



**КОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ
КОМПЛЕКСОВ
Сибири
и Дальнего
Востока**

Предисловие	3
<i>Яншин А. Л., Зяцькова Л. К.</i> Основные направления аэрокосмических исследований природных комплексов Сибири и Дальнего Востока	5
I <i>Зяцькова Л. К.</i> Структурная геоморфология и ее основные проблемы в связи с использованием аэрокосмической фотoinформации (на примере Западной Сибири)	14
<i>Воробьев В. В., Пластинин Л. А., Белов А. В., Богоявленский Б. А., Космакова О. П., Михеев В. С.</i> Географические исследования в Сибири и проблемы использования аэрокосмических материалов	29
<i>Яншин А. Л., Зяцькова Л. К., Юдин В. С., Белоносов И. И., Березовская Р. В., Мистрюков А. А.</i> Изометрические (кольцевые) и спрямленные элементы природных образований на космических фотоснимках Сибири	35
<i>Беляева В. А.</i> Значение качества и масштаба аэро- и космоснимков при геологическом дешифрировании на юге Западной Сибири	43
<i>Сичельников Д. А.</i> Использование аэрокосмических съемок для изучения озер южных равнин Западной Сибири	47
<i>Горбунов В. И.</i> Использование материалов космических съемок для составления эрозийных карт	50
<i>Волков И. А.</i> Некоторые результаты изучения четвертичных отложений и рельефа центральной части Западно-Сибирской равнины на основе дистанционных методов	53
<i>Миляева Л. С.</i> Геоморфологические процессы по материалам дистанционной съемки (на примере Тувинских котловин)	58
<i>Исаева Л. Л., Крауш М. А.</i> Изображение морфоструктуры Средней Сибири на мелкомасштабных космических снимках	65
<i>Витязь В. И., Бозацкий В. В.</i> О роли аэрокосмической информации при прогнозе и поиске (на примере зон нефте- и газонакопления Средней Сибири)	74
<i>Ероменко В. Я., Амантов В. А., Богуславский И. С.</i> Результаты дешифрирования телевизионных и инфракрасных космических снимков территории, прилегающей к трассе БАМ	81
<i>Фомин Д. П., Грабчин О. В.</i> Опыт корреляции аэрокосмической информации с новейшими геолого-геофизическими данными при тектонических исследованиях на БАМ	84
<i>Третьяков Г. А., Михайлов Ю. Я., Калугин И. А.</i> Применение космической фотoinформации для изучения структурного контроля железуруднения в Чаро-Токтинском районе Якутии	92
<i>Ларионов В. А., Юдин В. С., Дядьков П. Г., Белоносов И. И., Мистрюков А. А.</i> Использование высокоточных геомагнитных измерений при дешифрировании космоснимков	101
<i>Юдин В. С.</i> Результаты комплексной обработки и интерпретации космоснимков на примере отдельных районов Средней Азии	104
<i>Надыршин Р. И., Ташходжаев Д. А., Шимолин А. В., Шарипов Т. Т.</i> Геологическое дешифрирование космofотоснимков на территорию Среднего Тянь-Шаня	108
<i>Бострякова Н. В.</i> Вопросы использования космической информации при гидрологических исследованиях в горных районах	116
II <i>Исаев А. С., Плешиков Ф. И.</i> Итоги и перспективы развития исследований природных ресурсов с помощью аэрокосмических средств	120
<i>Терсков И. А., Сидько А. Ф., Соколов В. И., Филимонов В. С.</i> Некоторые результаты исследований спектральной яркости посевов сельскохозяйственных культур в лесных сообществах	126
<i>Сидько Ф. Я., Анонасенко А. Д., Франк Н. А., Силкин В. А., Шур Л. А., Сидько А. Ф.</i> Гидрооптические исследования фитопланктона залива Петра Великого (Японское море)	132
<i>Белов С. Н., Вартапетов Л. Г., Николаев В. В., Равкин Ю. С., Цыбулин С. М., Шадрин В. И., Юдин В. С.</i> Охотничье-промысловые ресурсы и особенности животного населения (на примере Среднего Приобья)	135
<i>Фуряев В. В.</i> Опыт ландшафтно-экологической оценки влияния пожаров на формировании лесов с использованием материалов аэрокосмической съемки	140
<i>Овчинников С. М.</i> Изучение закономерностей пространственного распределения почв с использованием аэрокосмических снимков Среднего Приобья	149
<i>Седых В. Н., Васильев С. В., Мозалевский В. Г.</i> Использование взаимосвязей растительности и рельефа при дешифрировании космических снимков	155
<i>Белов А. В., Пластинин Л. А.</i> Аэрокосмическая информация в сопряженном тематическом картографировании Северного Прибайкалья	160
<i>Пластинин Л. А., Абалаков А. Д., Туужикова Т. Н.</i> Картографирование экзогенных геологических процессов с использованием аэрокосмических материалов	164

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

КОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ
КОМПЛЕКСОВ
Сибири и Дальнего Востока

Ответственные редакторы
акад. А. Л. ЯНШИН, канд. геол.-мин. наук Л. К. ЗЯТЬКОВА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск · 1983

Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Сборник содержит доклады, прослушанные на Второй научной сессии Координационного совета по аэрокосмическим исследованиям природных ресурсов Сибири. В них рассматриваются конкретные результаты применения аэрокосмической фотографии для изучения природных особенностей различных районов Сибири и Дальнего Востока. В первом разделе приведены новые материалы, полученные при геолого-географических исследованиях, во втором — при изучении биологических ресурсов.

Книга рассчитана на исследователей, использующих в научной и производственной деятельности аэрокосмическую фотографию.

**КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ
СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Ответственные редакторы

*Александр Леонидович Янишин,
Луиза Константиновна Зятыкова*

Утверждено к печати

Институтом геологии и геофизики СО АН СССР

Редактор издательства *Е. С. Иванова*

Художественный редактор *М. Ф. Глазырина*

Художник *Н. А. Пискунь*

Технические редакторы *Н. М. Остроумова, Л. П. Минеева*

Корректоры *И. А. Литвинова, Н. Н. Крохотина*

ИБ № 23091

Слано в набор 12.04.82. Подписано к печати 16.02.83. МН-03065. Формат 70×108¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 15,4. Усл. кр.-отт. 15,9. Уч.-изд. л. 18,0. Тираж 1000 экз. Заказ 138. Цена 2 р. 70 к.

Издательство «Наука», Сибирское отделение. 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука». 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.

Разнообразные климатические и геологические условия Сибири ставят определенные требования перед исследователями при хозяйственном освоении ее территории, при разработке мероприятий по охране природной среды и рациональному использованию ее природных ресурсов.

Настоящий сборник представляет собой первое сводное обобщение результатов применения аэрокосмической фотоинформации при изучении природных ресурсов Сибири, доложенных на второй научной сессии Совета по аэрокосмическим исследованиям, которая проходила в Новосибирске в 1979 г. Материалы сессии публикуются в двух сборниках: «Космические методы изучения природной среды Сибири и Дальнего Востока» и «Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока».

Работы, проводившиеся подразделениями Научно-координационного совета по аэрокосмическим исследованиям природных ресурсов Сибири, органически вписываются в комплексную программу «Сибирь», реализуемую Сибирским отделением АН СССР. К ним относится использование дистанционных методов при поисках полезных ископаемых с применением различных видов аэрокосмической информации; при разработке тематического разномасштабного геологического, геоботанического, почвенного космокартирования различных районов Сибири; при создании проектов комплексного освоения и выполнении конкретных региональных программ в зоне БАМ и в районах перераспределения стока рек Сибири.

В двух разделах сборника изложены конкретные результаты применения аэрокосмической фотоинформации при геолого-географических исследованиях и изучении биологических ресурсов.

