайне низкого пространственного разрешения и низкой обнаружительной способности тепловых аномальных зон. Это обусловлено тем, что тепловые градиенты земной поверхности весьма незначительны (составляют единицы или десятые доли градуса) и находятся вблизи порога разрешения современной ИК аппаратуры. Помимо низкого пространственного и амплитудного разрешения они характеризуются также крайне низким контрастом.

Для объектов, видимых благодаря их собственному излучению и обладающих одинаковыми излучательными способностями, контраст определяется выражением [Роуз, 1977]

$$\frac{h\nu\Delta T}{kT \cdot T} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где h — постоянная Планка; ν — частота излучения; ΔT — разность температур между объектами и окружающей средой.

Расчеты показывают, что разность температур в 1°C создает контраст только в 1% при длинах волн около 10 мкм. Поэтому необходимо привлечение других методик.

Для визуализации геотермических аномалий в среднеширотной зоне предлагается метод фазового перехода. Он основан на изменении отражательных свойств воды при переходе «жидкость—твердое тело» в видимом диапазоне длин волн. Реализация метода требует проведения съемки в периоды, приуроченные к колебаниям температуры окружающего воздуха вблизи точки фазового перехода ($0 \div -2^\circ\text{C}$). Геотермические аномалии в этом случае представляют собой зоны с крайне низкими коэффициентами отражения, присущими увлажненному почвенным покровам. Аномалии оконтуриваются областями со снежным покровом по изотермам нулевой температуры.

Следует учитывать, что отображение глубинной структуры земной коры в виде теплового рельефа поверхности маскируется различиями в теплофизических свойствах почв и растительных покровов и «метеорологических шумами». Последние связаны с неравномерностью выпада-

ния осадков, регулярными и случайными воздушными тепловыми потоками. Для их устранения следует использовать не единичный снимок, а массив снимков местности, приуроченных к периоду неустойчивого снеготаяния. Для большинства районов Сибири это март, апрель и октябрь, ноябрь. В общем случае период неустойчивого снеготаяния для исследуемого района определяется с помощью климатологических справочников [Справочник..., 1966]. Затем для определенных таким образом интервалов и заданных районов работ заказываются архивные снимки в региональном центре приема и обработки спутниковых данных или в центральном архиве. Снимки подвергаются нормализации для приведения к единому масштабу и устранению геометрических искажений. Для дешифрирования желательнее, чтобы космические снимки сопровождалась синоптическими картами районов работ, соответствующими моментам фотосъемки.

Так формируется исходный информационный массив. По синоптическим картам из исходного массива отбираются снимки, выполненные в различное время в условиях равенства температур в исследуемом районе. Области снеготаяния на каждом снимке оконтуриваются, а затем на картографическую основу наносятся контуры областей снеготаяния различных снимков. Корреляционная обработка исходного материала может выполняться как на ЭВМ, так и традиционными аналоговыми методами.

Для получения уровня достоверности порядка 0,8 обычно используется массив из 30 снимков, что легко обеспечивается современными архивами. Для определения пространственного температурного градиента исследуемой области подобная процедура должна быть выполнена для различных значений температуры окружающей среды.

Необходимо отметить, что известную «зеленую волну» появления растительных покровов, изменение отражательных коэффициентов растительности на различных этапах развития, широко используемые при дешифрировании цветных и спектральных снимков, можно также представить размытым фазовым переходом. Но в отличие от фазового перехода при снеготаянии развитие растительности связано с интегральными эффектами накопления тепла и влаги, что требует при интерпретации привлечения дополнительной погодной информации в значительных объемах.

Ангаро-Селенгинская геотермическая аномалия и ее тектоническая природа

Метод фазового перехода был апробирован в Прибайкалье. Выбор полигона не случаен, так как Байкальский рифт относительно хорошо изучен в геофизическом [Байкальский рифт, 1975; Лысак, Зорин, 1975; Лысак, 1981, Голенецкий, 1983; Голенецкий и др., 1983] и в тектоническом [Хренов и др., 1977; Сладкопевцев, 1982] отношениях и, главное, исследовался авторами [Соловьев, 1968; Косыгин и др., 1963].

Исходный информационный массив был представлен 57 космическими снимками системы «Метеор» формата 050, охватывающими период с 1977 по 1983 г. и отобранными из архива Западно-Сибирского регионального центра приема и обработки спутниковой информации.

При обработке исходного массива в пределах Иркутской и Байкальской впадин выявлена геотермическая зона северо-западного простирания, прослеживающаяся от устья р. Селенги вдоль р. Ангары на расстояние около 600 км при ширине 50 км (см. рис. 1). В области пересечения зоны с оз. Байкал наблюдается ее смещение трансформного характера (см. «Метеор-31», виток 6919, 22.10.1982 г.). Обнаруженная геотермическая аномалия хорошо коррелирует с климатологическими признаками, в частности со среднегодовой температурой почв в Прибайкалье, с характером течения вод и ледовым режимом оз. Байкал.

В соответствии с данными Справочника по климату СССР [1966] в Иркутской области имеется 177, а в Забайкалье — 220 метеорологиче-

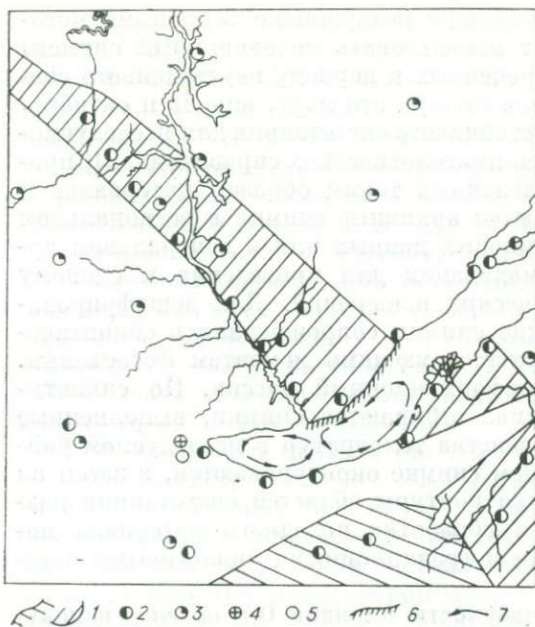


Рис. 1. Схема геотермальных зон. 1 — границы аномальной геотермической зоны; 2—5 — метеостанции со среднегодовыми температурами: 2 — от -1 до 1°C , 3 — от -2 до -3 , 4 — от -4 до -5 , 5 — от -6 до -8°C ; 6 — вскрытие ледяного покрова ранее 30.04; 7 — постоянные замкнутые течения, захватывающие всю толщу воды.

ских станций. Около 300 станций, регулярно измеряющих температуру почв, образуют достаточно представительную сеть. На рис. 1 условными знаками нанесены усредненные по результатам многолетних наблюдений среднегодовые значения температуры поверхности почвы. Анализ показывает полное совпадение аномальной зоны, выделенной методом фазового перехода, и изотерм температуры почв.

В южной части оз. Байкал имеется два замкнутых контурных течений, захватывающих всю толщу воды [Атлас..., 1969]. Направления течений в контурах не соответствуют закону Кориолиса, встречны, а приуроченность их к зоне Ангаро-Селенгинской аномалии позволяет предположить, что указанные течения обусловлены геотермическими градиентами.

Это подтверждается и временем вскрытия ледяного покрова оз. Байкал, которое раньше всего (до 30 апреля) начинается в обнаруженной аномальной зоне. Вскрытие характеризуется таянием льда на западном побережье от истока р. Ангары до устья р. Бугульдейки на первом этапе (см. «Метеор-30», виток 4559, 24.04.1981 г.) и дальнейшим взламыванием льда в зоне пересечения с разломом (см. «Метеор-30», виток 15 635, 05.05.1983 г.). Характерно, что в этот период южнее и севернее аномальной зоны признаки таяния льда отсутствуют. Известно также, что р. Ангара от истока и до пос. Балаганск, т. е. как раз в зоне аномалии, характеризуется наиболее поздним сроком ледостава [Климатический атлас..., 1960].

Итак, климатологические признаки подтверждают наличие Ангаро-Селенгинской геотермической аномалии. Если она действительно существует, то должна коррелировать и с геофизическими признаками.

Сначала были проанализированы гравиметрические данные, которые показали, что на пересечении аномальной зоны с оз. Байкал располагается наибольшая в этом районе отрицательная аномалия. Аномалия проявляется и в современном магнитном поле, компоненты которого здесь искажаются, что особенно подчеркивается конфигурацией изогон -3 и -4° . Зона разогрева с максимумом, приходящимся на участок Байкала между истоками Ангары и устьем Селенги, была обнаружена нами еще в 1962 г. по данным глубинного электромагнитного зондирования [Косыгин и др., 1963]. Анализ поведения вертикальной составляющей бухтообразных возмущений магнитного поля продолжительностью 1—3 ч показал, что на фоне регионального уменьшения интенсивности с севера на юг, т. е. по мере удаления от зоны полярных сияний, наблюдаются относительные максимумы и минимумы. На профиле Томск — Улан-Удэ максимум был зафиксирован в районе оз. Байкал, как раз в том месте, где сейчас обнаружена геотермическая аномалия по космоснимкам.

Такой характер переменного магнитного поля мы связываем с переходом от области с высоким удельным сопротивлением к области с относительно пониженным. Поскольку глубина проникновения электромагнит-

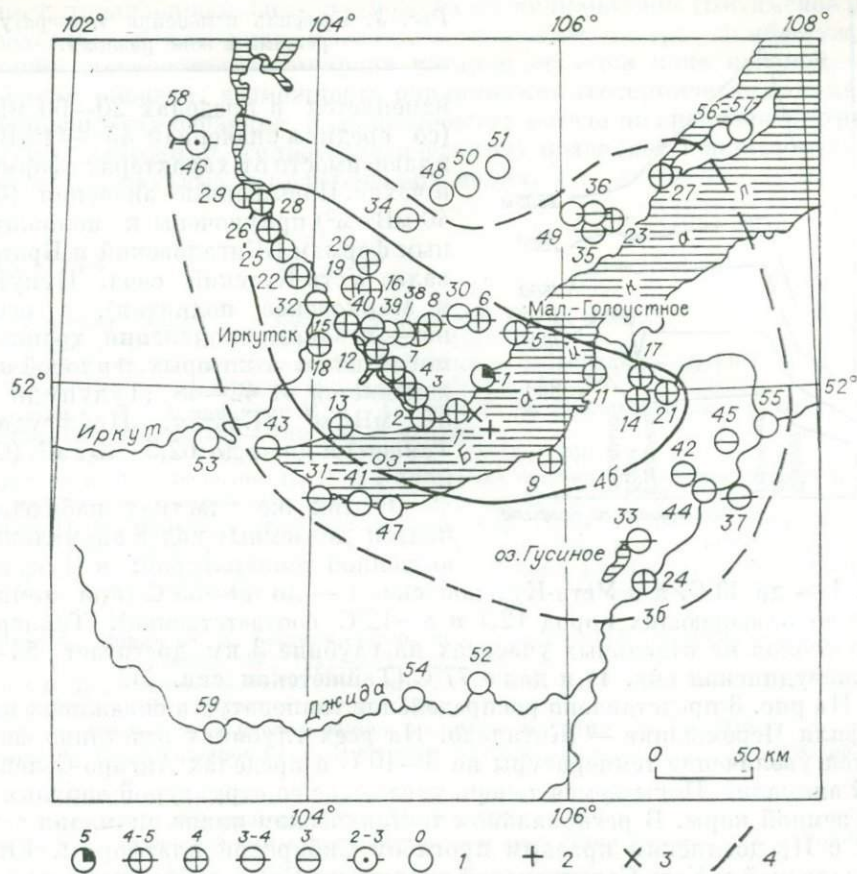


Рис. 2. Схема изосейст землетрясения 26 сентября 1980 г. в 18 ч. Составлена С. И. Голенецким.

1 — балльность; 2, 3 — инструментальный эпицентр землетрясения: 2 — в 15 ч, 3 — в 18 ч; 4 — изосейсты.

ных вариаций с периодом 1—3 ч измеряется первыми сотнями километров, Южно-Байкальский максимум можно рассматривать как область повышенной электропроводности в верхней мантии. А одним из основных параметров, влияющих на удельное сопротивление глубинного вещества, является температура. Следовательно, Ангаро-Селенгинская геотермическая аномалия имеет глубинную природу. Этот вывод согласуется и с данными по ГСЗ [Байкальский рифт..., 1975].

Ангаро-Селенгинская аномальная зона проявляется и в сейсмичности, что подтверждается конфигурацией изосейст Байкальских землетрясений [Голенецкий, 1983]. На рис. 2 представлена схема изосейст землетрясения 26 сентября 1980 г. с эпицентром, расположенным в пересечении зоны с оз. Байкал. Конфигурация изосейст свидетельствует о распространении сейсмической энергии преимущественно вдоль Ангаро-Селенгинской геотермической аномалии. Волноводный характер распространения энергии вдоль этой зоны наблюдается и при землетрясениях с эпицентрами в селенгинской части [Голенецкий и др., 1983].

Особенно интересно скоррелировать обнаруженную по космоснимкам геотермическую аномалию с данными о тепловом потоке и температурных измерениях в скважинах. В пределах исследуемого района имеется несколько десятков пунктов определения теплового потока [Лысак, Зорин, 1975; Лысак, 1981] со значением от 20 до 80 мВт/м² и более. Выявленные максимумы теплового потока совпадают с обнаруженной по космоснимкам геотермической аномалией, особенно в той части, где она пересекает оз. Байкал. В пределах Иркутского амфитеатра тепловой поток

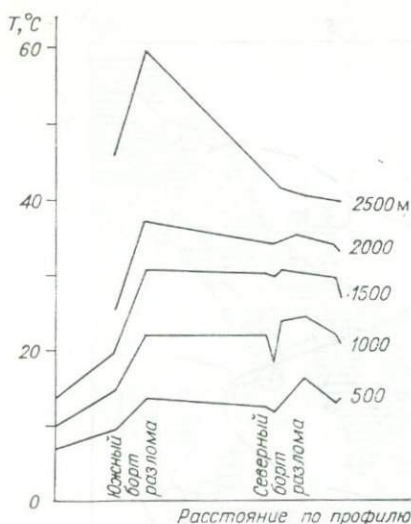


Рис. 3. Профиль изменения температурного режима в зоне разлома.

изменяется в пределах 20—60 мВт/м² (со средним значением 45 ± 11 мВт/м²) в зависимости от характера деформаций в чехле. Повышенные значения (более 40 мВт/м²) приурочены к положительным формам (Жигаловский и Братский валы, Усть-Кутский свод, Нукутское и Марковское поднятия), а особенно — к зонам проявления траппового магматизма, в которых тепловой поток изменяется от 42—48 (Тулун) до 51—57 мВт/м² (Братск, Нижнеудинск, Тайшет) и даже до 62,5 мВт/м² (Седаново).

В этих же участках наблюдается подток подземных вод с аномально повышенной температурой: в Нукутской скв. 1 — до 33°C, а в Усть-Кутской скв. 1 — до 40—55°C (при температуре водовмещающих пород 12,7 и 8—12°C соответственно). Температура рассолов на отдельных участках на глубине 3 км достигает 54—67°C (Нужнеудинская скв. 1) и даже 77°C (Тайшетская скв. 1).

На рис. 3 представлено распределение температур в скважинах вдоль профиля Черемшанка — Жигалово. На всех глубинах отчетливо фиксируется увеличение температуры на 3—10°C в пределах Ангаро-Селенгинской аномалии. Попробуем теперь увязать ее со структурой верхних этажей земной коры. В региональном тектоническом плане аномалия совпадает с Предсаянским краевым прогибом Сибирской платформы, Южно-Байкальской и Усть-Селенгинской впадинами Байкальской рифтовой системы. Известно, что прогибы и впадины такого типа всегда приурочены к зонам глубинных разломов. Но не всегда эти разломы четко проявляются, особенно если они перекрывают платформенным чехлом и поперечны к главной системе разломов. Именно таким является Ангаро-Селенгинский разлом. Пересечение его с Байкальским разломом имеет трансформный характер с амплитудой смещения селенгинской части относительно ангарской примерно 50 км. При этом ангарская часть разлома скрыта под чехлом Предсаянского прогиба и проявляется менее четко, чем селенгинская.

В дизъюнктивной системе Прибайкалья главными являются разломы северо-восточного простирания; почти все они закартированы. Разломы северо-западного простирания обнаружены сравнительно недавно. Морфологически они проявляются по-иному — «линейными зонами повышенной трещиноватости и проницаемости пород, являющимися отражением скрытых глубинных разломов» [Хренов и др., 1977]. При картировании таких «скрытых зон разломов» было обращено внимание на то, что они выражены в рельефе преимущественно спрямленными участками речных долин. В частности, спрямленность долины р. Ангары от истоков до Иркутска объясняется ее связью «с крупным поперечным разломом Байкальского рифта, который глубоко вдается в пределы Иркутского амфитеатра» [Сладкопеевцев, 1982].

Итак, Ангаро-Селенгинский разлом не просто поперечный, а совместен с Байкальским образует трансформную систему. Трансформный характер сочленения поперечных и главных разломов в больших масштабах ярко проявлен в рифтах срединных океанических хребтов. В Байкальском наблюдается сходная картина, что указывает на общность дизъюнктивных структур континентальных и океанических рифтов.

В заключение отметим, что Ангаро-Селенгинская геотермическая аномалия — не единственная обнаруженная по космоснимкам. Можно назвать Селенгино-Витимскую аномалию в Забайкалье, связанную, оче-

видно, с проявленным здесь кайнозойским вулканизмом (Витимское плато базальтов). В Северном Казахстане вызывает интерес Экибастузская аномалия, тектоническая природа которой остается пока неясной.

Таким образом, возможность обнаружения геотермических аномалий по космоснимкам очевидна, а экономичность метода по сравнению с другими (геотермическими, гидрогеологическими) позволяет использовать его в различных научных и практических целях.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас Байкала. Иркутск — Москва: Изд-во АН СССР, 1969.
- Байкальский рифт.— Новосибирск: Наука, 1975.
- Голенецкий С. И. Землетрясения Прибайкалья и Забайкалья.— В кн.: Землетрясения в СССР в 1980 году. М.: Наука, 1983, с. 50—59.
- Голенецкий С. И., Демьянович М. Г., Семенов Р. М. Землетрясение 2 октября в Западном Забайкалье.— Там же, с. 59—65.
- Климатический атлас СССР. Т. 4.— М.: изд. ГУГК, 1960.
- Кондратьев К. Я., Федченко П. П. Спектральная отражательная способность и распознавание растительности.— Л.: Гидрометеопиздат, 1982.— 150 с.
- Косыгин Ю. А., Ваньян А. Л., Соловьев В. А. и др. Новые данные о глубинном строении Прибайкалья.— Докл. АН СССР, 1963, т. 151, № 5, с. 1162—1163.
- Лысак С. В. Тепловые аномалии зон активизированных разломов юга Восточной Сибири.— В кн.: Проблемы разломной тектоники. Новосибирск: Наука, 1982, с. 87—100.
- Лысак С. В., Зорин Ю. А. Геотермическое поле Байкальской рифтовой зоны и сопредельных районов.— М.: Наука, 1975.— 187 с.
- Ракулик В. И., Ситникова М. В. Отражательные свойства и состояние растительного покрова.— Л.: Гидрометеопиздат, 1981.— 120 с.
- Роуз А. Зрение человека и электронное зрение.— М.: Мир, 1977.— 216 с.
- Сафронов Ю. П., Андрианов Ю. Г. Инфракрасная техника и космос.— М.: Сов. радио, 1978.— 248 с.
- Сладкопевцев С. А. Изучение и картографирование рельефа с использованием аэрокосмической информации.— М.: Недра, 1982.— 216 с.
- Соловьев В. А. Основные черты мезозойской тектоники Прибайкалья и Забайкалья.— М.: Наука, 1968.— 126 с.
- Справочник конструктора опико-механических приборов/Под ред. В. А. Панова.— Л.: Машиностроение, 1980.— 742 с.
- Справочник по климату СССР.— Л.: Гидрометеопиздат, 1966.— 270 с.
- Федченко П. П., Кондратьев К. Я. Спектральная отражательная способность некоторых почв.— Л.: Гидрометеопиздат, 1981.— 156 с.
- Хренов П. М., Демин А. Н., Таскин А. П. и др. Скрытые поперечные разломы Байкальской рифтовой системы.— В кн.: Роль рифтогенеза в геологической истории Земли. Новосибирск: Наука, 1977, с. 99—104.

И. А. КАЛУГИН, Г. А. ТРЕТЬЯКОВ

ЗОНЫ ВЫНОСА И ОТЛОЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗА

В ВУЛКАНОСТРУКТУРЕ ЧИРИП

(по данным дистанционных исследований)

Вулканогенно-гипергенные субаэральные железные руды широко представлены в областях неоген-четвертичного вулканизма и имеют аналоги в древних вулканогенных толщах. На андезитовых вулканах островных дуг в участках проявления сольфатарной деятельности развита жильная и вкрапленная сульфидная минерализация. В приповерхностной зоне термальные воды зачастую окислены; они извлекают железо из зон сульфидного обогащения и вмещающих пород и отлагают его в пределах вулканических построек либо выносят в море. Осажденные из железистых вод существенно лимонитовые рудопроявления интересны в генетическом отношении. Обнаружение аналогичных руд в древних геологических разрезах может способствовать палеорекострукции вулканогенно-осадочных месторождений и определению источников и путей переноса рудного материала.

Геологические условия нахождения подобных железоруднопроявлений показаны на примере вулканов Чирип и Богдан Хмельницкий. Здесь открыто месторождение Лимонитовый каскад (около 1 млн. т бурого железняка). Современные месторождения «болотных» руд разрабатываются в Японии, известны в Индонезии, Италии [Железорудные месторождения..., 1955]. Подобные им руды обнаруживаются в мезозойских породах, а также в рудных полях крупных стратиформных месторождений палеозойского возраста [А. Калугин, 1970; И. Калугин, 1985].

Постройки Чирип и Богдан Хмельницкий образуют единую вулканоструктуру. Она расположена на одноименном полуострове о. Итуруп Большой Курильской гряды. Это формировавшийся длительное время стратовулкан конусового типа с двумя вершинами. В северной части массива расположен конус Чирип, имеющий абсолютную высоту 1561 м и возвышающийся на 400—500 м над древней постройкой. В 4 км к югу находится вершина Богдан Хмельницкий высотой 1589 м, являющаяся эрозионным останцом вулканического аппарата. К западу от линии водораздела между вершинами в рельефе выделяются две слившиеся вулканотектонические депрессии, возникшие в результате эксплозивных извержений. В дальнейшем они были расширены эрозией. Значительная часть пород, слагающих стенки и дно кальдер, изменена сольфатарной деятельностью, что отчетливо дешифрируется на аэрофотоснимках по светлому тону изображения. Массив разбит серией тектонических нарушений, подвижки по которым продолжаются и в настоящее время (рис. 1).

Вулканы п-ва Чирип заложились в среднечетвертичное время на разломе субмеридионального простирания. Ранние извержения носили преимущественно эффузивный характер, затем они сменились эксплозиями. В доледниковое время (свыше 10 тыс. лет назад) в результате сильного взрыва сформировалась кальдера Чирип. Отложения этого периода представлены пирокластическими породами с подчиненным количеством андезитов и базальтов. Вулканическое стекло в основной массе пород изменено с появлением глинистых вторичных продуктов. Породы обнажаются на западном склоне постройки [Горшков, 1967; Стрельцов, 1976].

Более поздние извержения сместились к югу и привели к появлению депрессии влк. Богдан Хмельницкий, образованной четырьмя слившимися кратерами. Формирование массива Чирип завершилось становлением упомянутых конусов голоценового возраста, сложенных преимущественно эффузивами — базальтами и андезитобазальтами со свежим вулканическим стеклом. Их лавовые потоки залили около 55 км² площади и частично заполнили древнюю кальдеру Чирип, создав там горизонтальную террасу, на которой расположилась серия полупроточных озер, собирающих железистые воды из вышележащей кратерной зоны.

Следует заметить, что вулканизм Курило-Камчатского региона не является железозоносным в отличие от восточной окраины Тихого океана [Park, 1972]. Здесь не известны крупные магматические и постмагматические концентрации железа. Скорее с поствулканической деятельностью связано эндогенное накопление серы и сульфидов, что предопределяет их последующее гипергенное окисление и отложение железа в виде окисных соединений.

Зоны наиболее интенсивного выноса железа на вулканах соответствуют полям аргиллизированных и опализированных андезитов. Железо здесь местами еще сохраняется в виде вкрапленности пирита, но большей частью — в виде зон жильно-пятнистого лимонита. Охристые остаточные зоны характеризуются колломорфными концентрически-зональными текстурами либо равномерной пигментацией измененной породы. Содержание Fe₂O₃ в пятнах и жилах не превышает 10%. Большая часть осветленных пород лишена железа, поэтому можно оценить масштабы выноса вещества. Например, с влк. Эбеко на Курильских островах вынесено 200 млн. т железа, из массива Серное Кольцо — сотни миллионов тонн, на поле Угусу (Япония) — 90 млн. т и т. д. В бассейне р. Сев. Чирип в последледниковый этап вынесено из пород более 40 млн. т железа, если под-

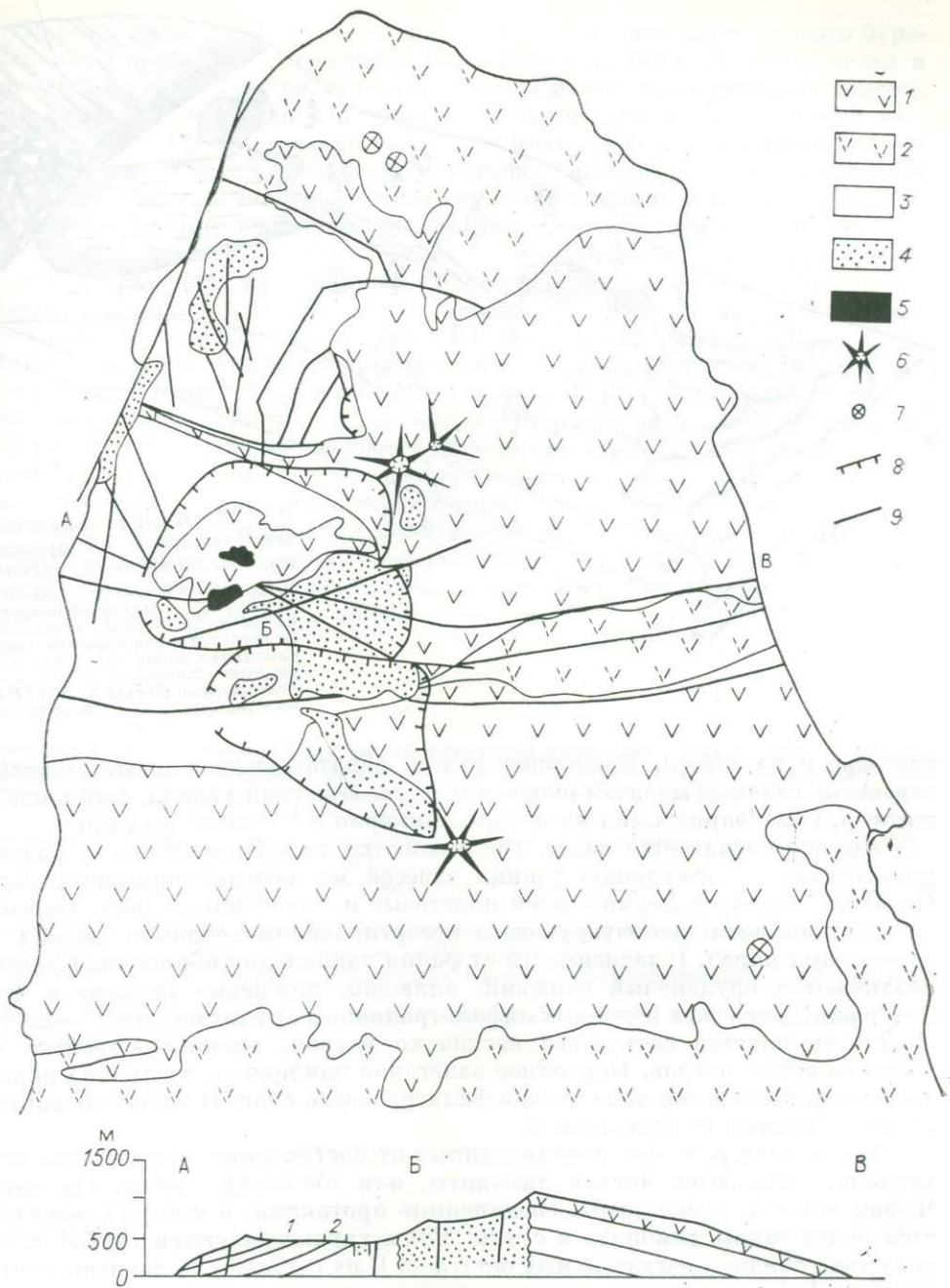


Рис. 1. Геолого-структурная схема вулканов Чирип и Богдан Хмельницкий.

1 — современные потоки лав андезитов; 2 — доледниковые потоки лав андезитов и андезитобазальтов; 3 — верхнеплейстоценовые пирокластические отложения с подчиненным количеством эффузивов; 4 — опалиты серные и гипсовые с пиритом, алунином; 5 — отложения лимонита; 6 — кратеры голоценовых вулканов; 7 — лавовые конусы; 8 — граница вулканотектонической депрессии в современном рельефе; 9 — разломы. Цифрами на разрезе обозначены (вне масштаба): 1 — современные потоки лав, 2 — отложения лимонита.

считать его полный вынос из андезитов с первичным содержанием $Fe_2O_3 + FeO = 7\%$ на площади осветленных пород кратерной зоны при мощности 200 м.

Мобилизованное железо транспортируется либо поверхностными потоками, либо подземными — по рыхлым горизонтам тefры, вдоль границ лавовых потоков, возможно, по лавовым трубам. Постоянные потоки — речки Сев. и Юж. Чирип — имеют pH ~ 2,5 и переносят железо в

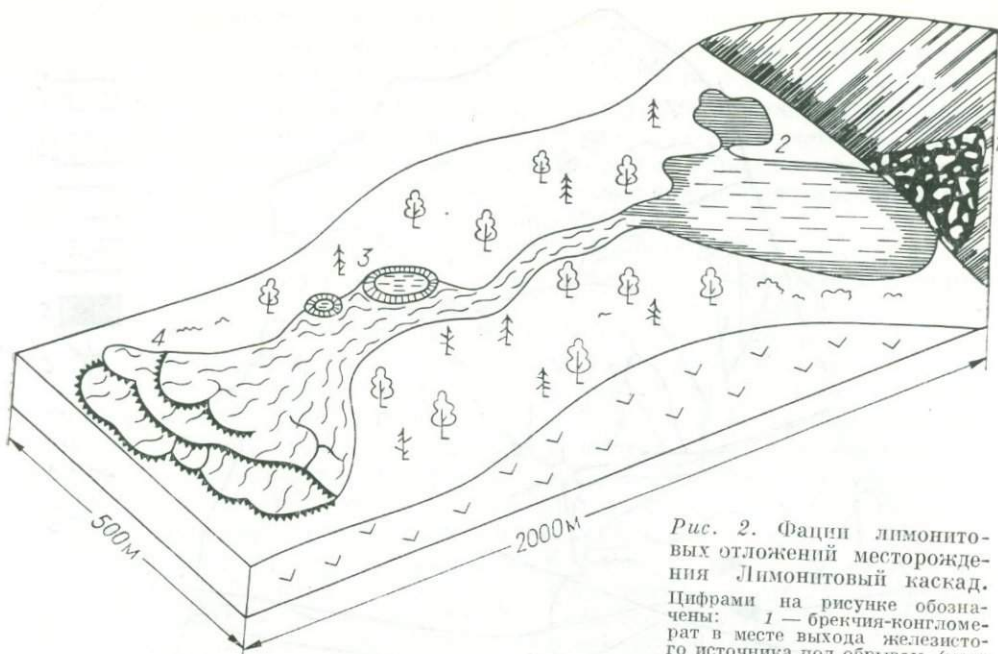


Рис. 2. Фации лимонитовых отложений месторождения Лимонитовый каскад. Цифрами на рисунке обозначены: 1 — брекчия-конгломерат в месте выхода железистого источника под обрывом (максимальная мощность 5 м); 2 — озерные отложения (7 м); 3 — лимонитовые бугры (5 м); 4 — болотно-озерные отложения (3 м).

растворе и во взвеси. Временные ручьи, образовавшиеся после ливней, переносят главным образом окисное железо. В летний период устойчивый поток р. Сев. Чирип выносит в море примерно 8 т железа в сутки.

Лимонит отлагается везде, где создаются застойные условия, благоприятствующие осаждению тонких взвесей из железосодержащих вод. На путях переноса формируются пластовые и линзовидные тела, состоящие из лимонита, цементирующего несортированные обломки свежих и измененных пород. В зависимости от фации накопления обломочной массы различаются оруденелый делювий, аллювий, пляжевые террасы и др. Содержание железа в подобных инфильтрационных рудах обычно 15—25%. Мощность пластов составляет несколько метров, ширина — десятки и длина — сотни метров. Первичное залегание наклонное, а глубина образования определяется положением фильтрующего слоя. В масштабе карты рудные брекчии не выделяются.

В участках рельефа, изолированных от поступления обломочного материала, отлагаются чистые лимониты, или «болотные» руды. На влк. Чирип это небольшие озера, соединенные протоками, в которых осаждаются более тонны лимонита в сутки. Руды характеризуются грубой слоистостью, обилием растительных остатков. В их составе установлены рентгеноаморфная гидроокись железа, сульфаты железа, ярозит и гидрогетит, окиси железа содержится 40—50%, кремнезема 5—15, воды 15—25, серного ангидрида 5—12%, характерны примеси ванадия, фосфора.

На склонах, обычно под обрывами, наблюдаются лимонитовые террасы, начинающиеся около устья изливающихся на поверхности железистых источников. При крутизне склона 20—50° на нем отлагается корковый лимонит из быстротекущих ручьев. Корки имеют натечно-слоистое строение, волнистую поверхность, часто со следами ряби течения. Суммарная мощность корок не превышает 0,5 м, но увеличивается до первых метров в мелких западинах рельефа. Как подчеркивал К. К. Зеленев [1972], многие источники формируют в месте выходов конусы, имеющие в основании диаметр от 3 до 20 м, высоту до 5 м и увенчанные кратерным озерком. Периодическое осаждение лимонита из переливающейся через край воды наращивает борта и склоны конуса, образуя таким способом руд-

ную линзу (рис. 2). Мощность их, определенная с помощью ручного бурения, достигает 5,5 м. В основании руды залегает слой (0,3—0,5 м) песка и дресвы подстилающих андезитов, свежих и измененных кислыми водами.

Верхняя зона рудоотложения на месторождении Лимонитовый каскад (см. рис. 1) представлена оз. Тихим (около 400 м в поперечнике). На его северном берегу расположены питающие источники, у устья которых залегают линзы лимонита. В озере глубиной около 6 м вблизи берега находится слой бурожелезнякового ила толщиной в десятки сантиметров. По берегу прослеживается терраса горизонтально-слоистого лимонита (~ 1 м), скрепляющего валуны. С западной стороны к озеру присоединяется высохший озерный бассейн длиной более 100 м, мощности отложенный твердого лимонита в котором 3—7 м. На юг из озера вытекает Лимонитовая протока, скатывающаяся по склону крутизной 20° до нижней зоны рудоотложения (см. рис. 2). Последняя представляет собой расширяющуюся полосу лимонита на склоне, постепенно выполаживающемся от 5 до 0°. Вверху зоны наблюдаются лимонитовые конусы и бугры с толщиной руды до 5,5 м. Мощность спускающихся далее по склону корковых слоистых лимонитов, образованных меняющей русло Лимонитовой протокой, 1 м. Еще ниже, на горизонтальном уступе террасы железистые воды разливаются и дают ряд мелких заболоченных озер. Здесь мощность полутвердых руд около 3 м. Далее протока впадает в р. Сев. Чириц, сбрасывающую железистые воды в море.

ЛИТЕРАТУРА

- Горшков Г. С. Вулканизм Курильской островной дуги.— М.: Наука, 1967.— 288 с.
Железорудные месторождения мира.— М.: ИЛ, 1955. Т. 1.— 492 с.; Т. 2.— 439 с.
Зеленов К. К. Вулканы как источники рудообразующих компонентов осадочных толщ.— М.: Наука, 1972.— 215 с.
Калугин А. С. Атлас текстур и структур вулканогенно-осадочных железных руд Алтая.— Л.: Недра, 1970.— 176 с.
Калугин И. А. Метаморфизм вулканогенно-осадочных железных руд.— Новосибирск: Наука, 1985.— 150 с.
Набоко С. П. Металлоносность современных гидротерм в областях тектономагматической активности.— М.: Наука, 1980.— 200 с.
Стрельцов М. И. Дислокации южной части Курильской островной дуги.— М.: Наука, 1976.— 132 с.
Park C. F. The iron ore deposits of the Pacific Basin.— *Econ. Geol.*, 1972, v. 67, N 3, p. 339—349.

IV раздел

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ ГИПЕРГЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Л. К. ЗЯТЬКОВА

СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОИСКАХ ГИПЕРГЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ ОБЛАСТИ

Алтае-Саянская область считается перспективным регионом для поисков рудных, россыпных и гипергенных полезных ископаемых, связанных с корами выветривания (см. рисунок). Большое значение при этом приобретают структурно-геоморфологические исследования с использованием аэрокосмической фотоинформации.

Алтае-Саянская горная область является частью обширных активизированных горных сооружений юга Сибири. Она объединяет ряд субширотных структур с менее активными движениями, такие как Убсунурская впадина, Центрально-Тувинская депрессия, Минусинские впадины и разделяющие их горные сооружения — Таннуольское, Западно-Саянское, Батеневское, Солгонское, Аргинское поднятия. Эта система на западе ограничена более активными зонами Алтайского, на востоке — Восточно-Саянского, Забайкальского, Восточно-Тувинского горных поднятий, испытавших большие вертикальные смещения.

Основными факторами развития Алтае-Саянской горной области были общие глыбовые движения, излияния базальтов в Восточной Туве, неоднократные оледенения, интенсивные эрозионные процессы, денудация, происходившая в условиях континентального климата.

В связи с палеогеоморфологическими реконструкциями, выявлением древних поверхностей выравнивания с древними корами выветривания изучение особенностей развития современного рельефа Алтае-Саянской горной области имеет большое значение для установления древних областей сноса, выявления накопления отложений, связанных с гипергенными полезными ископаемыми. Известно, что рельефо- и корообразование представляют собой единый процесс, в результате которого на всех этапах становления и развития рельефа появляются своеобразные коры выветривания. Их облик и строение определяются рельефом и совокупностью геолого-географических процессов, преобразующих земную поверхность.

Среди гипергенных полезных ископаемых наибольшее значение имеют остаточные образования, возникшие за счет накопления компонентов полезных ископаемых при выщелачивании и выносе прочих минеральных веществ, составляющих исходную породу [Селиверстов, 1975; Зятькова, 1973].

Поиск гипергенных полезных ископаемых связан с изучением и картированием кор выветривания, фиксирующих определенный рельеф. Остаточные месторождения кор выветривания, такие как бокситы, железные руды, каолины, россыпи золота и др., формируются в определенных горизонтах кор выветривания, образование которых зависит от климата, рельефа, состава исходных пород, гидрологических и геоморфологических особенностей [Нестеренко и др., 1969].

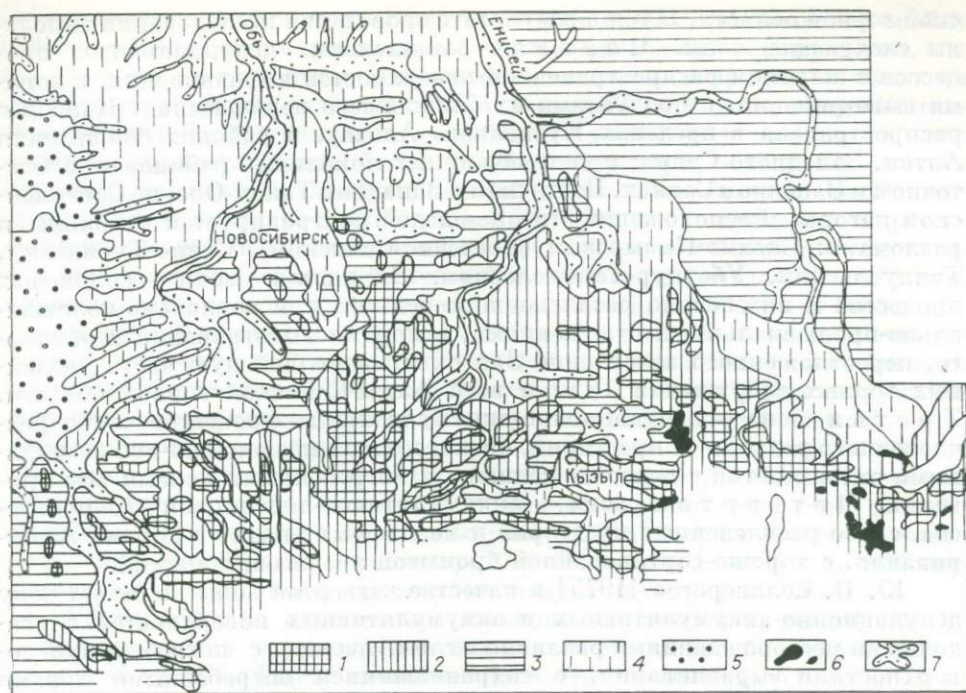


Схема основных зон рельефообразующих процессов и современного осадконакопления Алтае-Саянской горной области и прилегающих районов.