В первом разделе рассматриваются: проблемы использования материалов аэрокосмических съемок для изучения отражения различных типов структур и для оценки эрозионных процессов древних речных долин и реликтовых озерных котловин; опыт корреляции аэрокосмической информации с новейшими геолого-геофизическими данными при тектонических исследованиях в Западной и Средней Сибири, на БАМе, в Якутии, горных районах Средней Азии; вопросы использования космической информации при гидрологических исследованиях в горных районах Сибири; использование материалов космических съемок для составления эрозионных карт; результаты изучения четвертичных отложений и рельефа центральной части Западно-Сибирской равнины на основе дистанционных методов; проблемы изучения морфоструктурных особенностей Средней Сибири и роль аэрокосмической информации при прогнозе и поиске зон

нефте- и газонакопления на этой территории; опыт корреляции аэрокосмической информации с новейшими геолого-геофизическими данными при тектонических исследованиях, а также результаты дешифрирования телевизионных и инфракрасных космических снимков территорий, прилегающих к трассе БАМ; применение космической фотоинформации для изучения структурного контроля железуруднения в Чаро-Токкинском районе Якутии; использование высокоточных геомагнитных измерений при дешифрировании космоснимков.

Во втором разделе рассматривается применение дистанционных исследований при изучении лесных ресурсов; при ландшафтно-экологической оценке влияния пожара на формирование лесов; при исследовании спектральной яркости растительных покровов; при возможности использования дистанционных методов для сельского хозяйства; при изучении закономерностей пространственного распределения почв разного состава растительности и взаимосвязи этих распространений с рельефом.

Таким образом, в предлагаемом сборнике, рассчитанном на широкий круг исследователей, изложены не только оригинальные, впервые полученные результаты применения аэрокосмической фотоинформации при различных исследованиях природных комплексов Сибири, но и подчеркивается большое практическое значение этой информации в решении конкретных задач освоения природных ресурсов.

Академик А. Л. ЯНШИН

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Разнообразие ландшафтов, богатство природных ресурсов обуславливают уникальность Сибири. Аэрокосмическая информация применяется, с учетом климатической зональности, для изучения различных компонентов ландшафтов, подчеркивающих особенности геологических структур при поисках полезных ископаемых; для решения вопросов охраны окружающей среды в районах первоочередного освоения Сибири. Использование аэрокосмической информации направлено в основном на дальнейшие фундаментальные и прикладные исследования, которые отражены в программе «Сибирь» [Марчук, 1978] и проводятся по трем основным направлениям [Зятькова, Яншин, 1980].

Первое направление объединяет исследования биологических ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Ими занимаются Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, Институт физики им. Л. В. Киренского СО АН СССР (г. Красноярск), Институт географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР, Лимнологический институт СО АН СССР (г. Иркутск), Биологический институт СО АН СССР, Институт почвоведения и агрохимии СО АН СССР, Центральный сибирский ботанический сад СО АН СССР (г. Новосибирск). Это направление изучает и разрабатывает следующие проблемы: дистанционные методы контроля за состоянием окружающей среды, содержание хлорофилла в биосфере, антропогенное воздействие на природные ресурсы в районах строительства крупных производственно-территориальных комплексов, методы дистанционной оценки пожарной опасности лесов; экологические последствия лесных пожаров; методику прогнозирования вероятности возникновения и распространения лесных пожаров [Валендик, 1978; Фурьев, 1978; Конев, Сухинин, 1978; Валендик, Исаков, 1978]. Кроме того, изучение дистанционными методами биологической продуктивности природных территориальных комплексов дает возможность определять продуктивность древостоя, оценивать гидроклиматические функции леса на основе биофизического подхода; устанавливать перспективность использования дистанционных методов для оценки охотничьих угодий; для изучения морфолого-генетических признаков и структуры речных водосборов, динамики снежного покрова, затопления поймы и русловой сети. На основе разномасштабных аэрофотоснимков разработана методика составления специализированных карт для изучения связи таежных ландшафтов с геологическими структурами [Киреев, 1978].

По материалам космических телевизионных и аэрофотосъемок с использованием тематических карт определена структура ландшафтов Западной Сибири и Приангарья; составляются серии карт природных территориальных комплексов различного ранга, являющихся ландшафтной основой для тематического картографирования таежных территорий.

Разработаны основные принципы системы ландшафтно-статистических методов инвентаризации лесов, которые позволяют получать более точную и в большем объеме информацию о лесных биоценозах для решения задач использования, охраны и воспроизводства лесных ресурсов. Опре-

делены информационные возможности разномасштабной аэрофотосъемки различных сезонов для картографирования болот, установлены качественные дешифровочные признаки лесоболотных экосистем. Разработана типологическая классификация болотных биогеоценозов, на основе которой по материалам аэрофотосъемки составлена серия опытных вариантов лесоболотоведческих карт.

Один из важных аспектов природоведческого направления — изучение динамических процессов, протекающих в природно-территориальных комплексах и связанных с естественной цикличностью природных явлений. По изменению спектральных параметров древесного полога на снимках выявляются очаги вредителей, определяются информационные признаки, характеризующие стадию развития патологических изменений в лесных насаждениях [Ряполов, 1978].

Большое значение аэрокосмические исследования имеют при слежении за динамикой биосферы нашей планеты. Для этого необходимо создание экспрессных методов определения динамики биологических процессов на поверхности суши и в водах с помощью аппаратуры, размещенной на подвижных носителях — судах, самолетах, спутниках, с помощью которой изучают изменение содержания хлорофилла [Терсков и др., 1976]. Применительно к водоемам по спектрам отражения концентрации хлорофилла, загрязнения нефтепродуктами и т. п. на космоснимках оцениваются состояние поверхности и свойства верхних слоев воды [Гранин, Шерстянкин, 1977].

В изучении биологических ресурсов океана экспериментальная космическая океанография делает только первые шаги, но можно с уверенностью сказать, что методы и средства дистанционного зондирования с борта космических аппаратов дают океанологам мощный инструмент, способный поднять изучение Мирового океана на значительно более высокий уровень, широко использовать эти достижения в интересах народного хозяйства страны.

Таким образом, использование космических снимков имеет, а в дальнейшем, с накоплением информации, будет иметь еще большее значение для решения проблем рационального природопользования и охраны окружающей среды, особенно при рациональном использовании пойм, при организации специальных испытательных мелиоративных полигонов для обработки прогрессивных способов многоцелевого улучшения пойменных ландшафтов и эффективного ведения хозяйства [Скорняков, Тимашев, 1979].

Второе направление охватывает геолого-географические исследования [Сидоренко, Хаин, 1974; Башилова и др., 1974; Пейве, Трифионов, 1979; Брюханов, Еремин, Можаяев, 1977; Кац и др., 1979]. В Научно-координационном совете в этом направлении работают Институт геологии и геофизики СО АН СССР (г. Новосибирск), Институт земной коры СО АН СССР, Институт географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР (г. Иркутск), Геологический институт Якутского филиала СО АН СССР, Институт мерзлотоведения СО АН СССР (г. Якутск), Геологический институт Бурятского филиала СО АН СССР, геологические территориальные управления и научно-исследовательские институты Министерства геологии СССР и другие ведомственные учреждения Сибири и Дальнего Востока. Коллективы этих организаций разрабатывают принципы и методы использования аэрокосмических средств для поисков перспективных нефтегазоносных структур, для выявления роли разломов в размещении рудных месторождений и характера новейших тектонических движений и сейсмической активности в Сибири и на Дальнем Востоке.

В настоящее время встала очередная задача — используя аэрокосмическую информацию, установить закономерности расположения геологических структур и признаки, которые помогают целенаправленно вести

поиск месторождений, расположенных на больших глубинах и вскрытых на поверхности. Опыт дешифрирования космотелеснимков платформенных структур в Западной Сибири показал реальную возможность выявлять по фотоаномалиям перспективные в нефтегазоносном отношении площади, определять направление первоочередных поисковых работ [Башилов и др., 1973].

В Приенисейской Сибири путем дешифрирования телевизионных космических снимков [Астахов, Ероменко, 1974, 1976] найдены новые структурные формы, представляющие большой интерес для поисков ловушек нефти и газа. Расположение некоторых нефтегазоносных месторождений в Колтогорско-Уренгойской зоне глубинных разломов в Западной Сибири дает возможность по-новому планировать дальнейшие поисковые работы на нефть и газ, заставляет уделять особое внимание системам разломов. Так, для Западной Сибири делалась попытка выяснить закономерности пространственного размещения нефтегазоносных объектов относительно дизъюнктивных систем. За основу бралась карта дизъюнктивов Западно-Сибирской плиты и смежных с ней территорий, составленная научно-производственным объединением «Аэрогеология» по телевизионным снимкам. Выяснилось пространственное совпадение и сходство ориентировки узлов плотности дизъюнктивов и зон нефтегазоносности [Витязь, Богацкий, 1977; Зятькова, 1979а]. Используя преимущественную приуроченность зон газо- и нефтенакпления к различным уровням плотности дизъюнктивов, можно карту, составленную на основе аэрокосмических дистанционных исследований, использовать для подтверждения и уточнения известных карт прогноза нефтегазоносности.

Кроме того, с целью наиболее эффективного использования снимков с различных искусственных спутников Земли, снятых в разное время года, разработаны структурно-геоморфологические методы их дешифрирования для молодых платформ на примере известных нефтегазоносных структур Западной Сибири. Эталонные признаки новейших тектонических движений выявлялись на площадях структур Верхне-Салымского, Сургутского, Березовского, Уренгойского нефтегазоносных месторождений [Зятькова, 1977, 1979а, б].

Для накопления банка «эталонной» информации, необходимой для дальнейшей обработки аэрокосмических фотоматериалов на ЭВМ, предложено вести картотеку учета постоянно «текущей» аэрокосмической фотоинформации для всех нефтегазоносных площадей Западной Сибири. На карточках для каждой структуры кроме ее параметров, возраста вмещающих пород продуктивной толщи, тектонической обстановки выносятся основные структурно-геоморфологические признаки, выявленные на основании дешифрирования космических снимков. Эти признаки необходимо знать и при изучении характера новейших тектонических движений. Особое внимание следует уделять строению речных долин, водораздельных пространств.

Таким образом, тщательный анализ всех видов съемок, дающих аэрокосмическую информацию, с учетом специфических особенностей сезонных съемок исключает возможность ошибок, обусловленных различными метеорологическими помехами. Анализ фотокосмических материалов любого масштаба практически необходим для оценки отражения структур фундамента, платформенного чехла в современном рельефе, характера новейших тектонических движений, роли разломов в формировании современного структурного плана при поисках полезных ископаемых как в равнинных, так и в горных областях Сибири.

Аппаратурная обработка космических снимков при комплексных структурно-геоморфологических исследованиях известных нефтегазоносных структур даст возможность целенаправленно ставить работы при поисках нефти и газа в малоизученных районах Западной Сибири.

Один из важных вопросов применения аэрокосмической информации для геологии — роль разломов в размещении рудопоявлений, что имеет большое значение для изучения металлогении Сибири и Дальнего Востока. Этот вопрос заслуживает особого внимания при геологическом дешифрировании космических снимков, при выделении глубинных разломов — рудопроводящих и рудоконтролирующих объектов [Ибрагимов и др., 1979; Грицюк, 1978; Кузнецов и др., 1978]. Так, анализ положения рудных объектов по отношению к элементам сводово-блоковых структур Алтае-Саянской горной области, выявленных в результате дешифрирования космических снимков, показал, что следует уделить внимание редкометальному рудному району Юго-Восточного Алтая. Достаточно четкие закономерности размещения эндогенного оруденения определяются по отдешифрированным морфотектоническим элементам. Отчетливо устанавливается локализация полиметаллических золоторудных и редкометальных районов вдоль зон поперечных северо-восточных и широтных разломов. При этом отмечается «узловое» распространение оруденения на участках пересечения продольных и поперечных глубинных разломов. Рудно-рудные зоны в пределах Алтае-Саянской горной области контролируются продольными разломами. Наиболее важные рудные узлы локализованы на участках резкого изгиба зон таких разломов.

Таким образом, материалы съемок из космоса позволяют составлять объективные структурно-тектонические модели земной поверхности, а сводные космофотогеологические, космофототектонические карты содержат объективные критерии для прогнозирования оруденения.

Проведенные исследования подтверждают, что морфотектонический анализ на основе дешифрирования космических снимков и морфометрической обработки современного рельефа позволяет устанавливать различные структурные формы, созданных в процессе тектоно-магматической активизации и определяющих закономерности размещения многих эндогенных полезных ископаемых.

Не менее важное значение при дешифрировании космоснимков Сибири имеет выявление кольцевых структур. Так, на Алданском щите эти структуры увязываются с элементами докембрийской тектоники [Ян-Жин-Шин и др., 1978; Яншин, Хворостова, Забелин, 1980]. Предполагают, что кольцевые структуры отражают дуговые и кольцевые разломы, зародившиеся на самых ранних стадиях развития земной коры, а также оказывают существенное влияние на геологическое развитие и металлогению этих щитов. Рудоконтролирующее значение кольцевых структур Алданского щита подчеркивается железорудными, апатитовыми месторождениями [Глуховский, 1976]. В одном из районов кимберлитового магматизма отдельные линеаменты, точечные аномалии фотоизображений соответствуют иногда известным кимберлитовым трубкам. Кроме того, многие южноверхоаянские золоторудные и россыпные узлы большей частью приурочены к кольцевым структурам.

Таким образом, опыт использования космической информации в Красноярском, Западно-Сибирском, Якутском территориальных геологических управлениях доказывает, что даже первая, пока только качественная, интерпретация результатов дешифрирования различных космических фотоматериалов дает огромный объем новой информации о геологическом строении Сибири и Дальнего Востока.

Большое значение аэрокосмическая фотоинформация имеет при изучении новейших и современных тектонических движений [Михайлов, 1979; Ананьин, Трифонов, 1976]. Исследования в Алтае-Саянской горной области, на Камчатке позволили выявить наибольшую активизацию современных тектонических движений в районах стыков разнонаправленных глубинных разломов. Эти движения как бы способствуют «выширанию» тектонических блоков-клиньев, создавая мозаичное строение горстоблоковых поднятий.

В дальнейшем дешифрирование аэрокосмической информации необходимо при комплексных структурно-геоморфологических исследованиях для выяснения динамики современных тектонических движений, для оценки роли разломов в формировании современного структурного плана как равнинных, так и горных областей Сибири.

Проведенное дешифрирование телевизионных космических снимков позволило выявить наибольшую активизацию современных тектонических движений на стыках разнонаправленных глубинных разломов, а именно в районах пересечения субширотных Окинского, Тункинского, Каахемского глубинных разломов глубинными разломами Хубсугульского субмеридионального простирания. Эти движения как бы способствуют «выклиниванию», «выпиранию» тектонических блоковых поднятий Алтае-Саянской горной области, образованию серии активных морфоструктурных «узлов», к которым приурочены эпицентры землетрясений. Морфоструктурные «узлы» на аэроснимках представляют перекрещивание линейно-вытянутых спрямленных элементов рельефа, речных долин, которые большей частью подчеркивают основное направление разломов. Особое внимание следует уделять морфоструктурным «узлам», унаследовавшим свою активность от древних геологических структур.