1—5 — зоны: 1 — комплексных денудационных процессов с широким распространением поверхностей выравнивания с корами выветривания и продуктами их ближайшего перемещения, 2 — склоновых процессов и интенсивно расчлененного рельефа с делювиально-пролювиальными отложениями, с корами выветривания вторичного залегания, 3 — денудационно-аккумулятивных процессов слабо расчлененного рельефа с делювиально-пролювиальными отложениями, 4 — аккумулятивно-денудационных процессов слабо расчлененных низогорий с корами выветривания, с хорошо сортированной промытой вмещающей массой, с лессовыми породами, 5 — аккумулятивных процессов, аллювиально-озерных отложений с погребенными корами выветривания; 6 — районы молодого вулканизма, распространение третичных и четвертичных базальтов; 7 — долины рек с эрозионно-аккумулятивными процессами, формирующими террасовые комплексы.

Слабый размыв кор выветривания, слабо расчлененный рельеф приводят к образованию вторичных залежей вблизи от остаточных месторождений. Как отмечал Ю. П. Селиверстов [1975], формирование таких залежей связано с удалением глинистых составляющих и концентрацией железных ископаемых. Г. В. Нестеренко и др. [1969] отмечали, что коры химического выветривания домезозойских пород на юге Западной Сибири, за исключением горных, сильно расчлененных районов, распространены широко: на площадях Кольвань-Томской складчатости, Салаирского кряжа, в северо-западных отрогах Кузнецкого Алатау, в предгорьях Алтая, в Туве. При изучении эпиплатформенных орогенных областей Южной Сибири, Восточного Казахстана Ю. П. Селиверстовым выявлена закономерность рельефообразования и осадконакопления в связи с различными типами гипергенного оруденения.

Проведенные структурно-геоморфологические исследования в пределах Алтае-Саянской горной области (см. рисунок) дали возможность выделить четыре зоны своеобразного рельефа с особыми условиями денудации и накопления рыхлых отложений.

В результате анализа космической информации с ИСЗ и геоморфологических и геологических карт четвертичных отложений составлена схема основных зон рельефообразующих процессов и современного осадконакопления Алтае-Саянской горной области и прилегающих районов (см. приложение, фото 1—7). Эта схема сопоставлялась со схемой соотношения рельефа и покровных образований с месторождениями гипергенных полезных ископаемых, разработанной Ю. П. Селиверстовым. Выяснилось, что выделенные им четыре зоны согласуются со схемой основных зон рельефообразующих процессов и современного осадконакопления Алтае-Саян-

ской горной области. Нами в результате проведения исследований выделены следующие зоны. Первая — комплексных денудационных процессов с широким распространением поверхностей выравнивания, с корами выветривания, с продуктами их ближайшего перемещения. Наиболее распространена в пределах Кузнецкого Алатау, в районах сопряжения Алтая, Западного Саяна; в виде обширных локальных районов — в Восточном и Западном Саянах, Восточном и Западном Танну-Оле, на Сангиленском нагорье. Расположение этих площадей контролируется глубинными разломами: Сисимо-Кызырским (Восточно-Саянским), Саяно-Тувинским, Таннуольским, Убсунур-Таннуольским. Вторая зона — склоновых процессов и интенсивно расчлененного рельефа с делювиально-коллювиально-пролювиальными отложениями, с корами выветривания вторичного, переотложенного залегания. Она охватывает большую часть указанных горных сооружений Тувы и всей Алтае-Саянской горной области. Третья зона — денудационно-аккумулятивных процессов слабо расчлененного рельефа — предгорий, низкогорий с делювиально-пролювиальными отложениями с переотложенными и погребенными корами выветривания. Четвертая зона — аккумулятивно-денудационных процессов, слабо расчлененных предгорий и межгорных впадин с корами выветривания, с хорошо сортированной промытой вмещающей массой.

Ю. П. Селиверстов [1975] в качестве четвертой зоны выделяет зону денудационно-аккумулятивных и аккумулятивных поверхностей с осадочными месторождениями различных глин, песков, с погребенными поверхностями выравнивания, с сохранившимися погребенными корами выветривания с остаточными гипергенными месторождениями.

Современный рельеф Алтае-Саянской горной области представляет собой реликты сложного древнего рельефа, испытавшего длительную историю формирования, в которой выделяются несколько этапов развития. Развитие морфоструктурных особенностей Алтае-Саянской горной области характеризуется поперечным расположением структур Тувы, Западного Саяна, Минусинских впадин относительно Алтая и Восточного Саяна; отсутствием обширных внутригорных впадин на Алтае, в Западном Саяне; сводово-блоковым современным рельефом, активизацией тектонических движений по разломам, сейсмичностью, молодым вулканизмом в Восточной Туве, Тоджинской впадине; наличием древних поверхностей выравнивания с корами выветривания; следами древних оледенений, речных перестроек, перехватов; активизацией современных экзоморфодинамических процессов в связи с антропогенно-техногенным влиянием на современный рельеф.

В течение длительного периода развития остаются областями сноса: Восточно-Саянское поднятие (А), Западно-Саянское (Б), Алтайское (В), Западно- и Восточно-Таннуольское поднятия (Г), Кузнецкий Алатау (Д), современными областями аккумуляции: Бийско-Барнаульская (1), Кузнецкая (2), Минусинские (3), Тоджинская (4), Хемчикская (5), Кызыльско-Улугхемская (6), Убсунурская (7) впадины (см. фото 1, 7). Различные гипсометрические уровни испытывают различную степень увлажненности. Это особенно четко отражается на преобразованных телевизионных снимках ИСЗ системы «Метеор-29» (см. фото 2—7).

В пределах Алтае-Саянской горной области наблюдается характерная ярусность рельефа, «этажей», «поясов» различного рельефа, образование которого связано с тектонической активностью растущих морфоструктур, степенью денудации в природно-климатических зонах. В Западном Саяне, Алтае и других горных системах юга Сибири наблюдается ряд закономерно расположенных разновозрастных поясов или ярусов рельефа со специфическими морфологическими особенностями, обусловленными характером молодых тектонических движений [Зятькова, 1969, 1973].

При изучении структурно-геоморфологических комплексов, под которыми мы понимаем совокупность геолого-геоморфологических особенностей, обусловленных геологическим строением и климатической зональностью [Зятькова, 1979], необходимо учитывать как вертикальную экзомор-

фодинамическую характеристику, так и различные тектонические особенности, определившие различные эндоморфодинамические процессы.

Показателями эндоморфодинамических процессов являются тип морфоструктур (унаследованный, инверсионный, гетерогенный); приуроченность и соподчиненность глубинным разломам и разрывным нарушениям, ограничивающим блоки новейших структур, образующие горсты, грабены; характер проявления новейших тектонических движений; выделение блоков наиболее различных поднятий, слабых опусканий; морфологическое выражение тектонической структуры в современном рельефе (анализ топоосновы, аэрокосмической фотоинформации) (см. фото 8); проявление тектонических движений современное и недавнего прошлого.

К показателям экзоморфодинамических процессов относятся природно-климатическая вертикальная зональность (смена зон, связанная с абсолютными отметками современного рельефа); основные факторы формирования морфоскульптур в различных природно-климатических зонах (термодинамические, гравитационные, гидрохимические, гидро-, аэро- и биогидродинамические), процессы, косвенно влияющие на формирование рельефа (гипергенные, техногенные); основные экзогенные зоны рельефообразования и современного осадконакопления в пределах высокогорий (нивально-альпийская), среднегорий (нивально-гумидная), низкогорий (гумидная, субаридная), предгорных впадин (субаридная, аридная).

Таким образом, комплексное изучение основных зон рельефообразующих процессов структурно-геоморфологических особенностей Алтае-Саянской горной области позволяет провести практическую оценку рельефа, выделить критерии сейсмичности, рудного проявления в зонах активных разломов, выявить признаки гипергенных и россыпных месторождений, прогнозировать антропогенно-техногенную нагрузку на рельеф в связи с освоением природных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

- Зяткова Л. К. Тува.— В кн.: Алтае-Саянская горная область. М.: Наука, 1969, с. 333—362.
- Зяткова Л. К. Новейшая тектоника Западного Саяна.— Новосибирск: Наука, 1973.— 174 с.
- Зяткова Л. К. Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области.— Новосибирск: Наука, 1979.— 213 с.
- Нестеренко Г. В., Даргевич В. А., Евдокимов Е. И. Мезозойские и кайнозойские россыпи на юге Западной Сибири.— В кн.: Геология россыпей юга Западной Сибири. М.: Наука, 1969, с. 5—31.
- Селиверстов Ю. П. Изучение и картирование эпиплатформенного рельефа гор в связи с поисками гипергенных полезных ископаемых (на примере Западной Африки, Южной Сибири и Восточного Казахстана).— В кн.: Структурная геоморфология горных стран. М.: Наука, 1975, с. 256—262.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР

С момента получения первых снимков Земли из космоса прошло более 25 лет. Космические снимки в геологии стали так же необходимы, как топокарты и аэроснимки. Анализ основных публикаций 1970—1980 гг., посвященных изучению тектонических особенностей глубинных структур, разрывных нарушений, кольцевых, изометрических образований, новейшей тектонике и современным тектоническим движениям, автоматизированной обработке изображений, подтвердил большое значение аэрокосмической информации в решении ряда проблем, связанных с поисками полезных ископаемых.

В настоящее время широко применяются методы дистанционного зондирования при поисках полезных ископаемых, во многих работах рассмат-

ривается применение космических фотоснимков при решении ряда задач региональной металлогении, изучаются изометрические образования как индикаторы рудного проявления, проводится опыт прогнозирования эндогенного оруденения.

Особое внимание уделяется оценке рентабельности использования космических снимков при поисках нефти и других полезных ископаемых, рассматриваются возможность и перспективы использования космической информации в угольной геологии.

Во многих работах рассматриваются комплексные программы создания карт с помощью ЭВМ на основе аэрокосмических материалов, опыт распознавания типов рельефа с помощью ЭВМ, возможность применения автоматической системы при составлении мелкомасштабных карт использования земель, методы математического картографирования природных объектов и автоматизации процесса составления карт, вопросы цифровой обработки аэрокосмической видеoinформации применительно к автоматизации картографических работ.

Таким образом, эффективность применения методов дистанционного исследования для изучения и инвентаризации природных ресурсов Земли будет в значительной степени определяться созданием методов интерпретации данных и тематической обработки аэрокосмических изображений. Одна из ключевых проблем интерпретации данных — разработка системы спектрональных признаков природных и антропогенных образований для распознавания объектов.

Особенно велико значение космической информации для изучения геологического строения Земли и поисков полезных ископаемых. Дешифрирование космических снимков дает геологам ценную информацию о региональных геологических структурах, контролирующих процессы формирования месторождений, позволяющую выявить наиболее перспективные направления поисковых работ. Поэтому исследователь должен быть в курсе всех новых разработок и методик. С выходом «Реферативного журнала по дистанционным исследованиям Земли» стало легче следить за новыми результатами применения аэрокосмической информации.

В данном библиографическом обзоре приводится литература, опубликованная в 1970—1980 гг. и представленная в четырех основных разделах:

использование космической информации в изучении разрывных нарушений;

изучение кольцевых (изометрических) образований;

использование космической информации при поисках полезных ископаемых;

автоматизированная обработка аэрокосмической информации.

В составлении обзора на разных этапах принимали участие Р. В. Березовская, Л. К. Зятькова, А. А. Лыткина, А. А. Мистрюков.

1. Использование космической информации в изучении разрывных нарушений

Акимова Е. В. Дешифрирование региональной трещиноватости. — В кн.: Анализ космических снимков при тектономагматических и металлогенических исследованиях. М.: Наука, 1979.

Акимова Е. В., Берлянт А. М., Волчанская И. К. Анализ тектонической трещиноватости по картографическим и аэрокосмическим материалам. — Сов. геология, 1976, № 7.

Александров С. М., Благоволин П. С. Дистанционные методы в геоморфологии (обзор важнейших зарубежных публикаций). — Геоморфология, 1979, № 3.

Аракелян Р. А. О некоторых закономерностях распределения и взаимосвязи прямолинейных и дугообразных форм, отраженных на космических снимках. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10.



Фото 1. Фрагменты разносезонных телевизионных космических снимков с ИСЗ системы «Метеор» Западной Сибири, отражающие по смене фототона изменение уровня грунтовых вод.



Фото 2. Тот же снимок, преобразованный на ЭВМ по программе «Выделение ярусов», контрастирование, выполненное на ВЦ СО АН СССР в ЦОИЦ.



Фото 3. Тот же снимок, преобразованный по программе «СТФОТО».



Фото 4. Тот же снимок, преобразованный по программе «Фильтр».

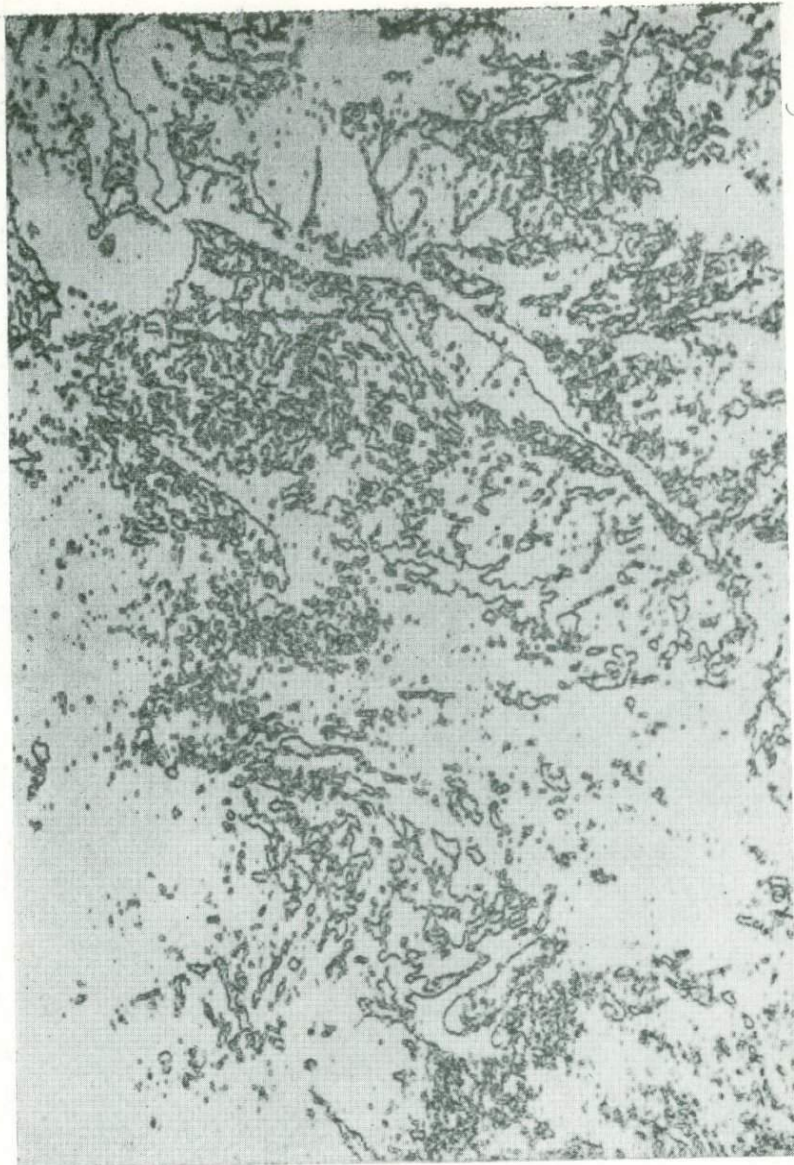


Фото 5. Тот же снимок, преобразованный по программе «Выделение границ».

К статье Л. К. Зятковой,
В. М. Цыбульчик
«Применение дистанционных методов...»



Фото 1. Исходный снимок с ИСЗ системы «Метеор-29» (октябрь, 1980 г.) Алтае-Саянской горной области и Тувы. Позитив.



Фото 2. Тот же снимок, преобразованный на ЭВМ по программе «Стереозффект».



Фото 3. Тот же снимок, преобразованный по программе «Выделение границ».



Фото 4. Тот же снимок, преобразованный по программе «Контрастирование и выделение двух уровней контрастностей».

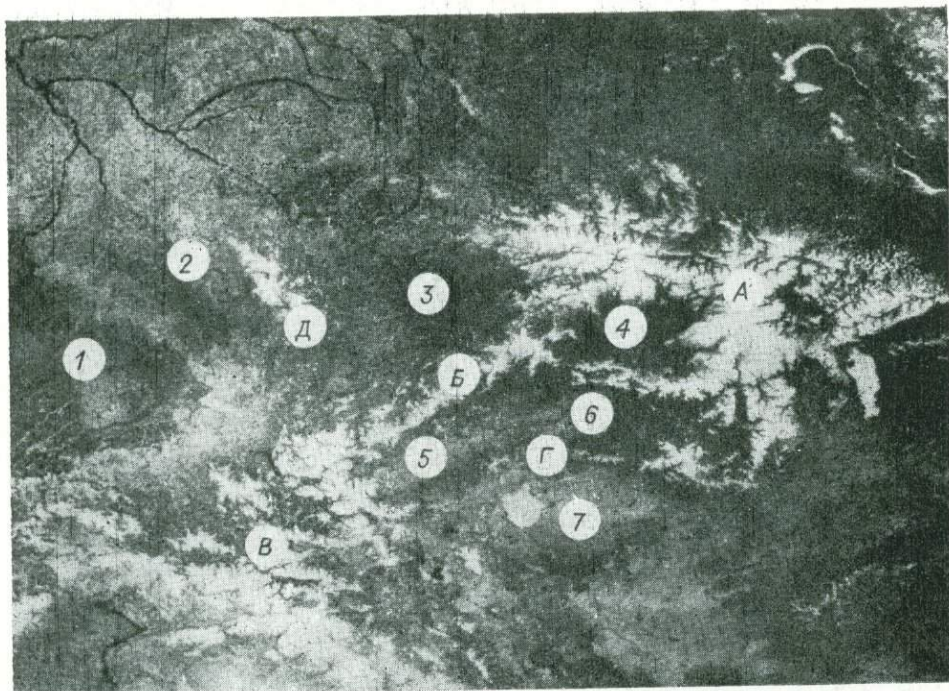


Фото 1. Фрагмент телевизионного снимка с ИСЗ системы «Метеор-29» (май, 1980 г.) Алтае-Саянской горной области. Белый фон — заснеженные гольцы высокогорий (зоны постоянного снега); темно-серый — лесные массивы (зоны склоновых процессов и интенсивного расчлененного рельефа с делювиально-пролювиальными отложениями, с корами выветривания вторичного залегания).

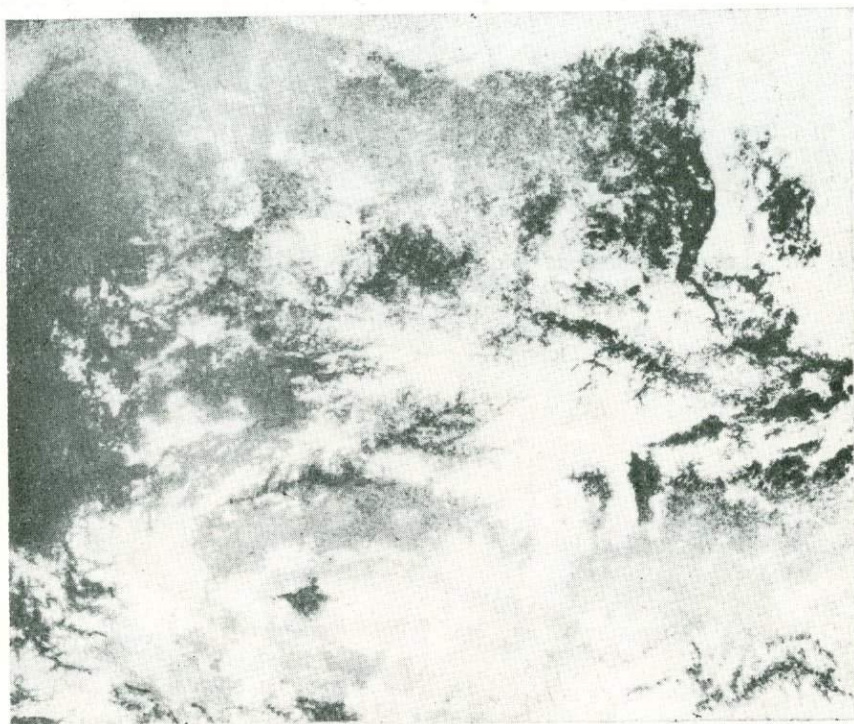


Фото 2. Фрагмент исходного телевизионного снимка с ИСЗ системы «Метеор-29» В-9447 (октябрь, 1980 г.) Алтае-Саянской горной области. Специально выбран плохого качества до преобразования на ЭВМ (ЦОГИ ВЦ СО АН СССР).