Близость сейсмически активной Байкальской внутриконтинентальной рифтовой зоны оказывает большое влияние на современные тектонические движения в Алтае-Саянской горной области; на активизацию зон глубинных разломов, сопровождающуюся излиянием четвертичных базальтов; на землетрясения; на перестройку древних структурных планов, что свидетельствует о продолжении горообразовательных процессов, изучение которых требует своеобразных методических подходов. Особый интерес в районе сопряжения Алтае-Саянской горной области и оз. Байкал представляют поперечные структуры, осложненные по краям глубинными разломами разных направлений, поскольку в этих местах нередко развиваются значительные дифференцированные тектонические движения, которые могут быть предвестниками землетрясений.

Использование космической фотоинформации помогает подходить с новых позиций к сейсмическому районированию и на территории Южной Якутии, помогает уточнять основные особенности тектонического строения и местоположения разломов в Якутской алмазонасной провинции.

Кроме того, второе направление исследований связано с тематическим картографированием и анализом географических явлений современного рельефообразования в районе строительства БАМ, с определением на геодинамических площадках и полигонах интенсивности многолетних, годовых и сезонных циклов рельефообразования. На примере Северного Прибайкалья разработаны методы тематического картирования и составления ресурсных, инвентаризационных и других карт. На основании дешифрирования аэрокосмических фотоматериалов проведена типизация структур для нефтегазоносных областей в Западной Сибири, разломов по тектонической активизации для юга Сибири с целью прогнозного металлогенического анализа; совместно с ВЦ СО АН СССР изучается отражение различных типов геологических структур.

Третье направление в использовании аэрокосмической фотоинформации связано с разработкой принципов и методов аппаратурной автоматизированной ее обработки, созданием систем сбора — банка информации, разработкой техники дистанционных регистрирующих систем [Алексеев, 1980; Алексеев и др., 1980; Аэрокосмические исследования..., 1978].

От Научно-координационного совета по аэрокосмическим исследованиям в разработке этого направления принимают участие Вычислительный центр СО АН СССР, Институт автоматики и электрометрии СО АН СССР (г. Новосибирск); Вычислительный центр КФ СО АН СССР, Институт физики им. Л. В. Киренского СО АН СССР (г. Красноярск), Институт оптики атмосферы СО АН СССР (г. Томск).

Для создания и развития центров коллективного пользования высокопроизводительными средствами вычислительной техники и автоматизированных систем обработки информации, для повышения эффективности их использования в интересах научно-исследовательских подразделений Сибирским отделением АН СССР созданы и создаются Вычислительный центр коллективного пользования (ВЦКП) СО АН СССР, Центр автоматической обработки аэрокосмической информации, Центр обработки геоинформации с целью изучения природных явлений и ресурсов при геолого-геофизических и других исследованиях.

Научный совет по аэрокосмическим исследованиям координирует работу пользователей в центрах обработки. Это позволяет среди специалистов разного профиля исследований проводить активный обмен опытом обработки поступающей информации.

Такой живой обмен мнениями должен влиять на дальнейшее развитие и применение как автоматической обработки, так и вычислительной техники при аэрокосмических исследованиях. Централизованная обработка на ЭВМ позволяет на эталонных известных участках различных типов структур отрабатывать комплексную методику дешифрирования аэрокосмической информации для изучения новейших тектонических движений, особенностей сопряжения различных типов структур, для выявления разломов и их роли в размещении полезных ископаемых.

Широкое внедрение ЭВМ при обработке аэрокосмической фотoinформации со временем ликвидирует тот большой разрыв между средствами получения дистанционной информации и средствами ее обработки, который существует в настоящее время. С этой целью и организуются центры автоматической обработки информации, где сосредоточивается специальная техника для ее обработки. С помощью ЭВМ осуществляется процесс трансформирования изображения, приведения их в необходимые масштабы, к определенной картографической проекции, с нанесением координатной сетки и выполняется целый ряд различных модификаций.

Применение многозональной съемки послужило толчком к использованию оптических плотностей, отражающих характеристики природных объектов, для тематического картирования с ЭВМ, что позволяет составлять карты автоматического распознавания. Кроме того, с помощью ЭВМ проводится ландшафтное районирование на основе классификации природных объектов. Для этого на типовых участках анализируются горные породы, растительность, рельеф и т. д., что позволяет выделить числовую дифференциацию различных классов.

Таким образом, третье направление исследований связано в дальнейшем с широким внедрением ЭВМ и аппаратурной автоматической обработки аэрокосмической информации в различных исследованиях природных явлений и ресурсов.

Основные задачи дальнейших аэрокосмических исследований в Сибири и на Дальнем Востоке

Принятие долгосрочной программы, направленной на освоение природных ресурсов Сибири, перед Научно-координационным советом по аэрокосмическим исследованиям ставит важные задачи объединения и координации всех аэрокосмических исследований, проводимых по трем указанным направлениям [Яншин, Зятькова, 1980].

Первая задача связана с расширением комплексных аэрокосмических исследований, с применением электронно-вычислительной техники и автоматической обработки при использовании космической фотoinформации. Это обусловлено тем, что космическая фотoinформация дала возможность устанавливать глобальные и региональные закономерности природ-

ных явлений, обнаруживать процессы, недоступные для наблюдения другими методами, а также оперативно получать материалы от детальных до глобальных съемок с определенной периодичностью в различное время года на большие территории. Все это представляет богатейший материал для региональных обобщений, требующих широкого применения ЭВМ и автоматической обработки. В связи с этим расширяется и круг геологических задач при поисках полезных ископаемых, при изучении районов молодого вулканизма, при сейсмическом районировании, при гидрологических, почвенных, геоботанических исследованиях, при изучении лесных ресурсов и борьбе с их вредителями. Широкое применение вычислительной техники и автоматической обработки поможет решать поставленные задачи перед исследователями Сибири и Дальнего Востока.

Вторая задача — составление обобщающих космофотокарт, на основе которых будут построены уточненные космогеологические, космоTECTONические, структурно-геоморфологические и целый ряд тематических специальных карт. Космофотокарты Сибири и Дальнего Востока помогут выяснить и уточнить типы сочленения различных структур молодых, древних платформ, эпиплатформенных и орогенных областей; особенности зон сопряжения, переходных приплатформенных, преторогенных структур; роль глубинных разломов в размещении полезных ископаемых. Космофотокарты станут основой при создании металлогенических и прогнозных карт и «дежурных» специализированных охранно-природоведческих карт, направленных на рациональное использование природных ресурсов. Космофотокарты Сибири и Дальнего Востока дают богатейший материал к изучению природных связей климатической зональности и структурных особенностей, создавших структурно-геоморфологическое своеобразие этого края.

Третья задача связана с районированием Сибири и Дальнего Востока по условиям интерпретации аэрокосмической фотоинформации.

Уже пройден период «распознавания», «угадывания» на космических снимках тех отдельных геологических объектов, которые в свое время исследователи наблюдали, картировали, детально изучали на местности маршрутными съемками. Теперь, когда получен обширный региональный материал для составления космофотогеологических, космоTECTONических карт, наступил период изучения природных связей. Районирование должно отражать и выявлять причинные связи природных особенностей современного рельефа с глубинными структурами, разрывными нарушениями земной коры, приуроченность тех или иных полезных ископаемых к глубинным разломам и т. д.

Кроме того, на основе космофотокарт сезонных и различных диапазонов необходимо провести районирование степени освоения и рационального использования природных ресурсов с учетом перспективного развития и влияния антропогенного воздействия на окружающую нас природную среду.