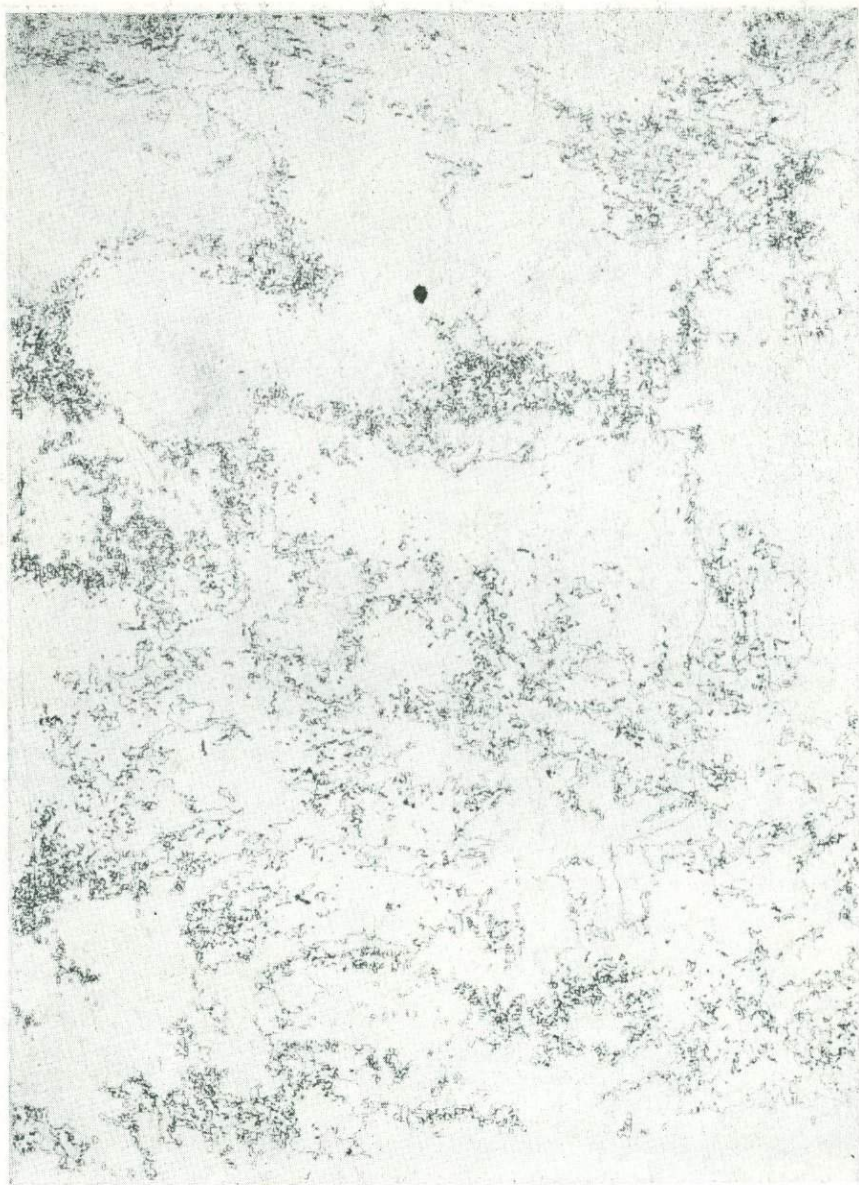


Фото 3. Фрагмент того же снимка после преобразования — выделение границ одного уровня (ЦОГИ ВЦ СО АН СССР).

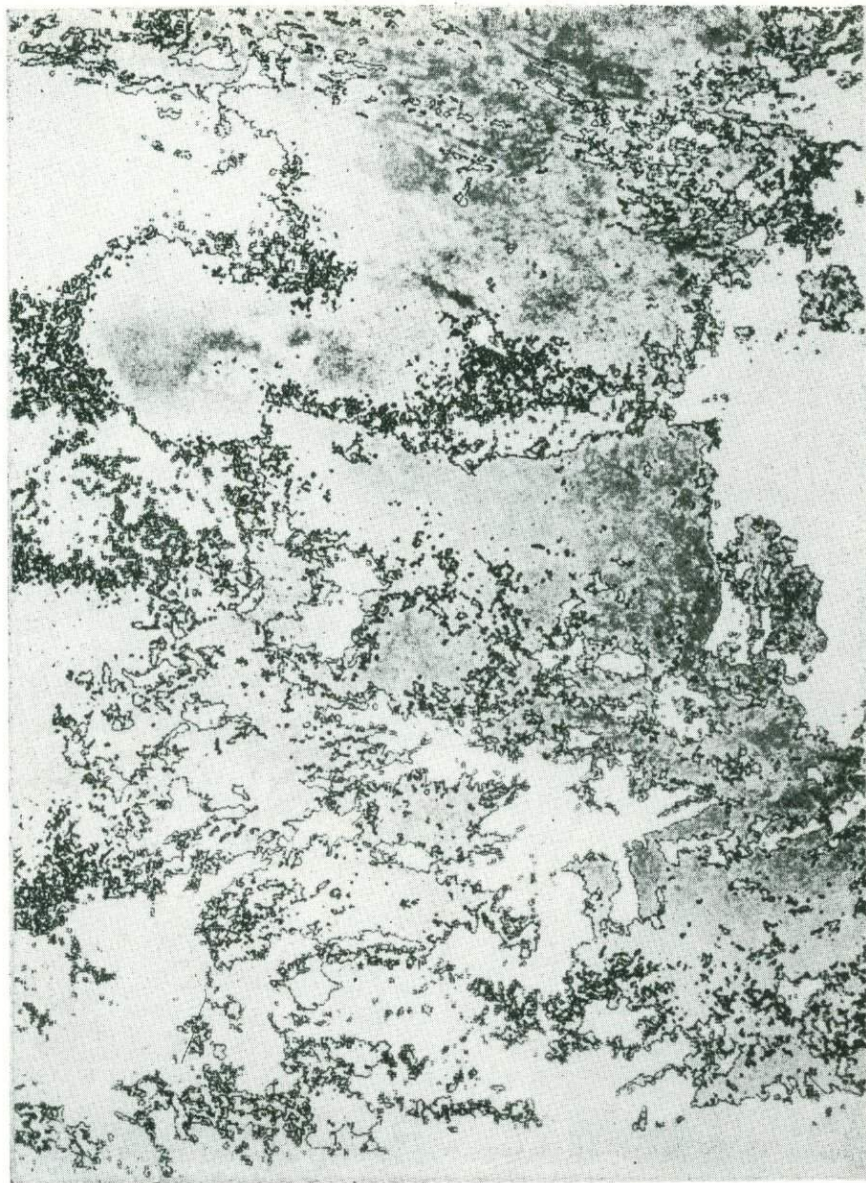


Фото 4. Фрагмент того же слайка после преобразования — выделение границ двух уровней (ЦОГИ ВЦ СО АН СССР).

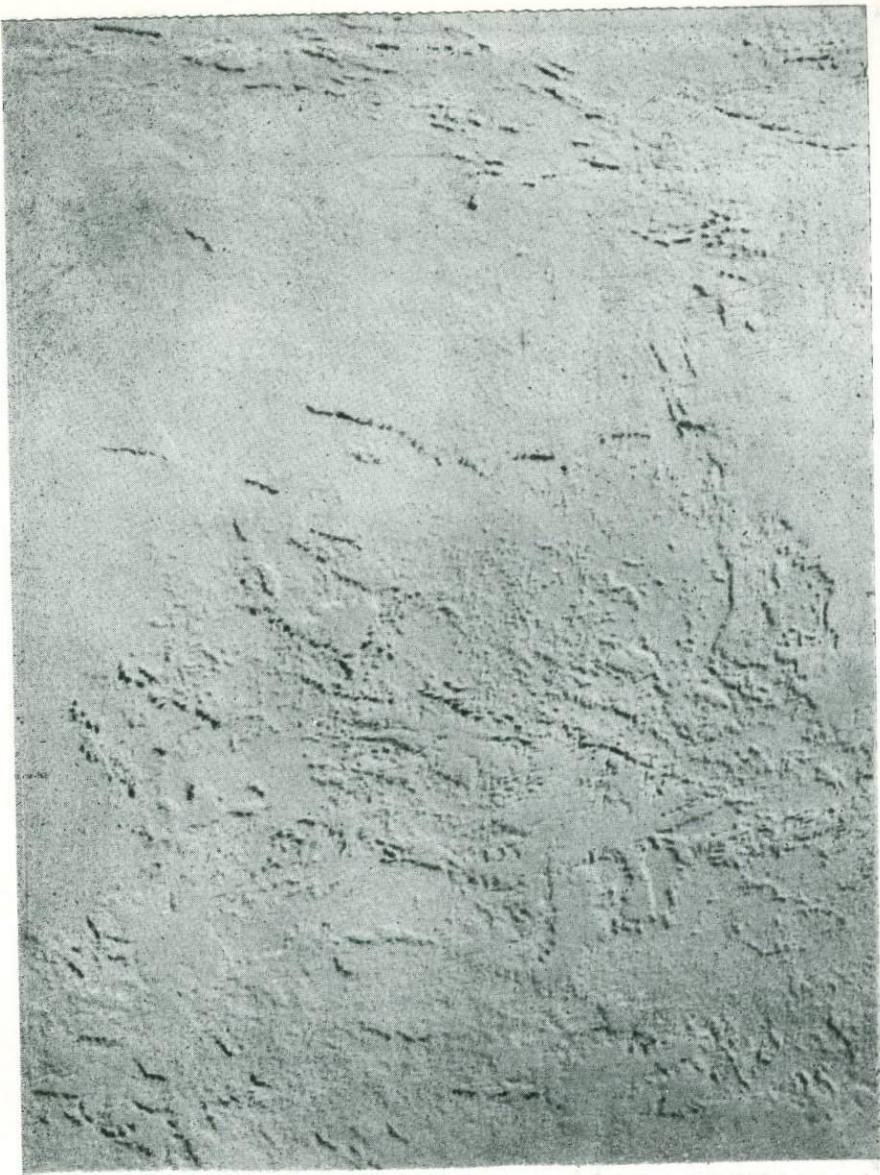


Фото 5. Фрагмент того же снимка, преобразованного на ЭВМ (ЦОГИ ВЦ СО АН СССР) по программе «STФОТО», позволяющей рельефно, более четко выделить границы впадин.



Фото 6. Фрагмент того же снимка, преобразованного на ЭВМ (ЦОГИ ВЦ СО АН СССР) по программе «Контрастирование».



Фото 7. Фрагмент телевизионного снимка с ИСЗ системы «Метеор-28» В-4607 (май, 1978 г.), преобразованного на ЭВМ (ЦОГИ ВЦ СО АН СССР) по программе «Фильтр». Темный фон — зоны склоновых аккумулятивных процессов с переотложенными ко-рами выветривания.

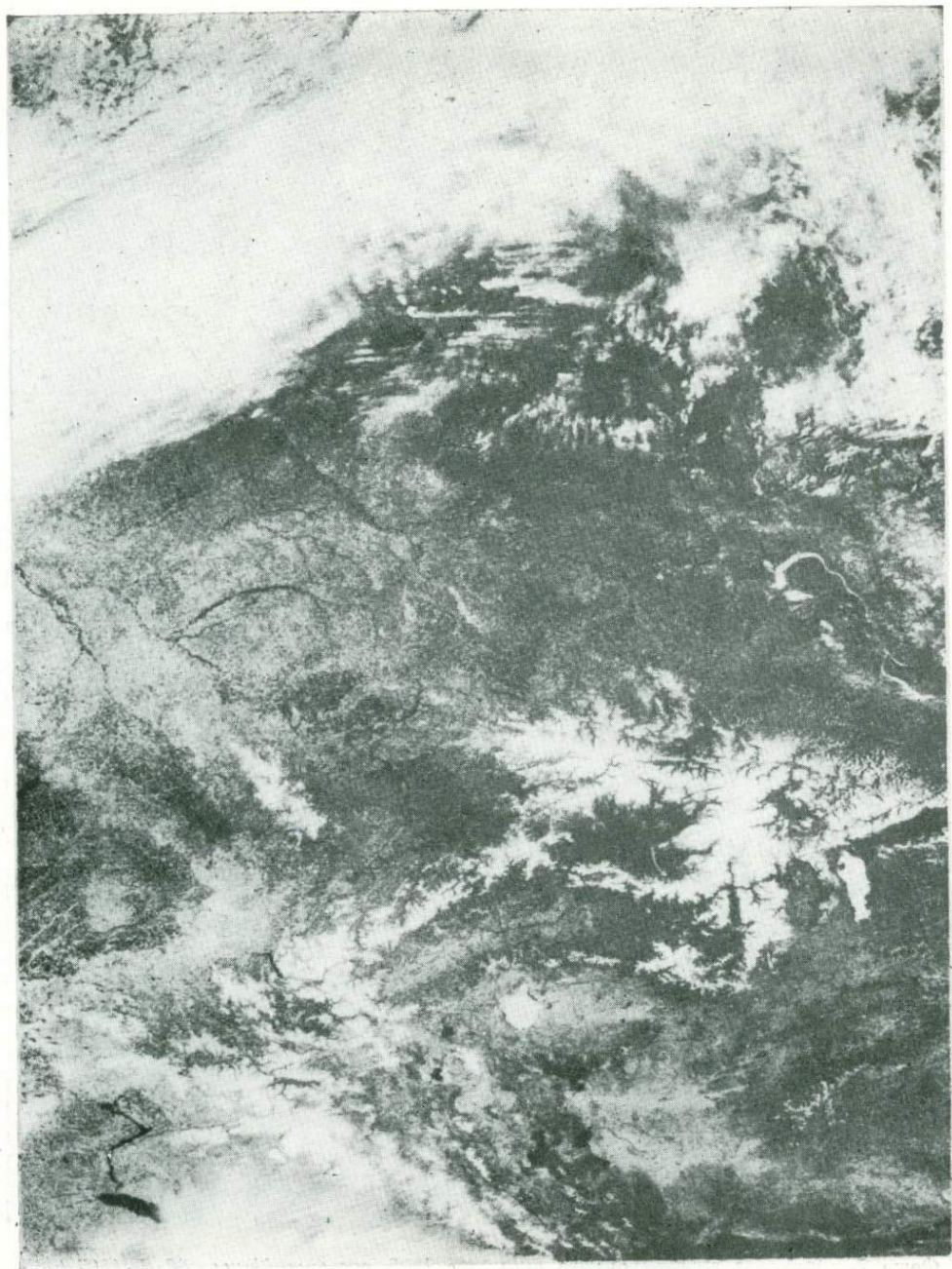


Фото 8. Фрагмент телевизионного снимка с ИСЗ системы «Метеор» (май, 1980 г.) Алтае-Саянской горной области. Четкое морфологическое выражение тектонических структур Восточного и Западного Саяна, Таниу-Ола, Алтая.

Бывшев А. С. Опыт дешифрирования трещинной тектоники и анализ ее распределения с целью обнаружения погребенных структурных форм в пределах Вилуйской синеклизы.— В кн.: Вопросы региональной геологии СССР. М.: Недра, 1971.

Бызова С. Л., Копп М. Л., Курдин Н. Н. и др. Дешифрирование тектонических линеаментов по космическим снимкам Кавказа.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7.

Васютина Л. Г., Кусков А. П. Строение зоны байкальских рифтов по данным космофотодешифрирования.— Сов. геология, 1978, № 8.

Вахрушев В. А. Глубинные разломы центральной части Сибирской платформы, их активизация и минералообразование.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1978, № 8.

Введенская Н. В. Планетарно-тектоническая трещиноватость, ее структурное, стратиграфическое и поисковое значение.— В кн.: Применение аэрокосмических и морфологических методов для изучения неотектоники и глубинного строения Русской платформы. Воронеж, 1973.

Гаврилова З. С., Шпак Н. С. Выявление тектонических зон при дешифрировании космических снимков.— Разведка и охрана недр, 1979, № 8.

Галибина И. В., Каттерфельд Г. И., Чарушин Г. В. Типы и системы линеаментов планет.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1975, № 11.

Гедни Л., Ван-Уормер Дж. О некоторых аспектах тектонической активности Аляски по данным изучения снимков ЕРТС-1.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Голизра Г. Я. О системе тектонических нарушений Правобережной Украины по результатам дешифрирования космических снимков.— Докл. АН СССР, 1978, т. 242, № 5.

Голизра Г. Я. Разрывные нарушения Карпат по результатам дешифрирования телевизионных космических снимков.— Геофиз. журн., 1980, № 4.

Голизра Г. Я. Основные тектонические нарушения Северо-Западной Украины и юга Белоруссии по результатам дешифрирования космических снимков.— Докл. АН УССР. Сер. Б. Геол., хим. и биол. науки, 1980, № 9.

Горячев А. В. Рифты — глобальные структуры земной коры.— Природа, 1974, № 9.

Горячев А. В. О строении и структурном положении Урало-Оманской зоны глубинных разломов.— Геотектоника, 1980, № 1.

Григорьев А. А., Гутинцева Г. А. Линеаменты Земли на космических изображениях.— В кн.: Космические методы исследования природной среды. Л., 1977.

Грицюк Я. М., Лельчук В. И. Пространственно-статистические модели полей линеаментов, дешифрируемых на космических снимках.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Гусев Н. А. Изучение районов современного вулканизма и его связи с глубинной геологией по снимкам из космоса.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. М.: ВИНТИ, 1976, с. 80—94.

Доливо-Добровольский А. В., Стрельников С. И. Роль космических снимков в изучении линейных и кольцевых структур земной коры.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Драгунов В. И. Транссибирский линеамент.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1962, № 15.

Ероменко В. Я. Разрывные нарушения Сибирской платформы по данным дешифрирования телевизионных космических снимков.— В кн.: Тектоника Сибири. Т. 8. Новосибирск: Наука, 1980.

Ероменко В. Я., Каттерфельд Г. Н. Использование космических снимков при изучении региональных и глобальных систем линеаментов Земли.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10.

Ефимова З. Г., Комаров В. Б., Можаяев Б. Н., Янутш Д. А. Выделение и анализ линеаментов на аэро- и космических снимках методами оптической обработки в когерентном свете.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Картер В., Итон Г. Использование снимков ЕРТС-1 для изучения воздействий землетрясений на геологические структуры (на примере землетрясения 1972 г. в Манагуа).— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Кац Я. Г., Скарятин В. Д., Трофимов Д. М. О суперлинеаментах Средиземноморского пояса и сопредельных платформ, выявленных при дешифрировании космических снимков.— В кн.: Доклады советских геологов на 26-й сессии Международного геологического конгресса. (Париж, 1980 г.). Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. М.: Наука, 1980.

Кикина М. А., Порошин С. В. Геологическая интерпретация дешифрирования линейных структур Азово-Каспийского региона.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1980, № 6.

Кильдошевский Е. И. Количественные характеристики трещинно-разрывной сети, дешифрирующейся по аэрофотоснимкам.— В кн.: Применение дистанционных методов при геологических исследованиях. Л.: Наука, 1978.

Кобец Н. В., Сахатов В. З., Стрельников С. М. Дешифрирование структурно-тектонических форм. Разрывные нарушения.— В кн.: Космическая фотосъемка и геологические исследования. Л.: Недра, 1975.

Козлов В. В., Коваленок В. В., Иванченко А. С. Разломы и кольцевые структуры юга СССР по наблюдениям с орбитальной научной станции «Салют-6».— Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 1.

Козлов В. В., Ромашов А. А., Волчегурский Л. Ф., Воробьев В. Т. Линеаменты Арало-Каспийского региона, возможности их типизации и связь с разрывными нарушениями.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 6.

Козлов В. В., Сулиди-Кондратьев Е. Д. Особенности структуры континентальных рифтов, выявленные с помощью аэрокосмических методов.— В кн.: Континентальный рифтогенез. М.: Сов. радио, 1977.

Копи М. Л., Расцветаев Л. М. О линеаментах, выявленных по космическим снимкам в восточной части альпийского пояса.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 11.

Кронидов И. И. Выявление разрывных нарушений по аэромагнитным данным.— Бюл. науч.-техн. информ. М-ва геол. и охраны недр СССР, 1962, № 2.

Кузьмин Ю. Д., Козицкий В. А., Торубаров А. Р. Картирование разрывных нарушений с помощью крупномасштабной аэромагнитной съемки на Среднем Тимане.— В кн.: Геология и полезные ископаемые северо-востока европейской части СССР и севера Урала. Т. 1. Сыктывкар, 1971.

Кушнарев И. П. Методы изучения разрывных нарушений.— М.: Недра, 1977.

Ласточкин А. Н. О формах проявления разрывных нарушений в рельефе Западно-Сибирской равнины и структурно-геоморфологическом методе их обнаружения.— Изв. Всесоюз. геогр. о-ва, 1971, № 1.

Левченко В. А., Востоков Е. Н. Изучение разломных и блоковых структур акваторий.— М. 1979. (Обзор ВИЭМС. Морская геология и геофизика).

Леонтьев О. К. Типы планетарных морфоструктур Земли и некоторые черты их динамики в кайнозое.— Геоморфология, 1971, № 3.

Лечлер В. А., Парфенов Л. М. Системы разломов островных дуг.— В кн.: Тектоническое районирование и структурно-вещественная эволюция северо-востока Азии. М.: Наука, 1979.

Лукашев Г. Н. Дешифрирование кольцевых структур на космиче-

ских фотоснимках юга Алтае-Саянской складчатой области.— В кн.: Исследования природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Макаров В. И. Предварительная карта линеаментов территории СССР.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10.

Макаров В. И. Карта тектонических линеаментов Северной Евразии.— В кн.: Четвертичная геология и геоморфология. М.: Наука, 1980.

Макаров В. И., Соловьева Л. И. Перекрестный структурный план земной коры и проблема проявления ее глубинных элементов на поверхности (на примере Тянь-Шаня и Туранской плиты).— В кн.: Исследования природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Макаров В. И., Щукин Ю. К. Оценка активности скрытых разломов.— Геотектоника, 1979, № 1.