Четвертая задача — создание комплексных аэрокосмических полигонов в Сибири и на Дальнем Востоке с наземными подспутниковыми наблюдениями, на которых должны разрабатываться методы решения различных природоведческих задач. Таким образом, решение поставленных задач, активное подключение для их выполнения всех научных подразделений Сибирского научно-координационного совета по аэрокосмическим исследованиям, систематическое проведение научных сессий с широким обменом опытом и отчетами о проделанной работе, с привлечением исследователей академических, ведомственных институтов и организаций явится залогом успешного выполнения программы «Сибирь», направленной на комплексное изучение и научное обоснование использования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев А. С.** Проблемы дистанционного метода исследований.— В кн.: Математические и технические проблемы обработки изображений. Новосибирск, 1980, с. 6—17.
- Алексеев А. С., Кульков А. В., Пяткин В. П.** Комплекс автоматизированной обработки аэрокосмических изображений.— В кн.: Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск, 1980, с. 7—29.
- Ананьин И. В., Трифонов В. Г.** Сопоставление сейсмичности с элементами дешифрирования космических изображений.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. 5. М.: Наука, 1976, с. 11—18.
- Астахов В. И., Ероменко В. Я.** Геологическая информативность телевизионных космических снимков закрытых районов (на примере Приенисейской Сибири).— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. 2. М.: ВИНТИ, 1974, с. 72—77.
- Астахов В. И., Ероменко В. Я.** Новейший структурный план и рельеф Западной Сибири по данным телевизионной космической съемки.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. 5. М.: Наука, 1976, с. 242—250.
- Аэрокосмические исследования Земли.** Обработка видеопформации на ЭВМ. М.: Наука, 1978. 238 с.
- 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. Геология и геоморфология. Т. 2. М.: ВИНТИ, 1974, с. 102—110.
- Брюханов В. Н., Глуховский М. З., Ставцев А. Л.** Кольцевые структуры Земли.— Природа, 1977, № 10, с. 54—65.
- Брюханов В. Н., Еремин В. К., Можаяев Б. Н.** Космические съемки в геологии.— Сов. геология, 1977, № 11, с. 86—94.
- Валендик Э. Н.** Дистанционные методы в охране лесов от пожаров.— В кн.: Тезисы докл. Всесоюз. совещания. Красноярск, 1978, с. 17.
- Валендик Э. Н., Исаков Р. В.** О применении дистанционных методов для обнаружения лесных пожаров.— Лесоведение, 1978, № 3, с. 20—25.
- 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, с. 172—176.
- Глуховский М. З.** О кольцевых структурах и линейных разломах Алданского щита и Становой области (по материалам дешифрирования телевизионных космических снимков).— Геотектоника, 1976, № 5, с. 36—48.
- Гранин Н. Г., Шерстянкин П. П.** Об измерении индекса цвета на Байкале.— В кн.: Круговорот вещества и энергии в водоемах. Гидрология и климат. Лиственничное на Байкале, 1977, с. 186—189.
- Грицюк Я. М.** Опыт региональных структурно-тектонических исследований на основе дешифрирования космических снимков и статистической обработки характеристик рельефа (на примере Алтае-Саянской складчатой области).— Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геол. картирование, 1978, № 12, с. 1—22.
- Зятькова Л. К.** Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области. Новосибирск: Наука, 1977. 214 с.
- Зятькова Л. К.** Структурная геоморфология Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1979а. 198 с.
- Зятькова 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, 1979б, с. 51—57.
- Зятькова Л. К., Яншин А. Л.** Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 5—9.
- Ибрагимов Ф. М. и др.** Результаты целенаправленного поиска по космическим снимкам рудоконтролирующих структур в Южном Казахстане.— Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геол. картирование, 1979, вып. 1, с. 11—26.
- Кац Я. Г., Рябухин А. Г., Трофимов Д. М.** Космическая геология.— Знание. Сер. «Наука о Земле», 1979, № 3. 45 с.
- Киреев Д. М.** Дистанционная информация связи таежных ландшафтов с геологическими структурами.— В кн.: Пути повышения эффективности научных исследований. Красноярск, 1978, с. 40—48.

- Конев Э. В., Сухинин А. И.** Дистанционное измерение характеристик лесного пожара.— Лесное хоз-во, 1978, № 4, с. 12—15.
- Кузнецов В. А., Васильев В. И., Оболенский А. А. и др.** Геология и генезис ртутных месторождений Алтае-Саянской области. Новосибирск: Наука, 1978. 294 с.
- Марчук Г. И.** Программа «Сибирь».— Наука и жизнь, 1978, № 6, с. 4—7.
- Михайлов В. И.** К вопросу о совместном применении картографического и аэрокосмического методов при изучении новейших и современных тектонических движений.— Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1979, № 3, с. 82—88.
- Пейве А. В., Трифонов В. Г.** Основные направления геологических исследований, осуществляемых с помощью средств космической техники.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. М.: Наука, 1979, с. 247—250.
- Ряполов В. Я.** Методика определения резерваций сибирского шелкопряда с применением аэрокосмической съемки.— В кн.: Технология и механизация производства в лесной, деревообрабатывающей промышленности и лесном хозяйстве. Красноярск, 1978, с. 15—18.
- Сидоренко А. В., Ханн В. Е.** Основные направления и задачи развития космических методов геологических исследований.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1974, № 12, с. 3—6.
- Скорняков В. А., Тимашев И. Е.** Возможное влияние Анти-Иртыша на природные условия и вопросы рационального природопользования.— Вест. МГУ. Серия 5, география, 1979, № 3, с. 36—41.
- Терсков И. А., Гительзон И. И., Шевыринов А. П. и др.** Регистрация хлорофилла в поверхностных водах с самолета.— Докл. АН СССР, 1976, т. 227, № 1, с. 224—227.
- Фуряев В. В.** Методы оценки последствий пожаров.— В кн.: Тезисы докл. Всесоюз. совещания. Красноярск, 1978, с. 15—16.
- Ян-Жин-Шин В. А. и др.** Опыт использования космической информации в Якутском территориальном геологическом управлении.— Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геол. картирование, 1978, вып. 12, с. 26—40.
- Яншин А. Л., Зяткова Л. К.** Развитие и использование аэрокосмических исследований природных явлений и ресурсов в Сибири и на Дальнем Востоке.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 1, с. 40—49.
- Яншин А. Л., Хворостова З. М., Забелин В. А.** Новые данные о геологическом строении Верхояно-Колымской складчатой области на основании анализа телевизионных космических снимков.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 1, с. 5—12.

Г л а в а

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Л. К. ЗЯТЬКОВА

СТРУКТУРНАЯ ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЕЕ ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ФОТОИНФОРМАЦИИ (на примере Западной Сибири)

Последние достижения наук о Земле, основанные на результатах глубокого бурения, сейсмического зондирования и высотных аэрокосмических съемок, позволили установить тесную связь рельефа с его глубинным строением, особенно на примере молодых платформ и эпиплатформенных орогенных областей, а именно Западной Сибири и ее южного Алтае-Саянского горного обрамления.

Накопившийся материал по всестороннему изучению процессов рельефообразования в геоморфологии настолько обширен и разнообразен, что происходит естественное обособление отдельных отраслей в этой сравнительно молодой науке. Поэтому за последнее время как в нашей стране, так и за рубежом в геоморфологии выделилось два направления — «структурно-геоморфологическое» и «климатическое».

Объект исследования **структурной геоморфологии** — геологические, тектонические структуры, отражение их в рельефе, влияние этих структур на формирование современных особенностей рельефа.

Структурная геоморфология имеет дело с отражением в рельефе Земли геологических структур любого масштаба и порядка [Флоренсов, 1978]. Это научное направление, вооруженное морфоструктурным анализом аэрокосмической фотоинформации, уходит своими корнями в структурную геологию, региональную геологию, тектонику, служит важным связующим звеном между геологией и общей геоморфологией.