Мальшев Ю. Ф. Особенности картирования разрывных нарушений Центрально-Алданского района по аэрогеофизическим данным.— Геол. и геофиз., 1976, № 1.

Мартынова Г. И. Исследование структуры сети региональных нарушений земной коры по гравиметрическим данным.— В кн.: Труды Всесоюзного научно-исследовательского геологического института. М., 1977, т. 240.

Межвилк А. А. Планетарная трещиноватость и поиски кимберлитов на Сибирской платформе.— В кн.: Вопросы изучения планетарной трещиноватости. Л., 1976.

Методическое руководство по изучению планетарной трещиноватости и линеаментов/Под ред. С. С. Шульца.— Л.: изд. ЛГУ, 1977.

Мирзаев К. М., Ромашова А. А. Особенности дешифрирования линейных элементов и их роль в выявлении локальных структур Прикаспийской впадины.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1975, № 3.

Мирошниченко В. П. Изучение линеаментов по аэрофотоснимкам.— В кн.: Методическое руководство по изучению планетарной трещиноватости и линеаментов. Л.: изд. ЛГУ, 1977.

Морозова Л. И. Проявление Главного Уральского разлома в поле облачности на космических снимках.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 3.

Моррисон Р., Халберн Дж. Картирование четвертичных отложений и форм рельефа на территории Среднего Запада и Великих равнин с помощью мультиспектральных снимков, сделанных со спутника ЕРТС-1.— В кн.: Геологические исследования из космоса.— М.: Мир, 1975.

Мяло Е. Г., Горяנקова И. Н. Индикация природных процессов и выявление тектонически активных участков.— В кн.: Ландшафтная индикация природных процессов. М.: Наука, 1976.

Набиев К. А., Арсланбеков Ш. К. Динамический режим Тамдынского регионального разлома (по материалам АФС и наземных наблюдений).— Узб. геол. журн., 1978, № 3.

Отсуки Кенширо. Геологические линеаменты Восточной Азии по космическим снимкам системы ЕРТЗ-140.— В кн.: Тихоокеанский научный конгресс (Хабаровск, 1979 г.). М., 1979.

Очиров Ц. О. Блоковая тектоника Забайкалья.— Новосибирск: Наука, 1976.

Перцов А. В. Методы анализа распределения линейных элементов ландшафта, дешифрируемых на материалах дистанционных съемок для решения геологических задач.— М., 1980 (Обзор ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование).

Пиз Р., Джонсон К. Новый линеамент — разлом в Южной Калифорнии.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Пронин В. Г., Щепетильников М. А. Разрывные нарушения полуостровов Мангышлак и Бузачи по данным дешифрирования космических

фотоснимков.— В кн.: Труды Всесоюзного научно-исследовательского геологоразведочного нефтяного института. Вып. 208, 1978.

Расцветаев Л. М. О геологической природе линеаментов, выявляемых на космических изображениях Земли (на примере Кавказа).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1974, № 12.

Розанов Л. Н. Особенности отображения тектонических разломов на снимках из космоса.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 3.

Ромашов А. А., Ботова О. Ю., Гребенникова Т. Г. Методика дешифрирования линеаментов при аэро- и космогеологическом картировании и картографировании в закрытых нефтегазоносных регионах.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1980, № 10.

Сальман Г. Б. Опыт изучения тектонической трещиноватости в кембрийских отложениях Устькут-Илимского района.— Сов. геология, 1975, № 8.

Симбирев И. Б. Некоторые особенности и результаты дешифрирования мелкомасштабных космических и топографических изображений Камчатского региона.— Бюл. вулканол. станций, 1976, № 52.

Скарятин В. Д. Об изучении разрывной тектоники по комплексу разномасштабных космоснимков Земли (метод многоступенчатой генерализации).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7.

Созанский В. П. Роль разломной тектоники в развитии соленосных районов.— В кн.: Региональная тектоника Украины и закономерности размещения полезных ископаемых. Киев: Наукова думка, 1971.

Сонин И. П. Анализ разрывной тектоники Центрального Афганистана по результатам наземных, аэро- и космических исследований.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 11.

Стеффенсен Р. Структурные линеаменты полуострова Гаспе по данным снимков ЕРТС-1.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Суворов А. П. Динамико-кинетическая модель системы крупнейших разломов Монголии.— Докл. АН СССР, 1980, т. 255, № 2.

Сулейманов Э. С., Нечаев Ю. В., Ахундов Р. А., Мустафаев П. М. Оценка глобальной трещиноватости земной коры по космическим снимкам.— Сов. геология, 1978, № 11.

Тектоника Курило-Камчатского глубоководного желоба/Гнибиденко Г. С., Быкова Т. Г., Веселов О. В. и др.— М.: Наука, 1980.

Трифонов В. Г. Аэрокосмические и наземные методы изучения молодых разрывных нарушений (на примере Копет-Дага).— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Трифонов В. Г. Позднечетвертичные разрывные нарушения и их распознавание на космических снимках.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 11.

Трофимов Д. М. Использование космических снимков для изучения тектоники Сахарской плиты.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7.

Уильмс Р. (мл.), Бёдварссон А., Фридриксон С. и др. Дистанционное распознавание геолого-географических объектов на территории Исландии со спутника.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Уир Ч., Уоббер Ф., Рассел О. и др. Картирование разрывов и учет открытых горных разработок на Среднем Западе США с помощью снимков, полученных спутником ЕРТС-1.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Уиттингтон Ч. Выявление линеаментов в отложениях прибрежной равнины по данным снимков ЕРТС-1.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Уорд П., Итон Дж., Эндо Э. и др. Создание, проверка и оценка опытной системы наблюдения за вулканами.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Уткин В. П. Сдвиговые дислокации и методика их изучения.— М.: Наука, 1980.

Феофилактов Г. А., Волков Л. С. К методике изучения динамики развития разрывных нарушений при крупномасштабном картировании.— В кн.: Труды Отделения геологии Бурятского филиала СО АН СССР. Вып. 3 (4). Улан-Удэ, 1974.

Флоренский П. В. Области новейшей вулканической деятельности.— В кн.: Геологическое изучение Земли из космоса. М.: Наука, 1978.

Херасков Н. Н. Определение генезиса разломов на основе анализа сети разрывных нарушений в Западном Саяне и Туве.— Геоботаника, 1977, № 1.

Шарапов В. Н., Бондаренко П. М., Пяткин В. П. Выявление инструментальными методами рисунка разломов Центральной Камчатки и расшифровка их генезиса.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 2.

Шарапов В. Н., Бондаренко П. М., Симбирева И. Г. Расшифровка структуры коры Земли в районе Камчатского желоба по космическим, сейсмологическим и экспериментальным данным.— В кн.: Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Вып. 1. Новосибирск: Наука, 1979.

Швидак А. А., Блинов А. А. Картирование дизъюнктивных нарушений и опыт изучения их относительного возраста по материалам крупномасштабной аэромагнитной съемки на Приполярном Урале.— В кн.: Геология и полезные ископаемые северо-востока европейской части СССР и севера Урала. Т. 1. Сыктывкар, 1971.

Ширяев Е. Е., Горбунов Г. Г. Способ автоматического координирования и определения протяженности разветвленных линейных объектов на картах и аэроснимках.— Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1975, № 1.

Шишкин Ю. М., Кузнецов С. Г., Михалев М. Ф. Опыт применения морфоструктурного анализа аэрофото- и топоосновы для прогнозирования степени трещиноватости и водообильности карбонатных пород (на примере Липецкой области).— В кн.: Применение аэрогеологических и морфометрических методов для изучения неотектоники и глубинного строения Русской платформы. Воронеж, 1973.

Шолохов В. В. Отражение глубинных нарушений в геоморфологическом облике Устюрта.— Нефтегазовая геол. и геофиз., 1963, № 8.

Шульц С. С. (мл.). Тектоника плит, планетарная трещиноватость и линеаменты на космических снимках.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1974, № 12.

Шульц С. С. (мл.). Линейные и мозаичные системы сдвигов на космических снимках Земли.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1975, № 1.

Шульц С. С. (мл.). Изучение и классификация разрывных нарушений по материалам дистанционных исследований и их соотношение с планетарной трещиноватостью.— В кн.: Вопросы изучения планетарной трещиноватости. Л.: Недра, 1976.

Шульц С. С. (мл.). Системы левых и правых сдвигов Евразии на космических снимках.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Шульц С. С. (мл.). Системы левых и правых сдвигов Евразии на космических снимках.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 11.

Шульц С. С. (мл.). Линеаменты, разрывы и планетарная трещиноватость на космических снимках Земли.— В кн.: Методическое руководство по изучению планетарной трещиноватости и линеаментов. Л.: изд. ЛГУ, 1977.

Щеглов А. Д., Брюханов В. Н., Буш В. А. и др. Космогеологическая карта линейных и кольцевых структур территории СССР.— В кн.: Доклады советских геологов на 26-й сессии Международного геологического конгресса. (Париж, 1980 г.). Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. М.: Наука, 1980.

Юзвицкий А. З., Полканов В. П., Грицюк Я. М. Линеаменты Куз-

нецкого бассейна по результатам дешифрирования космических снимков.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Яблонская Н. А., Мелешко А. И. Опыт геохимического опробования зон линеаментов, отдешифрированных по КС в районе Хайдарканского ртутно-сурьмяного месторождения.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10.

Яницкий И. Н., Коробейник В. М., Созинова Т. В. Отражение разломов земной коры в полях гелия.— Геотектоника, 1975, № 6.

Ярмолюк В. В. Распределение региональной трещиноватости неоднородных территорий.— В кн.: Новые принципы металлогенических прогнозов на территории Приморья. М.: Наука, 1977.

Ясько В. Г. Скрытые тектонические разломы в озерных котловинах Прибайкалья.— В кн.: Гидрология и гидрохимия водоемов различных климатических зон. Владивосток, 1980.

2. Изучение кольцевых (изометрических) образований

Абдель-Гавад М., Сильверстейн Дж. Применение снимков ЕРТС при изучении землетрясений и разведке полезных ископаемых в Калифорнии.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Авдеев А. В. О кольцевых структурах магматических комплексов.— Сов. геология, 1965, № 10.

Алабин Л. В., Грицюк Я. М., Кузнецов А. М., Резник Н. И. Использование материалов космо- и аэросъемок для металлогенических целей (на примере Алтае-Саянской складчатой области).— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Аракелян Р. А. О некоторых закономерностях распределения и взаимосвязи прямолинейных и дугообразных форм, отраженных на космических снимках.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10.

Баратов Р. Б., Безуглый М. М., Шланов М. Х., Пашков Б. Р. Опыт прогнозирования эндогенного оруденения на Памире по материалам космических съемок.— Исследования Земли из космоса, 1981, № 1.

Баскина В. А. Особенности магматизма сквозных структурных элементов, установленных при дешифрировании космических снимков.— В кн.: Анализ космических снимков при тектономагматических и металлогенических исследованиях. М.: Наука, 1979.

Баскина В. А., Курчавов А. М. Магматизм сквозных зон нарушений Приморья и магматические индикаторы рудоцентрирующих структур.— В кн.: Новые принципы металлогенических прогнозов на территории Приморья. М.: Наука, 1977.

Башилова И. И., Еремин В. К., Махин Г. В. Космические телевизионные снимки как средство тектонического районирования крупных территорий и прогнозирования полезных ископаемых на примере Западно-Сибирской плиты и прилегающих районов.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Бехтолд И., Лиджет М., Уайдле Дж. Региональный тектонический контроль третичной минерализации и современных разломов в южной части Провинции бассейнов и хребтов по данным спутника ЕРТС-1.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Благовещенская М. Н. Крупные кольцевые дайки Тунгусской синеклизы и юго-запада Сибирской платформы.— Сов. геология, 1971, № 6.

Борисов О. М., Глух А. К. Региональные линеаменты и кольцевые структуры Средней Азии по данным дешифрирования космофотоснимков.— Узб. геол. журн., 1976, № 6.

Борисов О. М., Глух А. К. Материалы к тектонической терминологии эндогенных кольцевых структур.— В кн.: Принципы тектонического структурно-формационного районирования. Вып. 28. Ташкент: Фан, 1977.

- Борисов О. М., Глух А. К.** Основные кольцевые структуры Западного Узбекистана.— Узб. геол. журн., 1979, № 3.
- Борисов О. М., Глух А. К., Ким О. П.** Кольцевые структуры и локальные складки южной части Юго-Западного Гиссара.— Узб. геол. журн., 1980, № 3.
- Брюханов В. Н.** Методы использования данных дистанционного зондирования при поисках полезных ископаемых.— В кн.: Материалы Международного учебного семинара ООН по применению дистанционного зондирования. Баку, 1977.
- Брюханов В. Н., Глуховский М. З., Ставцев А. Л.** Кольцевые структуры Земли.— Природа, 1977, № 10.
- Буш В. А., Лебедев С. П., Махин В. Г. и др.** Применение материалов космических съемок при поисках полезных ископаемых.— Сов. геология, 1980, № 2.
- Быстревская С. С., Семенюк Н. П.** К вопросу о кольцевых структурах на Украинском щите.— Докл. АН УССР, 1979, № 12.
- Винсент Р.** Изучение месторождений железных руд района Атлантик-Сити (штат Вайоминг) с помощью карт соотношений отражения света в разных диапазонах спектра.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.
- Волчанская И. К., Сапожникова Е. Н.** Морфоструктурные особенности рудоконцентрирующих структур и узлов интенсивной тектонической проработки в Приморье.— В кн.: Новые принципы металлогенических прогнозов на территории Приморья. М.: Наука, 1977.
- Вязовов Ю. С.** О кольцевых разрывах в центре Сибирской платформы.— Докл. АН СССР, 1967, т. 174, № 3.
- Гальперов Г. В., Перцов А. В.** Дистанционные методы при поисках медного оруденения в Тургайском прогибе.— Сов. геология, 1978, № 9.
- Глуховский М. З.** О кольцевых структурах и линейных разломах Алданского щита и Становой области (по материалам дешифрирования телевизионных космических снимков).— Геотектоника, 1976, № 5.
- Глуховский М. З.** Кольцевые структуры юго-востока Сибири и их возможная природа.— Геотектоника, 1978, № 4.
- Дабиша А. М., Зоткин И. Т.** Отображение метеоритных кратеров в геофизических полях.— В кн.: Космогенные структуры Земли. М.: Наука, 1980.
- Диденко М. И., Кочнева Н. Г.** Использование результатов дешифрирования космических снимков при металлогенических исследованиях.— Изв. АН СССР. Сер. геол. 1975, № 5.
- Доливо-Добровольский А. В.** К вопросу об изучении кольцевых структур по космическим снимкам.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.
- Доливо-Добровольский А. В., Перцов А. В., Скублова Н. В.** Использование дистанционных методов при прогнозировании и поисках месторождений полезных ископаемых.— М., 1980.
- Доливо-Добровольский А. В., Стрельников С. И.** Роль космических снимков в изучении линейных и кольцевых структур земной коры.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.
- Жупахин Е. Н., Скориков Р. А., Кобылянский Ю. Г.** Выделение вулканоструктур кальдерного типа и палеовулканов по аэромагнитным данным (на примере Приохотской зоны Охотско-Чукотского вулканогенного пояса).— Геол. и геофиз., 1974, № 3.
- Задорина С. Н., Можасва В. Г., Набоков М. М., Старостин В. А.** Применение аэросъемки для изучения тектономагматических кольцевых структур.— М., 1974. (Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование. Вып. 8-9).
- Зейлик Б. С.** Прибалхашско-Илийская космогенная структура и прогноз медно-никелевого оруденения в Северном Прибалхашье.— Докл. АН СССР, 1975, т. 222, № 6.

Зейлик Б. С. Космогенные структуры Казахстана и интерпретация кольцевых, выраженных в аномальном магнитном поле на территории СССР.— Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1976, № 3.

Зейлик Б. С. О происхождении дугообразных и кольцевых структур на Земле и других планетах.— М., 1978. (Обзор ВИЭМС. Ударно-взрывная тектоника).

Зейлик Б. С. Гигантские древние космогенные структуры в Казахстане существуют.— Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1980, № 2.

Зейлик Б. С. О природе кольцевых структур Казахстана (на основе сопоставления с кольцевыми структурами других планет).— В кн.: Космогенные структуры Земли. М.: Наука, 1980.

Зейлик Б. С., Дабиджа А. И. и др. К происхождению кольцевых структур Тихоокеанского сегмента Земли (на основе сопоставления с кольцевыми структурами Казахстана).— В кн.: Глубинное строение, магматизм и металлогения Тихоокеанских вулканических поясов. Владивосток, 1976.

Лукашев Г. Н. Дешифрирование кольцевых структур на космических фотоснимках юга Алтае-Саянской складчатой области.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Лучицкий И. В., Бондаренко П. М. Механизм образования концентрических структур над магматическим очагом (по экспериментальным данным).— Геол. и геофиз., 1974, № 10.

Лялько В. И., Метник М. М. Дистанционные геотермические поиски полезных ископаемых.— Геол. журн., 1975, № 35, вып. 6.

Макаров В. И. Практические аспекты использования космической информации в геологии.— В кн.: Геологическое изучение Земли из космоса. М.: Наука, 1978.

Моралев В. М., Терехов Е. Н. Опыт геологической интерпретации Кожозерской кольцевой структуры, отдешифрированной по космическим снимкам (Восточная Карелия).— Исследования Земли из космоса, 1980, № 5.

Морозова Л. В. Выраженность рудоконцентрирующих структур в региональных геофизических полях на территории Приморья.— В кн.: Новые принципы металлогенических прогнозов на территории Приморья. М.: Наука, 1977.

Невский В. А. Кольцевые разрывы и некоторые данные о механизме их формирования.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1971, № 5.

Невский В. А. Кольцевые разрывы и их роль в процессе формирования эндогенных месторождений.— Геология руд. месторождений, 1973, № 5.

Полканов В. П. Кольцевые образования на междуречье Тунга и Тюкяна и их связь с тектоническими структурами древнего заложения.— Исследования Земли из космоса, 1981, № 1.

Полканов В. П., Багугина И. М., Юзвицкий А. З. Кольцевые образования Кузбасса и их связь с современными тектоническими движениями.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Поляков М. М., Трухалев А. И. Подпайская вулканотектоническая кольцевая структура.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1974, № 4.

Порошин С. В. Кольцевые структуры по данным дешифрирования космических снимков.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1980, № 9.

Порошин С. В. Типы кольцевых структур по данным дешифрирования космических снимков.— В кн.: Космогенные структуры Земли. М.: Наука, 1980.

Сапронов Н. Л., Бородин В. П. Кольцевые морфоструктуры Сибирской платформы — одна из форм проявления магматизма в рельефе.— В кн.: Состояние и направление исследований по металлогении трапшов. Красноярск, 1974.

Сеневич В. Г., Рубинов И. М. Результаты дешифрирования космических снимков и некоторые закономерности размещения полезных ис-

копаемых Западной и Средней Сибири.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Симбирев И. Б. Кольцевые комплексы Камчатки.— Бюл. вулканол. станций, 1978, № 54.

Симбирев И. Б., Симбирева И. Г. Механизм образования и динамика развития кольцевых магматических комплексов Камчатки.— Бюл. вулканол. станций, 1978, № 55.

Скарятин В. Д., Атаносян С. В. Линейные и кольцевые структуры некоторых районов Евразии.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 11.

Скарятин В. Д., Волчанская И. К., Курчавов А. М. Линейные и кольцевые структуры по данным дешифрирования космических снимков и особенности их магматизма и рудной минерализации. Линейные структуры и их взаимоотношение с кольцевыми.— В кн.: Анализ космических снимков при тектономагматических и металлогенических исследованиях. М.: Наука, 1979.

Соловьева Л. Н. Неотектоника и информативность космических снимков (на примере Средней Азии).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1977, № 12.

Трофимов Д. М. О некоторых формах проявления неотектоники в центральной части Воронежской антеклизы, дешифрируемой на космических снимках.— В кн.: Дистанционные методы изучения геосистем. М.: Наука, 1978.

3. Использование космической информации при поисках полезных ископаемых

Поиски рудных месторождений

Алабин Л. В., Грицюк Я. М., Кузнецов А. М., Резник Н. И. Использование материалов космо- и аэросъемок для металлогенических целей (на примере Алтае-Саянской складчатой области).— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Алиханов Э. П. Задачи космогеологических исследований геологического строения и минерально-сырьевых ресурсов Каспийского моря.— В кн.: Материалы Международного учебного семинара ООН по применению дистанционного зондирования. Баку, 1977.

Анализ космических снимков при тектономагматических и металлогенических исследованиях/Под ред. И. Н. Томсона.— М.: Наука, 1979.

Апельцин Ф. Э., Лугов С. Ф., Островский Э. Я. Аэрогаммаспектрометрия при поисках оловорудных месторождений.— Сов. геология, 1967, № 12.

Аэрометоды при геологической съемке и поисках полезных ископаемых. Т. 1./Под ред. Г. Ф. Лунгерсгаузена.— М.: Недра, 1964.

Багрова З. А. Морфометрические и аэрогеологические методы изучения структур и их положения в современном рельефе (на примере Приполярного Урала).— В кн.: Применение аэрогеологических и морфометрических методов для изучения неотектоники и глубинного строения Русской платформы. Воронеж, 1973.

Барышникова И. А. Картирование структур, контролирующих медно-никелевые руды Кольского полуострова, аэроэлектроразведкой методом длинного кабеля.— В кн.: Геофизические методы при крупномасштабном прогнозировании сульфидных месторождений. М., 1970.

Батурина Е. Е. Глубинные разломы — главные рудоконтролирующие структуры Западно-Забайкальской редкометалльной провинции.— В кн.: Тектоника Сибири. Т. VII. М.: Наука, 1976.

Бауман Н. Л. Роль глубинных разломов в формировании постмагматической минерализации и их значение для поисков и разведки месторождений (на примере Средней Европы).— М., 1975. (Обзор ВИЭМС. Геологические методы поисков и разведки месторождений неметаллических полезных ископаемых).

Башилова И. М., Еремин В. К., Махин Г. В. Космические телевизионные снимки как средство тектонического районирования крупных территорий и прогнозирования полезных ископаемых на примере Западно-Сибирской плиты и прилегающих районов.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 1. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1973.

Белобородов М. А., Кочен В. С. Использование космофотогеологических карт при прогнозе рудных районов.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 2.

Брызгалова С. П. Применение космических снимков для поисков минеральных месторождений на территории Балтийского щита.— М., 1979. (Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование. Вып. 12).

Брюханов В. Н. Методы использования данных дистанционного зондирования при поисках полезных ископаемых.— В кн.: Материалы Международного учебного семинара ООН по применению дистанционного зондирования. Баку, 1977.

Будько В. М., Доливо-Добровольский А. В. Комплексная интерпретация материалов аэросъемок при изучении структуры интрузивных массивов (на примере Кольского полуострова). Методическое руководство.— Л.: Недра, 1972.

Буш В. А., Лебедев С. П., Махин Г. В. и др. Применение материалов космических съемок при поисках полезных ископаемых.— Сов. геология, 1980, № 2.

Винсент Р. Изучение месторождений железных руд района Атлантик-Сити (штат Вайоминг) с помощью карт соотношений отражения света в разных диапазонах спектра.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Гальперов Г. В., Кропачева Г. С., Брусничкина Н. А. Использование аэрофотометода при поисках платформенных месторождений бокситов.— Сов. геология, 1974, № 5.

Гальперов Г. В., Перцов А. В. Дистанционные методы при поисках медного оруденения в Тургайском прогибе.— Сов. геология, 1978, № 9.

Диденко М. М., Кочнева Н. Т. Использование результатов дешифрирования космических снимков при металлогенических исследованиях.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1975, № 5.

Зародина С. Н. Роль дистанционных методов для прогнозной оценки горно-рудных районов (на примере Наугарзан-Кандырской площади).— М., 1978. (Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование).

Зятькова Л. К., Оболенский А. А. Геолого-геоморфологическая информативность космических снимков Земли в связи с проблемой изучения глубинных структур и поисками полезных ископаемых.— В кн.: Аэро-космические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1979.

Ибрагимов Ф. М., Киселев А. К. Результаты целенаправленного поиска по космическим снимкам рудоконтролирующих структур в Южном Казахстане.— М., 1979. (Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование).

Ибрагимов Ф. М., Киселев А. К., Бажанова Е. С. Возможности выявления по космическим снимкам рудоконтролирующих структур в Северном Прибалхашье.— Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1978, № 4.

Использование аэро-космоматериалов при региональных геологических исследованиях и прогнозной оценке полезных ископаемых.— В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара «Использование аэро-космоматериалов при региональных геологических исследованиях и прогнозной оценке полезных ископаемых». М., 1980.

Кильдюшевский Е. И. Разрывные нарушения и полезные ископаемые (к использованию дистанционных методов поисков).— М., 1979.

Ковальский В. Е. Дешифрирование магмоконтролирующих структур

южной части Восточного Саяна.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Козлов В. В., Артемов А. В. Дешифрирование аэрофотоснимков при изучении структурных условий локализации россыпей золота на Северо-Востоке СССР.— В кн.: Вопросы региональной геологии СССР. М.: Недра, 1971.

Корчагин В. И., Нефедов В. П., Островский Э. Я. и др. Аэрогеофизические методы поисков месторождений редких элементов.— В кн.: Геология месторождений редких элементов. Вып. 20. М.: Госгеолтехиздат, 1963.

Кочен В. С., Ставцев А. Л. Роль дуговых тектонических зон, дешифрированных на космических снимках, в размещении стратиформного оруденения на юго-востоке Сибири.— Докл. АН СССР, 1980, т. 250, № 1.

Кочнева Н. Т., Томсон И. Н. О путях использования космических снимков при среднемасштабных металлогенических исследованиях.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Левицкий В. В. Саяно-Забайкальская решетчатая система рудных поясов.— В кн.: Тектоника Сибири. Т. 7. М.: Наука, 1976.

Николаевский А. А. Глубинные разломы Северо-Востока СССР и их металлогенная характеристика.— Тр. Сев.-Вост. комп. ин-та, 1964, вып. 11.

Новые принципы металлогенических прогнозов на территории Приморья.— М.: Наука, 1977.

Перцов А. В., Гальперов Г. В. Использование космических снимков при изучении закономерностей размещения полезных ископаемых в Южном Зауралье.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 5.

Погребнов Н. Н. Возможность и перспективы использования космической информации в угольной геологии (на примере Восточного Донбасса).— Изв. Сев.-Кав. научн. центра высш. школы. Естеств. науки, 1980, № 3.

Попов М. И. К вопросу о связи кимберлитопоявлений со структурами, выраженными в рельефе поверхности на карбонатных породах палеозоя и контролируемые планетарной трещиноватостью.— В кн.: Планетарная трещиноватость. Л.: изд. ЛГУ, 1973.

Применение космических снимков для поисков минеральных месторождений на территории Балтийского щита.— М., 1979. (Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование. Вып. 12).

Прусевич А. А. Использование космических снимков для изучения структурных особенностей Восточно-Сихотэ-Алиньского вулканического пояса.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Радзивилл А. Я. и др. Дешифрирование аэрофотоснимков в комплексе методов реконструкции тектономагматических структур Закарпатья и других районов УССР. Тектоника и стратиграфия.— Республ. межвед. сборник, 1978, № 14.

Радкевич Е. А. Особенности тектонического развития Тихоокеанского рудного пояса.— В кн.: Общие и региональные проблемы тектоники Тихоокеанского пояса. Магадан, 1974.

Рич Е. Связь геологических структур, определенных по снимкам ЕРТС-1, с известными промышленными рудными месторождениями.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Сапожникова Е. Н. Структурно-литоморфные комплексы форм рельефа на космических снимках и их геологическая и металлогеническая интерпретация.— В кн.: Анализ космических снимков при тектономагматических и металлогенических исследованиях. М.: Наука, 1979.

Сафонов Ю. Г., Булавский Ю. П., Завилин В. П., Порошин С. В. Первый опыт использования космических снимков для изучения структур рудных полей и месторождений.— В кн.: Эндогенные рудные месторождения. М.: Наука, 1980.

Сенкевич В. Г., Рубинов И. М. Результаты дешифрирования космических снимков и некоторые закономерности размещения полезных ископаемых Западной и Средней Сибири.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Скублова Н. В. Использование космофотогеологических данных при прогнозировании эндогенных рудных месторождений.— Сов. геология, 1979, № 12.

Скублова Н. В. Использование космофотоснимков и геолого-геофизических материалов при прогнозно-металлогенической оценке рудных районов.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Соколова В. Б., Ядута В. А. Выявление предпочтительной ориентировки при крупномасштабном аэрофотокартировании (рудных полей).— Разведка и охрана недр, 1980, № 11.

Соловьев В. В. Рациональный комплекс геоморфологических методов исследования при прогнозировании месторождений полезных ископаемых.— Л.: Недра, 1976.

Сонин И. И., Трофимов Д. М. Направление поисков полезных ископаемых в складчатых областях с помощью космофотосъемки.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1975, № 3.

Ставцев А. Л., Ботов Л. Б. Информация из космоса и рудоносность (Охотско-Чукотский вулканогенный пояс).— М., 1979. (Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование. Вып. 3).

Турчинский Ф. П. О рудоконтролирующей роли надвиговых структур в центральных и западных ртутных провинциях Средиземноморского геосинклинального пояса.— Сов. геология, 1976, № 11.

Фаворская М. А. Сравнительный анализ различных признаков рудоносных структур Приморья.— В кн.: Новые принципы металлогенических прогнозов на территории Приморья. М.: Наука, 1977.

Фаворская М. А., Томсон И. Н. Глобальные закономерности размещения рудоконтролирующих структур.— В кн.: Металлогения и новая глобальная тектоника. М.: изд. ВСЕГЕИ, 1973.

Фаворская М. А., Томсон И. Н., Баскина В. А. и др. Глобальные закономерности размещения полезных ископаемых.— М.: Недра, 1974.

Фомин В. И., Корольков А. С., Дорогутин А. П. Применение аэрометода для выявления кварцевых жил.— Разведка и охрана недр, 1970, № 5.

Фрих-Хар Д. М., Волчанская И. К. Выявление рудолокализирующих узлов при сопоставлении магматических и морфоструктурных данных в Северном Приморье.— В кн.: Новые принципы металлогенических прогнозов на территории Приморья. М.: Наука, 1977.

Чанышева М. И. Геоморфологический анализ при изучении золотых россыпей (на примере северной части Амура-Зейской депрессии).— В кн.: Прикладная геоморфология. М., 1976.

Шилин Н. Л., Фомичев Ю. М. Использование математических методов обработки геохимических данных в целях характеристики рудоконцентрирующих структур и локального прогнозирования.— В кн.: Новые принципы металлогенических прогнозов на территории Приморья. М.: Наука, 1977.

Шмидт Г. Р. Использование снимков, сделанных со спутника ЕРТС-1, при поисках месторождений медно-порфириновых руд в Пакистане (Белуджистан).— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Щеглов А. Д. Рудная геология и космические исследования.— Сов. геология, 1977, № 11.

Щеглов А. Д. Некоторые задачи региональных металлогенических исследований.— Разведка и охрана недр, 1979, № 2.

Юркевич Ю. Р. О результатах газовой съемки в Якутской кимберлитовой провинции на площадях, перекрытых траппами.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 1.

Яблонская Н. А., Мелешко А. И. Прогноз ртутных месторождений на основе комплексной интерпретации результатов дешифрирования космических снимков и геохимических данных (на примере Хайдарканского рудного поля).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 1.

Яковлев Н. А., Мукашев Г. Н., Сахатов В. З. и др. Применение космических фотоснимков при решении задач региональной металлогении.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1974, № 12.

Поиски нефтегазоносных месторождений

Абрикосов И. Х., Кожевников И. И., Гридин В. И. Применение аэро- и космических исследований при поисках месторождений нефти и газа за рубежом. (Обзор зарубежной литературы).— М.: ВНИИОЭНГ, 1975.

Амурский Г. П., Бондарева М. С., Ермаков В. И. и др. Опыт использования космической информации для поисков газовых месторождений.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10.

Артамонов М. А., Богородский С. М. Особенности проявления локальных поднятий и региональных разломов плато Устюрт и Мангышлака на высотных аэро- и космических снимках.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1974, № 12.

Амурский Г. П., Жабров И. П., Бумблис В. И. и др. Целевое дешифрирование космических снимков — перспективный метод газопоисковой геологии.— Газовая пром-сть, 1979, № 8.

Артамонов М. А., Богородский С. М., Шеремет О. Г. Некоторые вопросы методики комплексной интерпретации аэрокосмической информации и геофизических полей при изучении структуры закрытых регионов (на примере Туранской плиты).— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Артамонов М. А., Исаев Е. Н., Яковлев Н. А. Геолого-географическое истолкование фотоаномалий разновысотных аэро- и космических снимков.— Сов. геология, 1971, № 9.

Атанасян С. В., Скарятин В. Д. Применение разномасштабных многозональных космических снимков Земли при геологическом изучении нефтегазоносных территорий.— В кн.: Космическая съемка и тематическое картирование. М.: Изд-во МГУ, 1979.

Афонин В. И. Возможности аэрогамма-съемки как структурно-поискового метода в нефтегазоносных районах платформы.— Сов. геология, 1970, № 3.

Бабанова А. М., Буклин В. В., Волчегурский Л. Ф. и др. Структурно-геоморфологическое картирование и неотектонические исследования с применением дистанционных методов при поисках нефтегазоносных структур.— В кн.: Геоморфологическое картирование. М., 1978.

Бакиров А. А., Бакиров Э. А., Ермолкин В. И. и др. Закономерности размещения зон нефтегазоаккумуляции в пределах молодых платформ.— В кн.: Молодые платформы и их нефтегазоносность. М.: Наука, 1975.

Башилов В. И. Линеаменты и проблемы нефтегазоносности севера Восточно-Европейской платформы.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 1.

Башилова И. И., Еремин В. К., Махин Г. В. Космические телевизионные снимки как средство тектонического районирования крупных территорий и прогнозирования полезных ископаемых (на примере Западно-Сибирской плиты и прилегающих районов).— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Богачкий В. В., Витязь В. И. О системном подходе к прогнозу зон нефтегазоаккумуляции (на примере Западной Сибири).— Геол. и геофиз., 1976, № 1.

Богородский С. М., Гаврилов В. П., Кириухин Л. Г. и др. Строение Туранской плиты по данным комплексной интерпретации геолого-геофизических и космогеологических исследований (в связи с перспективами нефтегазоносности).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7.

Богородский С. М., Кирышкин Л. Г. О возможностях применения материалов радиолокационной съемки при нефтегазопроисковых работах (на примере Устюрта).— Геология нефти и газа, 1976, № 6.

Боровиков А. М., Ковалевский В. В., Мандельбаум М. М. и др. Геологическая интерпретация результатов дешифрирования телевизионных и сканерных космоснимков Непского нефтегазонаосного свода на юге Сибирской платформы.— В кн.: Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1979.

Брюханов В. Н. Методы использования данных дистанционного зондирования при поисках полезных ископаемых.— В кн.: Материалы Международного учебного семинара ООН по применению дистанционного зондирования. Баку, 1977.

Брюханов В. Н. Космические методы в системе геологического изучения нефтегазонаосных областей.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 1.

Веркин Б. И., Андреев А. Г., Базалеев Н. И. и др. Использование дистанционной ИК съемки для геологического картирования, поисков нефтегазонаосных структур, кимберлитовых тел и экономическая оценка перспектив ее применения.— В кн.: Тепловое поле Земли. Т. 2. Методы геотермические. Махачкала, 1979.

Витязь В. И., Богацкий В. В. Телекосмическая информация как возможная основа прогноза зон нефтенакопления (на примере Западной Сибири).— Докл. АН СССР, 1977, т. 236, № 1.

Воловик В. Т. Критерии выделения разрывных нарушений, их классификация и роль в размещении месторождений нефти и газа. Автореф. канд. дис.— Ашхабад, 1971.

Волчегурский Л. Ф., Воробьев В. Т., Галактионов А. Б. и др. Использование космических снимков для изучения глубинных структур земной коры нефтегазонаосных областей. Статья I. Глубинная структура и неотектоника Северного Прикаспия.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1977, № 10.

Волчегурский Л. Ф., Козлов В. В., Ромашов А. А. Использование космических снимков для изучения структур земной коры нефтегазонаосных областей. Статья II. Региональные кольцевые структуры (на примере Арало-Каспийского региона).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 4.

Волчегурский Л. Ф., Пронин В. Г. Опыт составления космофотогеологических карт для закрытых нефтегазонаосных территорий (на примере Прикаспийской впадины).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 1.

Вульфсон Л. Д. Учет влияния поверхностных факторов на нефтегазонаосный сигнал при дистанционной тепловой съемке.— Докл. АН УССР. Сер. Б. Геол., хим. и биол. науки, 1980, № 4.

Гаврилов В. П. Некоторые критерии поисков нефти и газа в приразломных зонах.— М., 1973. (Экспресс-информация ВНИИОЭНГ. Нефтегазовая геология и геофизика. Вып. 23).

Гаврилов В. П. Влияние разломов на формирование зон нефтенакопления.— М.: Недра, 1975.

Гавриш В. К., Рябчун Л. И. Роль глубинных разломов в накоплении соленосных формаций Днепровско-Донецкой впадины.— В кн.: Геология и полезные ископаемые соленосных толщ. Киев: Наукова думка, 1974.

Гальцев-Безёк С. Д., Завадский В. А. К вопросу о миграции нефти и газа на Сахалине в антропогене.— Изв. Сахалинск. отд. геогр. о-ва, 1972, вып. 3.

Герман Е. В., Ласточкин А. Н. О роли региональных разломов в распределении залежей нефти и газа Западно-Сибирской плиты.— Докл. АН СССР, 1973, т. 212, № 2.

Гридин В. И., Еременко Н. А. Дистанционные методы изучения геологического строения нефтегазонаосных регионов.— Вестн. АН СССР, 1979, № 10.

Демидов В. А., Ромашов А. А. Дистанционные методы поисков неф-

ти и газа за рубежом.— М., 1978. (Экспресс-информация ВНИИОЭНГ. Нефтегазовая геология и геофизика. Вып. 24).

Дорофеева М. В. К вопросу о роли тектонических трещин в формировании залежей нефти и газа.— Тр. ВНИГРИ, 1974, вып. 351.

Запивалов Н. П., Беляева В. А. Возможности выявления структур в доюрских образованиях по аэрокосмическим снимкам на примере южной части Западной Сибири.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 6.

Звягельский А. А., Самойлюк Л. А. Опыт применения аэрометодов для выявления нефтегазоносных структур в пределах Тимано-Печорской провинции.— Геология нефти и газа, 1978, № 2.

Зятькова Л. К. Структурно-геоморфологическое дешифрирование с целью поисков локальных структур в закрытых районах Западной Сибири.— В кн.: Структурно-геоморфологические исследования в Сибири. Новосибирск: Наука, 1970.

Зятькова Л. К. Структурная геоморфология Западной Сибири.— Новосибирск: Наука, 1979.

Зятькова Л. К., Яншин А. Л. Применение аэрокосмической информации при геологических исследованиях Сибири.— Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1981.

Использование космических снимков земли при региональных нефтегазопоисковых исследованиях.— В кн.: Молодые платформы и их нефтегазоносность. М.: Наука, 1975.

Козлов В. В., Ромашов А. А., Волчегурский Л. Ф. и др. Линеаменты Арало-Каспийского региона, возможности их типизации и связь с разрывными нарушениями.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 6.

Крымов В. Ф., Капустин И. Н., Кирюхин Л. Г. и др. Применение космических методов исследований в нефтяной геологии.— М., 1980. (Обзор ВИЭМС. Геология, методы поисков и разведки месторождений нефти и газа).

Ландшафтный метод дешифрирования проявлений новейшей и современной тектоники для поисков погребенных нефтегазоносных структур.— Л.: Наука, 1971.

Лялько В. И., Митник М. М., Вульфсон Л. Д. Исследование особенностей температурного поля поверхности Земли на нефтегазовых площадях Днепровско-Донецкой впадины с целью выявления критериев дистанционных поисков нефти и газа.— Докл. АН УССР. Сер. Б, 1977, № 7.

Первые результаты дешифрирования космических снимков для газовой промышленности (на примере юго-запада Туркмении)/Амурский Г. И., Бондарева М. С., Жабров И. П., Пименова Л. В.— М.: изд. ВНИИЭгазпром, 1978.

Применение космических методов исследований в нефтяной геологии/Крымов В. Ф., Капустин И. Н., Кирюхин Л. Г. и др.— М.: изд. ВИЭМС, 1980.

Ромашов А. А. Перспективы использования и развитие аэрометодов при детальном изучении закрытых нефтегазоносных территорий.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 7.

Ромашов А. А., Ботова О. Ю., Грибенникова Т. Г. Методика дешифрирования линеаментов при аэро- и космогеологическом картировании и картографировании в закрытых нефтегазоносных регионах.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1980, № 10.

Ромашов А. А., Волчегурский Л. Ф., Воробьева В. Т. и др. Методика и эффективность космофототектонического картографирования закрытых платформенных территорий (на примере Арало-Каспийского региона).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1979, № 4.

Ромашов А. А., Воробьев В. Т., Грибенникова Т. Г. Использование дистанционных методов для решения отраслевых задач и их эффективность при нефтегазопоисковых работах.— В кн.: Проблемы геологии нефти. Глубинная структура и нефтегазоносность осадочных бассейнов. М., 1977.

Ромашов А. А., Галактионов В. Б. Основные вопросы применения материалов аэро- и космических съемок при поисках нефти и газа. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 1.

Ромашов А. А., Демидов В. А. Аэрокосмические методы в комплексе нефтегазопоисковых работ при изучении структуры юго-востока Русской плиты. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1979, № 11.

Ромашов А. А., Козлов В. В., Волчегурский Л. Ф. О критериях эффективности применения космических методов при региональных исследованиях в нефтегазоносных областях. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1979, № 8.

Рябцева Г. И. Картографические исследования в комплексе нефтегазопоисковых работ на основе материалов аэро- и космических съемок. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 1.