Основными задачами структурной геоморфологии являются [Герасимов, 1959; Золотарев, 1976, 1979; Зятькова, 1977, 1979а, б; Философов, 1968; Флоренсов, 1978; Худяков, 1978]:

— установление генетической связи, существующей между формами рельефа, с одной стороны, и тектоническими структурами разных порядков, строением и мощностью земной коры, с другой;

— разработка структурно-геоморфологической классификации форм земной поверхности;

— разработка проблемы конформности рельефа и структур, создавших этот рельеф;

— выяснение условий и причин возникновения унаследованного рельефа, а также его противоположности — рельефа наложенного;

— изучение в различных климатических условиях влияния литоморфности подстилающей поверхности на формирование рельефа;

— разработка геоморфологических методов с использованием аэрокосмической информации, диагностики влияния тектонических структур на формирование рельефа, углубление прежних и создание для этой цели

новых методов и приемов количественной оценки новейшей деформации земной коры;

— разработка структурно-геоморфологических методов с применением аэрокосмической фотоинформации для поисков полезных ископаемых.

Климатическая геоморфология также имеет свой объект, свои задачи и методы исследований с использованием космической информации [Дедков, 1977].

Объект исследований климатической геоморфологии — экзогенный рельеф, представляющий собой часть географической оболочки, формирующейся как целостное образование под воздействием экзогенных процессов, обусловленных климатическими факторами.

Климатическая геоморфология изучает: а) динамику, механизм, взаимодействие экзогенных процессов с литологией подстилающей поверхности; б) возникновение, эволюцию, стадийное развитие форм и комплексов экзогенного рельефа.

Основные задачи климатической геоморфологии: познание природы формирования различных типов экзогенных форм рельефа; предвидение будущего развития экзогенных процессов в связи с антропогенным вмешательством в районах активного освоения.

Таким образом, структурная и климатическая геоморфологии как равноправные самостоятельные направления в геоморфологии, изучающие разные стороны одного и того же «объекта» (рельефа), со своими методами должны развиваться одновременно, не исключая друг друга. Основным методом исследований структурной геоморфологии является морфоструктурный анализ. Тектонические структуры играют главную роль в создании «основы» («каркаса») современного рельефа, который в зависимости от климатической зональности под влиянием экзогенных процессов испытывает внешние преобразования. Влияние этих процессов на тектонические структуры, «на основной каркас» рельефа создает «морфоскульптурный фон», который осложняет, «затушевывает» поверхность морфоструктур дополнительными элементами в виде эоловых, мерзлотно-солифлюкционных, ледниковых, эрозионно-аккумулятивных форм рельефа.

Поэтому происхождение тех или иных форм рельефа может быть правильно понято только при изучении развития тектонической структуры во взаимодействии с экзогенными процессами на протяжении длительного геологического времени. Исследование такой взаимосвязи привело к учению о геоморфологических формациях [Флоренсов, 1971, 1978]. Под геоморфологической формацией Н. А. Флоренсов предложил понимать «естественное и исторически обусловленное сочетание форм земной поверхности, связанных друг с другом единством места, времени и существующих при определенном тектоническом и климатическом режимах».

Опыт проведения структурно-геоморфологических исследований в Западной Сибири свидетельствует о том, что наиболее эффективными теоретически обоснованными являются методы морфоструктурного анализа с применением аэрокосмической фотоинформации.

Дистанционные методы в изучении структурных особенностей природных комплексов Западной Сибири применяются многими исследователями [Астахов, Ероменко, 1976; Башилова и др., 1973; Боровский и др., 1980; Запивалов, Беляева, 1980; Витязь, Богацкий, 1977; Зяткова, 1979а, б; Сенкевич, Рубинов, 1980; Комплекс дистанционных методов..., 1978].

В предлагаемой работе на основе аэрокосмической фотоинформации мы используем комплексный морфоструктурный подход к изучению структурно-геоморфологических особенностей Западной Сибири, которая является классическим примером влияния различных типов структур от мо-



лодых платформенных на севере (в пределах Западно-Сибирской равнины) до активизированных в пределах Алтае-Саянской горной области эпиплатформенных, орогенных на юге, с широкой зоной переходных приплатформенных, предорогенных структур. В зависимости от влияния этих структур на современный рельеф нами в пределах Западной Сибири выделены три разновысотные, разновозрастные, гетерогенные структурно-геоморфологические ступени (табл. 1).

I. Платформенная—низкая ступень охватывает Западно-Сибирскую равнину. Морфоструктуры этой ступени представляют собой унаследованно или инверсионно развивающиеся структуры платформенного чехла Западно-Сибирской плиты на блоках разновозрастного гетерогенного фундамента, которые перекрыты мощным чехлом рыхлых мезозойско-кайнозойских отложений; активное проявление новейших тектонических движений по разломам влияет на формирование современного рельефа. Эта ступень четко прослеживается на всех космических снимках.

II. Приплатформенная — предорогенная средневысотная ступень (Приуральская, Приказахстанская, Приенисейская, Салаиро-Кузнецкая) объединяет морфоструктуры зоны сочленения молодой Западно-Сибирской плиты с горным обрамлением и прилегающими Сибирской платформой и Казахским мелкосопочником. В современном рельефе здесь наблюдаются цокольные равнины, останцы горных массивов, кряжей, таких как Салаир, Кузнецкий Алатау. Блоки фундамента этой ступени перекрыты

маломощным чехлом рыхлых отложений, часто структуры фундамента в виде отдельных «останцовых» возвышенностей выходят на дневную поверхность. На космических снимках в пределах этой ступени наблюдается продолжение структур горного обрамления под чехлом рыхлых отложений платформ.

III. Орогенная ступень Западной Сибири соответствует эпиплатформенной Алтае-Саянской горной области и представляет собой выходы структур фундамента Западной Сибири на дневную поверхность. На космических снимках четко прослеживается блоковое строение, обусловленное пересечением глубинных разломов северо-западного, северо-восточного и субширотного направления.

Таким образом, под *структурно-геоморфологической ступенью* мы понимаем обширные тектоно-орографические области, созданные в определенное время, со своеобразной выраженностью тектонических структур, с режимом изменением геологического строения и абсолютных отметок в современном рельефе.

Широтная и вертикальная климатическая зональность со своими специфическими экзогенными процессами, пересекая эти ступени, способствует образованию структурно-геоморфологических комплексов в пределах вышеуказанных ступеней.

Под *структурно-геоморфологическим комплексом* мы понимаем совокупность геолого-географических особенностей, обусловленных как геологическим строением, так и климатической зональностью.

В целом структурно-геоморфологические комплексы представляют собой исторически сложившиеся и развивающиеся взаимосвязанные сочетания природных объектов и явлений географической оболочки, четко отражающиеся на космических фотоснимках.

Структурно-геоморфологические комплексы обусловлены тектоникой и климатической зональностью, поэтому *структурно-геоморфологический комплекс* объединяет *морфоструктурные* и *морфоскульптурные особенности* рельефа в той или иной климатической зоне. Так, в пределах Западно-Сибирской молодой платформенной ступени, в переходной, приплатформенной зоне, и Алтае-Саянской орогенной ступени нами выделены следующие структурно-геоморфологические комплексы (табл. 2).

А. В зоне крайнего севера Западной Сибири с мерзлотно-солифлюкционными, термокарстовыми экзогенными процессами образованы *нивално-арктические* платформенные (A_I), приплатформенные — предорогенные (A_{II}), орогенные высокогорные (A_{III}) структурно-геоморфологические комплексы.

Б. В зоне северной тайги с ледниковыми термокарстовыми, водноледниковыми экзогенными процессами развиты *нивалные* платформенные (B_I), приплатформенные — предорогенные (B_{II}), орогенные среднегорные (B_{III}) структурно-геоморфологические комплексы.