Салаев С. Г., Султанов Р. Г. Роль тектонических разрывов в образовании, сохранении и разрушении нефтегазовых залежей в палеоген-плиоценовых отложениях Юго-Восточного Кавказа. — Уч. зап. Азерб. ун-та. Сер. геол.-геогр. наук, 1971, № 4.

Скарятин В. Д. Фотогеологические методы при изучении нефтегазоносных территорий. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10.

Сондерс Д., Томас Г. Оценка рентабельности использования снимков ЕРТС-1 при поисках нефти и других полезных ископаемых. — В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Флоренский П. В. Дешифрирование глубинной структуры и локальных поднятий по космическим снимкам Туранской плиты. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7.

Флоренский П. В. Использование космических съемок при поисках нефти и газа. — В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. М.: Наука, 1979.

Шалухина А. Д. Применение космических фотоснимков при поисках месторождений нефти и газа. — Тр. Гос. науч.-иссл. производ. центра «Природа», 1978, № 2.

Шилкин А. Н. Использование космических фотоснимков для решения задач нефтяной геологии. — В кн.: Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск, 1979.

Юдин В. С. Возможности комплексной обработки космической информации. — В кн.: Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск: Наука, 1979.

4. Автоматизированная обработка аэрокосмической информации

Аванесов Г. А. Оперативные средства получения космической видеoinформации оптического диапазона. — В кн.: Космические исследования земных ресурсов. М.: Наука, 1976.

Аванесов Г. А. Проблемы аэрокосмической спектрометрии земной поверхности. — Исследования Земли из космоса, 1980, № 2.

Аванесов Г. А., Артемьев В. Ю., Сычев А. Г. и др. Анализ систем и методов оптического сканирования. — В кн.: Космические исследования земных ресурсов. М.: Наука, 1976.

Аванесов Г. А., Баринов И. В., Гладков В. Д. и др. Многоспектральная сканирующая система в самолетном эксперименте по исследованию земных ресурсов. — Метеорология и гидрология, 1974, № 4.

Аверинцев М. Б. Алгоритм быстрой классификации природных объектов по величинам яркостей на многозональных снимках. — В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Аверинцев М. Б., Кравцова В. И. Опыт применения автоматической классификации для дешифрирования пустынных и полупустынных ландшафтов Западного Казахстана по снимкам с космического корабля «Со-

юз-12». — В кн.: Космическая съемка и тематическое картографирование. М.: Изд-во МГУ, 1979.

Аверинцев М. Б., Лурье И. К. Математическая обработка многозональных снимков в целях тематического картографирования. — В кн.: Космическая съемка и тематическое картирование. М.: Изд-во МГУ, 1979.

Александров С. М., Благоволин Н. С. Иерархия морфоструктур в связи с их распознаванием на разномасштабных космических снимках. — Землеведение, 1980.

Алексеев А. С. Проблемы дистанционного метода исследований. — В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1980.

Алексеев А. С., Дементьев В. Н. Применение методов дистанционного исследования в сельском хозяйстве. — В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1980.

Алексеев А. С., Дементьев В. Н., Пяткин В. П. и др. Аппаратно-программное обеспечение регионального центра автоматизированной обработки аэрокосмических изображений. — В кн.: Обработка изображений и дистанционные исследования. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1981.

Алексеев А. С., Кульков Н. В., Пяткин В. П. Региональный центр автоматизированной обработки аэрокосмических изображений. — Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1978.

Алексеев А. С., Кульков Н. В., Пяткин В. П. Комплекс автоматизированной обработки аэрокосмических изображений. — В кн.: Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск: Наука, 1979.

Апостолов Ю. С., Селиванов А. С. Многоспектральные съемки природных образований оптико-механическим сканирующим комплексом «Фотосканер». — В кн.: Аэрометоды в географии. М., 1974.

Аронов В. М. Методы математической обработки геологических данных на ЭВМ. — М.: Недра, 1977.

Афанасьев Н. Ф. Статистический анализ аэрофотоизображений. — В кн.: Исследование опытных свойств природных объектов и их аэрофотографического изображения. Л.: Наука, 1970.

Афанасьев Н. Ф. Математическое моделирование изучения природных объектов. — В кн.: Проблемы развития АСУ-Геология и применение математических методов в геологии. М.: изд. ВИЭМС, 1977.

Афанасьев Н. Ф., Геосев А. В. Системный подход к исследованию процесса дистанционного изучения природных объектов. — В кн.: Применение новых видов аэросъемок при геологических исследованиях. Л.: изд. ВСЕГЕИ, 1976.

Афанасьев Н. Ф., Чигирев А. А. Состояние и перспективы автоматизации геологического дешифрирования аэро- и космических снимков. Обзор. — М.: изд. ВИЭМС, 1978.

Аширова К. Н., Темко С. В. О прогнозировании изменения качества подземных вод с помощью ЭВМ. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10.

Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ/Под ред. В. Г. Золотухина. — М.: Наука, 1978.

Балабанов А. И., Корбуков Г. Е., Феоктистов А. А., Цветков Е. Р. Опознавание опорных точек местности и измерение их координат с помощью оптического гетероидного коррелятора. — В кн.: Труды Научно-исследовательского центра изучения природных ресурсов. Вып. 8. М., 1980.

Барышникова А. И., Вавилин Л. Н., Глебовский Ю. С. и др. Аппаратурно-техническое и методическое обеспечение аэрогеофизических работ в СССР. — М.: изд. ВИЭМС, 1981.

Батцев А. Р. Комплексная программа создания изолинейных карт расчетных полей с помощью ЭВМ. — В кн.: Картографическое обеспе-

чение планирования территориально-производственных комплексов. Иркутск, 1977.

Белинский А. Н., Ярославский Л. И. Автоматический выбор опорных объектов для сопоставления аэрокосмических снимков.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 4.

Белобородов М. А., Макаров А. П. Алгоритм статистической классификации геологических объектов по комплексу признаков.— Геол. и геофиз., 1978, № 11.

Бельганский Г. И., Соломатин М. Е. Некоторые вопросы автоматизации дешифрирования космических снимков с использованием ЭВМ.— Геодезия и картография, 1976, № 4.

Бельганский Г. И., Соломатин М. Е. О возможности использования ЭВМ при автоматизации дешифрирования космических снимков.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Бенилов Ю. М., Федотова З. К. Экспериментальная оценка возможности использования метода гиперпараллелепипеда для автоматизированного дешифрирования аэрокосмической информации.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Богородский С. М., Гонин Г. Б. и др. Современные технические средства изучения Земли из космоса и зарубежный опыт их использования в геологии.— М.: изд. ВИЭМС, 1972.

Бойко А. В., Лимонтов Л. Я., Мительман Е. Я. Аналитическое построение горизонталей по цифровым моделям на базе ЭВМ и автоматического координатографа «Картимат-III».— Геодезия и картография, 1974, № 3.

Бондаренко П. М., Юдин В. С., Дементьев В. Н. Комплексное дешифрирование космических телеснимков с целью исследования морфологии и генезиса разломных ассоциаций Сибири.— В кн.: Развитие и использование методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск: Наука, 1979.

Борисенко В. И. Вспомогательные программы обработки видеoinформации на ЕС ЭВМ.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Борисенко В. И. и др. Автоматизированная обработка многоспектральной видеoinформации в целях распознавания сельскохозяйственных культур.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Боровский В. В., Шадрин Л. Ф. Возможности радарной аэросъемки при изучении структур северной части Полярного Урала.— Тр. ЗапСибНИГНИ, 1974, вып. 74.

Бочаров В. П., Сажин С. М. Коррекция геометрических искажений космической видеoinформации цифровыми методами.— В кн.: Труды Научно-исследовательского центра изучения природных ресурсов. Вып. 8. М., 1980.

Бочаров В. П., Спиридонов Ю. Г. К вопросу о радиометрической коррекции многозональной видеoinформации (природных объектов) цифровыми методами.— В кн.: Труды Научно-исследовательского центра изучения природных ресурсов. Вып. 8. М., 1980.

Бушуев А. В. Аналитический метод географической привязки ледовых объектов на космических снимках с использованием ПЭКВМ «Искра-125».— В кн.: Космическая геофизика. Л.: Гидрометеoиздат, 1978.

Васмут А. С., Мучник И. Б., Николаева В. А. и др. Автоматизация процесса чтения картографической информации.— Геодезия и картография, 1970, № 6.

Вергасов В. А., Васмут А. С., Пругалова Н. А. и др. Об опыте получения обучающей выборки для задач распознавания типов рельефа с помощью ЭВМ.— Геодезия и картография, 1971, № 7.

Веселов В. В. Автоматизированные системы обработки гидрогеологической информации на ЭВМ.— Сов. геология, 1976, № 9.

Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг динамики экосистем.— География и природ. ресурсы, 1980, № 2.

Виноградов Б. В., Петров К. М. Аэрокосмический мониторинг сопряженных экосистем суши и моря. Современные проблемы изучения Мирового океана. (Тезисы докладов секции 37-го съезда Географического общества СССР, Фрунзе, 1980 г.).— Л., 1970.

Воробьева Т. А. Возможности применения автоматической системы «Картимат-III» при составлении мелкомасштабных карт использования земель.— Вестн. МГУ. География, 1975, № 3.

Воробьева Т. А. Новые пути создания мелкомасштабных карт использования земель в связи с развитием космической съемки и автоматизацией картосоставительских работ.— В кн.: Научно-техническая революция и методы географического анализа. М.: Изд-во МГУ, 1977.

Ворошихо В. И., Чигирев А. А. Вопросы построения программных систем обработки данных аэро- и космических съемок.— В кн.: Методы и технические средства автоматизации обработки материалов аэро- и космических съемок. Л., 1979.

Гебгарт Я. И. К вопросу преобразования координат при сканерной съемке с ИСЗ.— Тр. МИИЗ, 1976, вып. 85.

Гебгарт Я. И., Степанов Б. В. О построении условного изображения в процессе съемки с ИСЗ при помощи оптико-механического сканирующего устройства.— Тр. МИИЗ, 1976, вып. 78.

Гомзек В. В., Шаповалов С. В., Равкин Л. Ю. и др. Ввод многозональной информации с ИСЗ «Метеор» в специализированный комплекс цифровой обработки изображений.— Тр. ГОСНИЦИПР, 1977, вып. 6.

Гомзек В. В., Шаповалов С. В., Равкин Л. Ю., Мишкина А. С. Устройство ввода — вывода многозональной информации в ЭВМ.— В кн.: Труды научно-исследовательского центра изучения природных ресурсов. Вып. 8. М., 1980.

Гонин Г. Б. Ориентация и стабилизация космического летательного аппарата.— В кн.: Космическая фотосъемка и геологические исследования. Л.: Недра, 1975.

Гонин Г. Б. Вывод графической информации из ЭВМ с целью составления карт геологического содержания по данным аэро- и космических съемок.— М., 1977. (Обзор ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование).

Гонин Г. Б., Абросимов И. К. Современные технические средства изучения Земли из космоса и зарубежный опыт их использования в геологии.— М., 1972. (Обзор. ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование).

Гонин Г. Б., Степанов П. В. Технические средства наблюдения и изучения Земли из космоса.— В кн.: Космическая фотосъемка и геологические исследования. Л.: Недра, 1975.

Горбунов Б. А., Прохоренко Ю. П. Некоторые методы интерпретации дистанционно-исследуемых данных.— В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1980.

Горбунов Г. В., Чигирев А. А. Структура системы телеобработки аэро- и космической информации на базе ЕС ЭВМ, абонентского пункта АП-4 и устройств «Формат-АП».— В кн.: Методы и технические средства автоматизации обработки материалов аэро- и космических съемок. Л., 1979.

Горкин В. В. Адаптивная классификация изображений в задачах дешифрированных аэроснимков.— В кн.: Обработка изображений и дистанционные исследования. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1981.

Грин А. М., Куликов Ю. Н. Общие принципы постановки полигонных исследований биогеофизических характеристик геосистем дистанционными методами.— В кн.: Дистанционные методы изучения геосистем. М., 1978.

Дементьев В. Н., Забелин В. А., Пяткин В. П. Программное обеспечение комплекса обработки аэрокосмических изображений.— В кн.: Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск: Наука, 1979.

Деревянко О. С. Электронные системы получения космических изображений.— В кн.: Геологическое изучение Земли из космоса. М.: Наука, 1978.

Дробышев Ю. П., Одеянко Б. Н. Анализ изображения по его модели.— В кн.: Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск: Наука, 1979.

Дудинов В. Н., Цветкова В. С., Кришталь В. А., Шпилинский Л. Ф. Обработка аэрофотоснимков когерентно-оптическими методами.— В кн.: Труды научно-исследовательского центра изучения природных ресурсов. Вып. 3. М., 1977.

Евдокимова В. Н., Щетников А. И. Методы математического картографирования природных объектов (на примере Чарской котловины).— В кн.: Картографическое обеспечение планирования территориально-производственных комплексов. Иркутск, 1977.

Емельянова Л. А., Ефимов Ю. И. Представление картографической информации для автоматизированного обновления топографических карт с помощью ЭВМ.— Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1979, № 4.

Жуков В. Т. и др. Возможности автоматизации картографических работ при создании атласов.— В кн.: Комплексные региональные атласы. М.: Изд-во МГУ, 1976.

Забелин В. А., Пяткин В. П. Идентификация контрольных точек в аэрокосмических изображениях.— В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск: Наука, 1980.

Зайцев В. М., Лаврова В. С., Чигирев А. А. и др. Построение карт изолиний по стереомодели местности с помощью ЭВМ.— Геодезия и картография, 1973, № 4.

Зиман Я. Л., Баратова В. Ф. Трансформирование снимков в заданную картографическую проекцию с помощью ЭЦВМ.— Геодезия и картография, 1975, № 6.

Злобин В. К., Ануркин А. А., Кирилин Ю. Н. Методы оптимизации геометрической обработки изображений на ЭВМ.— Геодезия и картография, 1977, № 10.

Зонн С. В. Проблемы географии и перспективы их решения аэрокосмическими методами.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. М.: Наука, 1979.

Информационный бюллетень алгоритмов и программ обработки видеoinформации. (Оперативно-информационный материал). Вып. 1.— Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1979.

Исследование по автоматизированным системам управления в топографо-геодезическом и картографическом производстве.— Тр. ЦНИИГАиК, 1975, вып. 209.

Истомина Л. Г. Анализ эмпирических плотностей распределения яркости облачных полей по аэрокосмическим данным.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 5.

Кадничанский С. А. Аналитические способы фотограмметрической обработки орбитальных телевизионных панорам, полученных с помощью сканирующих систем. Автореф. канд. дис.— М., 1979.

Киенко Ю. П., Злобин Л. И., Бумблис В. И. и др. Об использовании материалов космических съемок при картографировании и изучении природных ресурсов.— Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1978, № 4.

Ковалевич Н. С., Победоносцев О. А. О методике составления сельскохозяйственных карт с использованием ЭВМ и автоматического картографирования «Картимат-III».— Геодезия и картография, 1976, № 5.

Козенчук В. А., Феоктистов А. А. Об измерении координат фрагментов космических фотоизображений с помощью корреляционного геологи-

ческого метода.— В кн.: Труды научно-исследовательского центра изучения природных ресурсов. Вып. 5. 1979.

Комаров В. Б., Номоконова В. Ф., Углев Ю. В. Методы фильтрации фотоизображений и возможности их применения в геологии.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 2. Геология и геоморфология. М.: Наука, 1974.

Комаров В. Б., Номоконова В. Ф., Углев Ю. В. Дальнейшее развитие вопросов фотографирования в целях геологического дешифрирования.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 5. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976.

Кондратьев К. Я., Васильев О. Б., Миронова З. В. Методика кодирования оптических спектров отражения природных образований.— В кн.: Проблемы физики атмосферы. Л.: изд. ЛГУ, 1972.

Конрод М. А. Создание фотокарты на ЭВМ.— Геодезия и картография, 1980, № 12.

Костров В. Г., Рябчикова В. И. Опыт использования оптико-электронной обработки космических фотоснимков для ландшафтного картографирования субарктических территорий Северо-Востока СССР.— В кн.: Географическая картография: ее развитие и новые задачи. М.: Наука, 1980.

Кравцова В. И. Об использовании многозональных космических снимков в географических исследованиях и тематическом картографировании.— Геодезия и картография, 1977, № 3.

Красиков В. А., Хатунцева М. В. Обзор машинных методов интерпретации обработки многозональной видеоинформации.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеоинформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Красиков В. А., Хатунцева М. В., Штарьков Ю. М. Методы кластерного анализа в задачах тематической интерпретационной обработки многозональной видеоинформации.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеоинформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Красиков В. А. и др. Параметрические методы распознавания природных образований по материалам многозональных съемок.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеоинформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Красиков В. А., Шамо В. А. Задачи и средства машинной обработки космической видеоинформации.— В кн.: Материалы Международного учебного семинара ООН по применению дистанционного зондирования. Баку, 1977.

Краткое описание программы математического обеспечения космических экспериментов в рамках программы «Интеркосмос».— М., 1978.

Кузина А. М., Мальцева И. Г., Рамм Н. С. Прецизионное трансформирование сканерных космических снимков на ЭВМ.— М.: изд. ВИЭМС, 1979.

Купин Е. П. Об одном алгоритме улучшения визуальных качеств (аэрокосмических) фотоизображений.— В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск: Наука, 1980.

Куприянова Т. П. Опыт выделения статистически однородных физико-географических районов с использованием ЭВМ.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1974, № 3.

Кутрачева Л. И., Шилкин А. Н., Бумблис В. И. Методические рекомендации по автоматическому вводу и обработке космических снимков на ЭВМ.— Саратов, 1979.

Лаврова Н. А., Новаковский Б. А. Особенности применения электронных методов съемки при аэрокосмических исследованиях природных ресурсов Земли.— Геодезия и картография, 1974, № 12.

Люмгадзе В. В., Перловский В. А., Фогт П. Н. Обработка данных многоканальной аэрогеофизической съемки с использованием ЭВМ.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1975, № 1.

Лукашева О. Э., Пяткин В. П., Шевелев С. Л. Системное програм-

мное обеспечение комплекса обработки (аэрокосмических) изображений.— В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск: Наука, 1980.

Лурье И. К., Тищенко А. П. Цифровые методы обработки космической видеоинформации в тематическом картографировании.— Вестн. МГУ, 1976, № 1.

Мартиненко А. М. Об автоматизации процесса составления карт.— Геодезия и картография, 1970, № 9.

Мартиненко А. М., Щербаков П. А. Об одном способе изображения рельефа и возможности его автоматизации.— Геодезия и картография, 1972, № 1.

Математические и технические проблемы обработки изображений/Под ред. чл.-кор. АН СССР А. С. Алексеева.— Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1980.

Матиясевич Л. М. Математическая модель процесса дешифрирования фотоснимков.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеоинформации с использованием ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Матиясевич Л. М. Вопросы оценки информационных свойств материалов и средств космической фотосъемки.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 2.

Матренко А. В. Аппликативная модель шума и вопросы тематической обработки аэрокосмической фотоинформации.— В кн.: Кибернетические методы изучения природных ресурсов. Киев: Наукова думка, 1980.

Мелхорн У. и др. Распознавание литологических комплексов и влияние форм рельефа на юго-западе штата Колорадо с помощью методики АДР (аппаратурная обработка).— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Методические рекомендации по оптико-электронному преобразованию космических снимков и решение геологических задач на его основе/Шилкин А. Н., Омелин В. М., Смирнов М. В., Кутрачева Л. И.— Саратов, 1979.

Методы и технические средства автоматизации обработки материалов аэро- и космических съемок.— Л.: изд. ВСЕГЕИ, 1979.

Методы обработки и интерпретации многозональной информации о природных ресурсах Земли/Под. ред. А. П. Тищенко, А. И. Бурцева.— Л.: Гидрометеиздат, 1980.

Минский Г. В., Панадиани Е. А., Шифрин И. Э. Методы автоматической классификации и измерения параметров многоконтурных изображений протяженных объектов.— В кн.: Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск: Наука, 1979.

Мирошниченко В. П., Толчельников Ю. С., Афанасьев Н. Ф. Вопросы развития дистанционных методов исследования природной среды и моделирование геосистем.— Изв. ВГО, 1977, т. 109, вып. 4.

Михайлов В. И. О системном подходе к анализу карт и аэрокосмических снимков в структурно-геологических исследованиях.— Изв. Всесоюз. геогр. о-ва, 1978, № 5.

Михайлов В. А. Применение аналого-цифровых устройств для первичной обработки аэрокосмической информации.— Тр. Гидрол. ин-та, 1980, вып. 276.

Мовчан Б. Н., Деревянко В. Г. О целесообразности одномерной фильтрации ТВ и растровых спутниковых двумерных (аэрокосмических) изображений.— Учен. зап. Ленингр. ун-та. Сер. геогр. наук, 1980, вып. 27, № 403.

Надь Г. Цифровая обработка изображений, полученных при дистанционном исследовании природных ресурсов.— В кн.: Распознавание образов при помощи цифровых вычислительных машин. М.: Мир, 1974.

Никулин Н. А., Чигирев А. А. Автоматизированная система обработки данных аэро- и космических съемок (АСОД АКС) на базе ЕС ЭВМ (ЕС-1020) и специализированных периферийных устройств.— В кн.: Ме-

тоды и технические средства автоматизации обработки материалов аэро- и космических съемок. Л., 1979.