В. В зоне южной тайги в основном с эрозивно-аккумулятивными процессами образованы *гумидные* платформенные (B_I), приплатформенные — предорогенные (B_{II}), орогенные средне-низкогорные (B_{III}) структурно-геоморфологические комплексы.

Г. В зоне лесостепи, степи, где развиты структурно-денудационные плато с суффозионно-карстовыми экзогенными процессами, образованы *субаридные* платформенные (Γ_I), приплатформенные — предорогенные (Γ_{II}), орогенные (Γ_{III}) структурно-геоморфологические комплексы. Использование аэрокосмической информации при изучении структурно-геоморфологических комплексов помогает выяснить взаимодействие между тектоническими движениями и структурами, с одной стороны, и рельефом, созданным экзогенными факторами, — с другой. Это взаимодействие рассматривается в динамической историко-генетической связи, поэтому мы выявляем не только пассивную роль геологической структуры

Структурно-геоморфологические комплексы Западной Сибири

Климатические и природные зоны	Структурно-геоморфологические комплексы		
	I. Платформенные морфоструктуры Западно-Сибирской равнины	II. Красные, предгоренные, приплатформенные, предгорные области морфоструктурной сопряженности платформы с горным обрамлением	III. Орогенные, эпиплатформенные области (Алтае-Саянская горная область)
Нивально-арктическая (зона тундры и лесотундры) А	А _I — платформенные нивально-арктические с ледниковыми, мерзлотно-солифлюкционными процессами, с морскими формами рельефа (абразионные берега, террасовые уступы). Структуры районов крайнего севера Западной Сибири	А _{II} — предгоренные нивально-арктические с ледниковыми формами рельефа, мерзлотно-солифлюкционными процессами. Структуры Ямальской, Шульчинской возвышенностей, районов, прилегающих к Полярному Уралу	А _{III} — орогенные арктическо-нивалые с горным, альпийским высокогорным рельефом, с активными ледниково-экзарационными процессами. Блоки интенсивных поднятий с абс. отм. свыше 3000 м
Нивально-холодная (зона северной тайги) Б	Б _I — платформенные нивальные с ледниковыми формами рельефа, с локальным развитием термокарстовых форм рельефа задровых равнин. Структуры районов Полуйской, Верхне-Тазовской возвышенностей, Нижне-Обской, Надымской низменностей	Б _{II} — предгоренные нивальные с ледниковыми формами рельефа. Структуры Северо-Сосьвинской, Средне-Тазовской, Туруханской низменностей	Б _{III} — орогенные нивально-холодные с активными гравитационно-солифлюкционными процессами, с перигляциальными формами рельефа высокогорий. Блоки поднятий с абс. отм. 2000—3000 м
Гумидно-умеренная, влажная (зона южной тайги) В	В _I — платформенные гумидные с эрозионно-аккумулятивными формами рельефа, с преобладанием процессов линейной эрозии. Структуры районов южной тайги Обь-Иртышского междуречья, Сибирских увалов, Средней Оби, Обь-Тымского междуречья	В _{II} — предгоренные гумидные с преобладанием процессов глубинной эрозии, овражно-балочной сети, с эрозионно-аккумулятивными формами рельефа приподнятых, наклонных равнин. Структуры Тавдинско-Кондинской равнины и прилегающие к Енисейскому кряжу	В _{III} — орогенные гумидные с эрозионно-аккумулятивными формами рельефа, с преобладанием глубинной эрозии. Структуры — блоки среднегорий, низкогорий с абс. отм. 1200—2000 м
Субаридная — сухая (зона лесостепей, степей) Г	Г _I — платформенные субаридные с эрозионно-аккумулятивными формами рельефа, с приподнятыми наклонными равнинами структурно-денудационных плато. Структуры районов Предтургайского плато, Северного Казахстана, Барабинской равнины и Приобского плато	Г _{II} — предгоренные субаридные с рельефом, созданным суффозионно-карстовыми процессами. Структуры районов наклонно-приподнятых равнин: Туринской, Приобского плато, Чулымо-Енисейской	Г _{III} — орогенные гумидно-аридные, субаридные с делювиально-пролювиальными, эоловыми формами рельефа, с предгорными шлейфами, конусами выноса предгорных равнин, межгорных впадин. Блоки, развитые в пределах межгорных впадин Тувы, Северной Монголии, Минусинских, Хакасии

и литологии в формировании рельефа, но и активную роль тектонического фактора.

Необходимость комплексного, обобщающего исследования рельефа, его закономерностей строения и эволюции продиктована осуществлением рационального использования природных ресурсов, поисками полезных ископаемых, изучением новейших тектонических движений и сейсмичности, древних речных долин в связи с перераспределением водных ресурсов Сибири [Зятькова, Яншин, 1980].

Геолого-геоморфологическая интерпретация космических снимков

С. искусственных космических спутников системы «Метеор» и пилотируемых кораблей поступает большая и интересная информация о строении Земли, представляющая собой важные данные о новейшей тектонике, кольцевых изометрических образованиях, разрывных нарушениях, активных зонах современных тектонических движений. Этим фотокосмическим материалам принадлежит большое будущее, они станут одним из основных источников для познания особенностей и выраженности тектонических структур в современном рельефе. Методике дешифрирования космических фотоматериалов различных районов посвящено большое количество работ [Анализ..., 1979; Аэрокосмическая информация..., 1979; Аэрокосмические исследования..., 1978, 1979; Виноградов, 1976; Геологическое изучение..., 1978; Геологические исследования..., 1975; Комплекс дистанционных методов..., 1978; Космическая съемка..., 1979; Кац и др., 1976; Зятькова, Оболенский, 1979; Развитие и использование аэрокосмических методов..., 1979; Яншин, Зятькова, 1980; Можаяев, 1979].

Структурно-геоморфологический анализ космоснимков платформенной ступени Западной Сибири. В настоящее время стоит задача — как наиболее эффективно использовать ту информацию, которую мы получаем с различных искусственных спутников Земли в различное время года. Разработка структурно-геоморфологических методов дешифрирования космических снимков в Западной Сибири проводилась для территорий с разнообразными геологическими, геоморфологическими, климатическими условиями [Астахов, Ероменко, 1976; Башилова и др., 1973]. Эталонные признаки новейших тектонических движений выявлялись на площадях известных структур Верхне-Салымского, Сургутского, Березовского, Уренгойского нефтегазоносных месторождений [Зятькова, 1979а]. Для лучшего дешифрирования космических снимков были увеличены отдельные более четкие, безоблачные участки негативов. Подготовив таким образом материалы для дешифрирования, переносили все структурно-геоморфологические особенности на заранее подготовленные бланковые карты. Полученные результаты сопоставлялись с геолого-геофизическими данными, известными до получения информации из космоса, особенно это относится к разрывным нарушениям, спрямленным элементам рельефа.

Для Западной Сибири дополнительная информация космических материалов способствует выявлению как активных зон разрывных нарушений, глубинных разломов, так и районов распространения активных локальных структур, которые очень часто бывают перспективными в нефтегазоносном отношении (Колтогорско-Пуровско-Уренгойская зона глубинных разломов). Поэтому выявление таких районов по космическим снимкам имеет большое практическое значение для целенаправленных поисков перспективных нефтегазоносных площадей. Чтобы выяснить точность отражения структур платформенного чехла, глубинных разломов в современном рельефе, необходимо было отбросить все погрешности на снимке, полученные за счет метеорологических условий, некачественного изображения на негативах или фотоснимках.