Никульцев В. С. Интерактивная система обработки изображений.— В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1980.

Новаковский Б. А., Свентэк Ю. В. Аналитическая и географическая привязка природных объектов по сканерным аэрокосмическим изображениям.— Исследования Земли из космоса, 1980, № 4.

Номоконова В. Ф., Трофимов Д. М., Углев Ю. В. и др. Фотографическая фильтрация — метод повышения геологической информативности космических снимков.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 11.

Обработка изображений и дистанционные исследования.— В кн.: Тезисы докладов региональной конференции (Новосибирск, 1—3 апреля 1981 г.). Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1981.

Обработка изображений при помощи цифровых вычислительных машин.— М.: Мир, 1973.

Орлов Л. И., Чигирев А. А., Якимов А. П. Комплекс устройств «Формат», концепция и возможности.— В кн.: Методы и технические средства автоматизации обработки материалов аэро- и космических съемок. Л., 1979.

Перфильев А. Г., Крамах В. С. Вычерчивание карт на ЭВМ с помощью графопостроителя «Атлас-ЭИ».— В кн.: Региональная разведка и промысловая геодезия. М.: изд. ВИЭМС, 1970.

Петренко А. С., Деревянко О. С. Перспективы и методы автоматизации геологической обработки космической информации.— В кн.: Геологическое изучение Земли из космоса. М.: Наука, 1978.

Попов П. Г. Об одном подходе к реставрации изображений.— В кн.: Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск, 1979.

Попова Т. А., Нефедов К. Е., Галкина Е. А. Систематизация дешифровочной информации.— В кн.: Космические методы исследования природной среды. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1977.

Применение дистанционных методов при геологических исследованиях.— Л., 1978.

Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов/Под ред. чл.-кор. АН СССР А. С. Алексеева.— Новосибирск, 1979.

Расположенский Н. А., Сербенюк С. Н. Опыт применения математико-статистического моделирования при создании некоторых тематических карт с использованием ЭВМ и системы «Картимат-III».— В кн.: Синтез в картографии. М.: Изд-во МГУ, 1976.

Рифман С. Улучшение качества мультиспектральных снимков ЕРТС с помощью ЭЦВМ.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Розанов Л. Н. О геологической природе фототона на космоснимках.— Сов. геология, 1980, № 7.

Розанов И. Г., Тищенко А. П. Распознавание природных объектов по спектральным признакам.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Розенфельд А. Распознавание и обработка изображений с помощью вычислительных машин.— М.: Мир, 1972.

Росс Д. Экспериментальное маскирование изображений для уменьшения погрешностей в радиометрической коррекции.— В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.

Руководство по проведению методических инспекций аэрологических станций управлений по гидрометеорологии и контролю природной среды. М.: Гидрометеониздат, 1981.

Руфин В. А., Соловицкий Б. В. Географические аспекты процесса автоматической генерализации карты комплексной функциональной оценки территорий.— В кн.: Картографическое обеспечение планирова-

- ния территориально-производственных комплексов. Иркутск, 1977.
- Сабуров Д. Н., Востокова Е. А.** Использование материалов аэрокосмической съемки для задач мониторинга окружающей среды.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1978, № 6.
- Сазонов Н. В.** Вопросы цифровой обработки аэрокосмической видеoinформации применительно к автоматизации картографических работ.— В кн.: Вопросы методики аэрокосмических съемок местности. М.: Наука, 1979.
- Сазонов Н. В., Перингер Т. Я.** Методы автоматизированной обработки космической информации в целях создания карт для планирования.— В кн.: Картографические разработки для планирования и управления развитием народного хозяйства УССР. Киев: Наукова думка, 1979.
- Салаватов Р. М., Шевелев С. Л.** Средства обработки изображений.— В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1980.
- Сахарова Т. В.** Методика автоматического получения фотокарт по спутниковым данным.— В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1980.
- Свентэк Ю. В., Сербенюк С. Н.** Автоматизация в тематической картографии.— В кн.: Итоги науки и техники. Т. 7. Картография. М.: ВИНТИ, 1976.
- Сидорова В. С.** Об одном алгоритме обработки многоспектральных аэрокосмических изображений.— В кн.: Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск, 1979.
- Сидорова В. С.** Текстуальный анализ аэрокосмических изображений на ЭВМ.— В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск: Наука, 1980.
- Сидько А. Ф.** Методы и аппаратура для изучения спектральной яркости растительных ценозов суши и моря. Автореф. канд. дис.— Красноярск, 1980.
- Смирнов В. Н.** Устройство ввода — вывода и телеобработки изображений «Формат-110АП».— В кн.: Методы и технические средства автоматизации обработки материалов аэро- и космических съемок. Л., 1979.
- Смирнов В. Н.** Устройство телеввода координат и высот точек стереомодели «Формат-130АП».— В кн.: Методы и технические средства автоматизации обработки материалов аэро- и космических съемок. Л., 1979.
- Собчук В. Г.** Координатная привязка видеoinформации по опорным точкам.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.
- Соловьева И. С.** Трансформирование спутниковых снимков в картографическую проекцию с помощью ЭВМ.— Тр. Гидрометцентра СССР, 1973, вып. 110.
- Степанов П. В.** Анализ на ЭВМ изменения колориметрического качества цветного изображения в атмосфере.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.
- Тарасенкова Л. В., Колинчева Е. А.** Применение стереоприборов при геологическом дешифрировании космических снимков.— В кн.: Использование космических методов в геологических исследованиях. Л.: Недра, 1975.
- Тарасенкова Л. В. и др.** Применение стереоприборов при геологическом дешифрировании космических снимков.— В кн.: Применение дистанционных методов при геологических исследованиях. Л., 1978.
- Тищенко А. П.** Задачи математической обработки материалов космических съемок в целях картографирования.— В кн.: Пути развития картографирования. М.: Изд-во МГУ, 1975.
- Тищенко А. П.** Современные тенденции развития цифровых методов обработки многозональной видеoinформации.— В кн.: Обработка изо-

бражений и дистанционные исследования. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1981.

Томпсон М. Автоматизация в картографии. Развитие и применение.— В кн.: Пути развития картографии. М.: Изд-во МГУ, 1975.

Трифонов В. Г., Макаров В. И., Флоренский П. В. Изучение глубинного строения литосферы с помощью комплекса космических снимков.— В кн.: Доклады советских геологов на 26-й сессии Международного геологического конгресса. (Париж, 1980). Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. М.: Наука, 1980.

Углев Ю. В. Фотографическая фильтрация аэрофотоизображений в целях географического дешифрирования. Автореф. канд. дис.— Л., 1975.

Углев Ю. В., Номоконова В. Ф. Комплекс методов фотографического преобразования аэрофотоизображений и его использование при дешифрировании.— М., 1973. (Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геологическое картирование. Вып. 8.).

Чигирев А. А. Комплекс устройств «Формат-АП» для телеобработки данных аэро- и космических съемок.— В кн.: Методы и технические средства автоматизации обработки материалов аэро- и космических съемок. Л., 1979.

Чимшидова А. Г. Возможности программированного обучения навикам географического дешифрирования аэроснимков.— Вестн. ЛГУ. Сер. геол. и геогр., 1973, № 6.

Шамис В. А. Математическое обеспечение специализированной системы обработки многозональной видеoinформации.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978.

Ширяев Е. Е. Прослеживание элементов на картах аэро- и космических снимков с помощью ЭВМ.— Разведка и охрана недр, 1975, № 3.

Ширяев Е. Е., Петров А. Б. Автоматическое составление карт.— Л.: Недра, 1976.

Щербаков А. И. Применение статистических методов при географической интерпретации космических снимков.— В кн.: Математические методы в экологии и географии. Владивосток, 1978.

Эльман Р. И., Жирин В. М., Потапов А. Н. Опыт цифровой обработки цветных спектральных аэроснимков леса.— Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1979, № 3.

Эльман Р. И., Сухих В. П. Изучение лесов дистанционными методами и проблема автоматизации дешифрирования снимков.— В кн.: Вопросы методики аэрокосмических съемок местности. М., 1979.

СОДЕРЖАНИЕ

I раздел

Дистанционные исследования при прогнозе и поисках месторождений полезных ископаемых

- А. А. Ромашов.* Основные вопросы комплексирования материалов аэрокосмических съемок и геолого-геофизических исследований при нефтегазопоисковых работах 3
- В. П. Брюханов, В. А. Буш, И. Н. Щербакова.* Система комплексного геолого-геофизического анализа при создании космогеологических основ для микрагенетических построений. 10
- Я. М. Грицук, В. Е. Бескончин, М. Г. Еселевич.* Анализ космогеоструктурной информации при прогнозе и поисках месторождений полезных ископаемых 16
- Г. П. Попсуй-Шапко, Е. Н. Позвонкова.* Космогеохимическая выраженность глубинных метасоматических процессов 23
- А. И. Лаубенбах, И. И. Рафиенко, И. И. Славягина, А. А. Трофимов.* Возможности использования дистанционных методов при оценке перспективности территории на примере восточной части Западного Узбекистана 27
- В. Г. Сенкевич, М. В. Болдырев.* Закономерности пространственного размещения полезных ископаемых в морфоструктурах, установленных по космоснимкам и геофизическим данным для Западной, Средней Сибири и восточной части Казахстана 31

II раздел

Дистанционные исследования при поисках нефтяных месторождений

- Л. Б. Аристархова, Г. П. Попсуй-Шапко.* Опыт построения геодинамической модели по аэрокосмическим, геоморфологическим и геолого-геофизическим данным при поисках нефти и газа 37
- В. А. Беллева, Н. П. Запиевалов, В. Н. Никанорова, Ю. В. Хоменюк.* Геологические критерии локального прогноза нефти в Межовском нефтегазоносном районе, выявленные по результатам дешифрирования аэрофото- и космоснимков 44
- Л. К. Зятыкова.* Дистанционные структурно-геоморфологические исследования при палеогеоморфологических реконструкциях в Западной Сибири 49
- Б. М. Гуцин.* Возможные направления использования аэрокосмической информации при нефтегазопоисковых работах в Центральной тектонической области Западно-Сибирской плиты 56
- Д. М. Данилевская, А. Я. Ходоровский.* Уточнение структуры Тимано-Печорской плиты по аэрокосмическим данным для выявления месторождений углеводородов 61
- Ю. М. Мальцев, А. К. Мкртычян.* Космофотогеологическое картирование в помощь нефтегазопоисковым работам на Сибирской платформе (на примере Космофотогеологической карты Байкитской антеклизы) 64
- В. С. Юдин.* Неотектоника и некоторые элементы сейсмояренирования Кызылкумского региона в свете данных космоснимков 69

III раздел

Дистанционные исследования при поисках рудных месторождений

- И. К. Волчанская, Е. Н. Сапожников.* Морфоструктурные образы рудоконтролирующих линейных зон и узлов Средней Азии 74
- Т. А. Акишев, В. А. Быкадоров, М. А. Оренбургский, Т. Б. Саргаскаев, С. Б. Абулгазин, Е. М. Щелчков.* Применение материалов аэрокосмических исследований в комплексе с геофизическими данными при прогнозировании районов, перспективных для поисков рудных проявлений, нефти и газа в Казахстане 81

<i>И. В. Скублова.</i> Моделирование критериев прогноза эндогенного оруденения по аэро- и космическим снимкам (на примере Центрального Казахстана)	91
<i>А. Д. Ананченко, И. И. Сонин.</i> Локальный прогноз коренного оруденения по данным космодешифрирования, морфометрии и поисковой геохимии (на примере мезозойского вулканогенного пояса)	99
<i>С. Э. Седяков, Д. П. Сенчук, С. А. Федотов.</i> Использование аэрометодов для решения задач устойчивости отвалов Удоканского ГОКа	105
<i>В. П. Ефремов.</i> Некоторые особенности размещения региональных трещинных зон в Темир-Тельбесском железорудном районе (Горная Шория)	109
<i>Л. К. Зятыкова, В. М. Цибульчик.</i> Применение дистанционных методов при структурно-геоморфологических исследованиях рудного проявления в Туве	115
<i>А. В. Чайко.</i> Анализ макротрещиноватости амадырско-пенжинской части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса	123
<i>П. Е. Котляр, В. А. Соловьев.</i> Обнаружение геотермических аномалий и связанных с ними разломов по космоснимкам (на примере Ангаро-Селенгинской зоны)	129
<i>И. А. Калугин, Г. А. Третьяков.</i> Зоны выноса и отложения железа в вулканоструктуре Чирип (по данным дистанционных исследований)	135

IV раздел

Дистанционные исследования при поисках гипергенных полезных ископаемых

<i>Л. К. Зятыкова.</i> Структурно-геоморфологические исследования с применением аэрокосмической информации при поисках гипергенных полезных ископаемых Алтае-Саянской горной области	140
Библиографический обзор	143

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Утверждено к печати
Институтом геологии
и геофизики СО АН СССР

Редакторы издательства *Г. И. Константинова, Е. П. Тимофеева*
Художественный редактор *М. Ф. Глазырина*
Технический редактор *Л. П. Милеева*
Корректоры *В. В. Борисова, Е. Н. Зимина*

ИБ № 29941

Сдано в набор 24.01.86. Подписано к печати 04.08.86. МН-01242. Формат 70×108 1/16. Бумага офсетная. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 15,4+1,4 на мел. бум. Усл. кр.-отт. 17,2. Уч.-изд. л. 18,3. Тираж 1050 экз. Заказ № 15. Цена 2 р. 70 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»,
Сибирское отделение. 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука», 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.

Основные вопросы комплексирования материалов аэрокосмических съемок и геолого-геофизических исследований при нефтегазопроисловых работах. Ромашов А. А. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

Рассмотрены вопросы, связанные с комплексным использованием аэрокосмической и традиционной геолого-геофизической информации при поисках нефти и газа. В зависимости от стадийности нефтегазопроисловых работ выделяются обзорные, региональные и детальные космоаэрогеологические исследования. Приводятся характеристика применяемых материалов космических съемок (МКС) для каждой стадии работ и круг геологических задач, решаемых на основе МКС.

Особое внимание уделено региональному и локальному прогнозированию и типам возможных поисковых объектов, выделяемых с помощью дешифрирования МКС разного уровня генерализации и разрешения. Ил. 1, табл. 1, библиогр. 9.

УДК 550.8.012(550.814:8.053)

Система комплексного геолого-геофизического анализа при создании космогеологических основ для минерагенических построений. Брюханов В. Н., Буш В. А., Щербакова И. Н. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

Авторами предлагается комплекс работ по дешифрированию космоснимков и анализу гравитационных, геомагнитных и сейсмических материалов при подготовке взаимно увязанных структурно-геологических и геофизических данных для человеко-машинных систем прогнозирования. Технологическая схема основана на параллельном анализе дистанционных и геофизических материалов, совместном синтезе результатов, повторном дешифрировании и переинтерпретации геофизических сведений. Показано, что космогеологическая карта служит надежной основой для минерагенических построений. Табл. 1, библиогр. 9.

УДК 551.24:553.04:528.77

Анализ космогеоструктурной информации при прогнозе и поисках месторождений полезных ископаемых. Грицюк Я. М., Бескончин В. Е., Еселевич М. Г. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

Рассмотрены методические приемы геометрической дифференциации контурной нагрузки космогеоструктурных карт и трансформации ее в поля плотностей космогеоструктурных признаков. Охарактеризован способ прогнозирования рудолокализирующих позиций по степени подобия космогеоструктурных признаков эталонным объектам. Ил. 4, библиогр. 7.

УДК 629.195+550.814+553.98+629.7

Космогеохимическая выраженность глубинных метасоматических процессов. Попсуй-Шапко Г. П., Позвонова Е. Н. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

В статье характеризуются космогеохимические признаки нефтегазовых залежей и рудных месторождений. На основе участия в нефтегазогенерации процессов низкотемпературного фильтрационного метасоматоза и определенной взаимосвязи залежей с зонами разломов делается вывод о возможности поиска нефтегазовых залежей в результате дешифрирования космофотоснимков. При этом анализируются характер фотона и поле линейментов концентров кольцевых структур, отраженных в современном рельефе, ландшафтах и геохимических полях. Ил. 2, библиогр. 2.

УДК 528.77:550.814

Возможности использования дистанционных методов при оценке перспективности территории на примере восточной части Западного Узбекистана. Таубенбах А. П., Рафиев Н. И., Славягина И. И., Трофимов А. А. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

На примере восточной части Западного Узбекистана показана возможность использования дистанционных (космических) съемок для выделения перспективных площадей и повышения эффективности аэрогамма-спектрометрических работ. В результате дешифрирования космофотоснимков выделены новые линейменты, разломы, кольцевые структуры и перспективные тектонические блоки, из которых блоки концентрического очагового типа наиболее рудоносные. Библиогр. 10.

УДК 629.78:553.319

Закономерности пространственного размещения полезных ископаемых в морфоструктурах, установленных по космоснимкам и геофизическим данным для Западной, Средней Сибири и восточной части Казахстана. Сеикевич В. Г., Болдырев М. В. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

В статье сопоставлены распределения полезных ископаемых с альтернативными двумерными моделями, полученные при независимых исследованиях дешифрированием космоснимков и качественной интерпретации геофизических данных. Выделены структурные критерии контроля месторождений твердых полезных ископаемых и углеводородов, намечены площади их проявления. Ил. 2, библиогр. 8.

Опыт построения геодинамической модели по аэрокосмическим, геоморфологическим и геолого-геофизическим данным при поисках нефти и газа. Аристархова Л. Б., Попсуй-Шапко Г. П. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

Дешифрирование космодатоснимков (КФС) зоны Соль-Илецкого выступа фундамента способствовало выявлению серии разномасштабных линейментов и кольцевых структур. Обнаружена пространственная и генетическая связь разномасштабных и разновозрастных структурных элементов с внешними концентрическими крупными кольцевыми структурами. Ил. 2, библиогр. 7.

УДК 528.77:553.98:681.3(571.14)

Геологические критерии локального прогноза нефти в Межевском нефтегазоносном районе, выявленные по результатам дешифрирования аэрофото- и космоснимков. Беляева В. А., Запивалов Н. П., Никанорова В. Н., Хоменюк Ю. В. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

Выявленные по дешифрированию аэрофото- и космоснимков критерии локального прогноза нефти в породах палеозоя обработаны по интерпретирующей программе «Поиск» на ЭВМ БЭСМ-6. В результате обработки получены наиболее информативные геологические параметры: разломы субмеридионального направления поднятия в рельефе доюрских пород, узел их пересечения и др. Табл. 3, библиогр. 3.

УДК 551.242+553.9+629.7

Дистанционные структурно-геоморфологические исследования при палеогеоморфологических реконструкциях в Западной Сибири. Зятькова Л. К. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

Приводятся результаты дешифрирования ТВ космоснимков, позволяющие проводить реконструкции палеоделфт, палеорусел как объектов поиска неантиклинальных залежей нефти и газа. Ил. 3, библиогр. 22, фототабл. 5.

УДК 550.814:553.98

Возможные направления использования аэрокосмической информации при нефтегазопромысловых работах в Центральной тектонической области Западно-Сибирской плиты. Гуцун и Б. М. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

Рассмотрены возможные направления интерпретации аэрокосмических снимков при обзорных, региональных и детальных нефтегазопромысловых работах для выявления структурных элементов Центральной тектонической области Западно-Сибирской плиты. Анализируется возможность использования линейных и площадных индикаторов, представленных аномальными участками эрозионной сети и структурно обусловленных взаиморасположениями микроландшафтов лесов и болот, опущенных и приподнятых участков. Обосновывается необходимость построения детальных ландшафтно-индикационных карт. Библиогр. 8.

УДК 550.814:551.24:553.98

Уточнение структуры Тимано-Печорской плиты по аэрокосмическим данным для выявления месторождений углеводородов. Данилевская Д. М., Ходоровский А. Я. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

Районирование Тимано-Печорской провинции по плотности фототона и рисунку фотозображения позволило выделить три крупных блока, различающихся по характеру структур и нефтегазоносности. Строение каждого блока, вероятно, отражает особенности строения кристаллического фундамента. Ил. 1, библиогр. 9.

УДК 528.88:551.24:553.98(571.51)

Космофотогеологическое картирование в помощь нефтегазопромысловым работам на Сибирской платформе (на примере Космофотогеологической карты Байкитской антеклизы). Мальцев Ю. М., Мкртычян А. К. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

Космофотогеологическое картирование (КФГК) как один из видов региональных геологических исследований позволяет получать новую информацию о структуре региона. В результате КФГК Байкитской антеклизы проведено районирование территории по фотозображению, откартированы блоковые и сквозные разломы, выделены кольцевые структуры трех генетических типов. Ил. 1, библиогр. 12.

УДК 629.195+553.98

Неотектоника и некоторые элементы сейсморайонирования Кызылкумского региона в свете данных космоснимков. Юдин В. С. Дистанционные исследования при поисках полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука, 1986.

На основании анализа отдешифрированной по космоснимкам палеогеодросети получена информация о неотектонических движениях, разломах земной коры Кызылкумского региона Средней Азии. Использование этой информации при изучении сейсмичности региона позволило выявить ряд признаков, характерных для сейсмогенных зон. Ил. 2, библиогр. 7.

2 р. 70 к.

4704



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