С этой целью были просмотрены материалы, полученные за несколько лет с различных искусственных спутников Земли. В основном просматривался материал Сургутского региона, расположенного в Среднем Приобье. По данным искусственных спутников Земли NOAA-4, «Метеор» за 1969, 1970, 1975, 1976, 1978 гг. выявлено, что резкое отражение спрямленных элементов рельефа, структур, разрывных нарушений приходится на снимки, полученные с ИСЗ «Метеор» в весенне-осенние месяцы, так как растительный покров более разрежен. Но и информацию летне-зимних сезонов нельзя отбрасывать в связи с тем, что в ней можно найти отдельные детали, дополняющие уже имеющиеся геолого-геоморфологические сведения.

Для Сургутского региона были просмотрены материалы с ИСЗ ESSA, «Метеор» за февраль, март, апрель 1969—1978 гг. На всех снимках очень четко прослеживаются Колтогорско-Уренгойско-Пуровская и Кустанайско-Тобольско-Иртышская зоны глубинных разломов, а также положительные структуры, развитые в пределах Белогорского, Аганского и Тобольского материков.

Для накопления информации на перфокарты наносились все основные признаки и особенности известных нефтегазоносных структур. Такая обработка эталонных признаков отражения в современном рельефе локальных структур, перспективных в нефтегазоносном отношении, дает возможность более рационально, целенаправленно проводить геолого-геофизические нефтепоисковые работы, анализировать при структурно-геоморфологическом дешифрировании большие площади районов малой изученности, особенно Крайнего Севера.

Для накопления банка «эталонной» информации, необходимой при машинной обработке аэрокосмических фотоматериалов, предлагаем вести картотеку, в которую вносится постоянно поступающая аэрокосмическая фотоинформация. На эти карточки для каждой структуры, кроме ее параметров, возраста вмещающих пород продуктивной толщи, тектонической обстановки, заносятся основные структурно-геоморфологические признаки, выявленные на основании дешифрирования космических снимков. Эти признаки необходимо знать и при изучении характера новейших тектонических движений. Для этой цели особое внимание следует уделять строению речных долин, водораздельных пространств [Зятькова, 1979б].

Региональные космические снимки земной поверхности, в отличие от материалов обычной аэросъемки, отражают не только ландшафтные, но и структурные особенности обширных территорий платформенных, приплатформенных — предорогенных и орогенных структурно-геоморфологических ступеней. По космическим снимкам определялись: 1) морфологические признаки структур той или иной ступени, отражение глубинных разломов на снимке; 2) приуроченность положительных структур к водоразделам, речным долинам; 3) характер эрозионного расчленения (интенсивное, менее интенсивное); 4) плановый рисунок гидросети (центробежный, центростремительный, спрямленный, извилистый); 5) характер сочленения структур, разломов (торцовый — под 90°; клинообразный, трансморфоструктурный, секущий все структуры); 6) разломы известные, отраженные в фундаменте, в чехле, ранее неизвестные, отраженные только на космических снимках; 7) характер продолжения структур горного обрамления под чехлом прилегающей платформенной ступени и т. д. Все эти признаки дают дополнительные материалы к изучению особенностей развития структурно-геоморфологических комплексов Западной Сибири.

Для платформенной структурно-геоморфологической ступени Западной Сибири был проведен анализ степени отражения структур, разломов на космических снимках, полученных с различных искусственных спутников Земли.

ESSA-8 (дата съемки 02.03.71, 04.03.71, 07.03.70). Самая первая информация с большими помехами, но выделяются отдельные фрагменты Туруханского грабена, четко просматриваются разломы Тобольско-Иртышский, Приенисейский. В нивальном и гумидном структурно-геоморфологических комплексах прослеживаются субширотные древние речные долины Обь-Енисейского междуречья.

NOAA-4 (05.04.75); NOAA-2 (07.03.71). Информация более четкая. На севере отражен Туруханский грабен; субширотный разлом вдоль Сибирских увалов, пересеченный субмеридиональным Колтогорско-Уренгойским разломом. Четко отражены все структурно-геоморфологические комплексы, так как фон растительного покрова еще не затушевывает общий рисунок гидросети, более четко подчеркивается тундровая, лесотундровая, таежная, лесостепная, степная зональность. Четко прослеживаются структуры переходной и платформенной области Таз-Пуровского междуречья, Сибирских увалов, Обь-Иртышского междуречья, Приказахстанского и Казахстанского мелкосопочника.

«Метеор»-18 (20.03.75). На снимке большая часть территории нечетко отражена. Наиболее хорошо просматривается продолжение структур Салаира, Кузнецко-Алатауского горного обрамления под чехлом платформенной структурно-геоморфологической ступени. В пределах Обь-Иртышского междуречья наблюдается характерное эрозионное расчленение.

«Метеор»-24 (05.11.76). Четко отражаются нивально-арктический и нивальный структурно-геоморфологические комплексы с серией субмеридиональных грабенообразных впадин, занятых нижним течением рек Обь, Пур, Таз, образовавших Нижне-Обскую, Тазовскую, Усть-Енисейскую впадины. Хорошо просматриваются переходные зоны приплатформенных, предороженных структурно-геоморфологических комплексов, расположенные в пределах Северо-Сосьвинского поднятия, ограниченные на западе Уральским разломом. В нивальном структурно-геоморфологическом комплексе четко выделяются структуры Белогорского материка, Сибирских увалов. Своеобразный рисунок эрозионной сети образуют правые притоки Сургута, Оби, протекающие в Средне-Приобском опущенном блоке (Сургутский блок).

«Метеор»-25 (07.02.77; 23.02.77). Четко выделяются все структурно-геоморфологические комплексы платформенной ступени. На севере Нижне-Обской, Туруханский грабены четко ограничиваются разломами, созданными грабенообразные впадины Байдарацкой, Тазовской, Обской губ. Резко выделяются положительные структуры Белогорского материка и Сибирских увалов в пределах платформенного нивального структурно-геоморфологического комплекса. Южнее, в пределах приплатформенного структурно-геоморфологического комплекса, прослеживаются субширотные лоцины стока и древних долин на Енисей-Обском междуречье, в бассейнах рек Кас, Сым, Елогуй. В целом телевизионная фотоинформация с «Метеора»-25 лучшего качества, чем с предыдущих спутников. Растительная, почвенная зональность, рисунок гидрографической — эрозионной сети подчеркивают все многообразие особенностей структурно-геоморфологических комплексов.

«Метеор»-28 (09.03.78). Четко выделяются все структурно-геоморфологические комплексы платформенной, приплатформенной — предороженной, орогенной ступени. Резко отражен Колтогорско-Уренгойский разлом, Тобольско-Иртышский, продолжение структур Салаира, древние лоцины стока Енисей-Касско-Обского междуречья.

«Метеор»-29 (25.02.79; 27.02.79; 29.03.79). В северной части платформенной структурно-геоморфологической ступени четко прослеживается Туруханский грабен. Серия глубинных разломов (Колтогорско-Уренгойский, Тобольско-Иртышский, субширотный разлом вдоль Сибирских

увалов) подчеркивает блоковое строение. Серия параллельных ложин — стока Енисей-Обского междуречья — создает субширотный рисунок перемычек, расположенных в северном направлении на продолжении Минусинского комплекса впадин.

По телевизионным снимкам делалась попытка выяснить закономерности пространственного размещения нефтегазоносных объектов Западной Сибири относительно дизъюнктивных систем [Витязь, Богацкий, 1977], составлена карта дизъюнктивов Западно-Сибирской плиты, проведен анализ сопоставления карты плотности распределения дизъюнктивов с картой прогноза и плотности распределения месторождений нефти и газа. В результате исследований стало известно, что протяженность дизъюнктивов, выявленных по телевизионным космическим снимкам, в 5—6 раз превышает размеры дизъюнктивов, выявленных наземными работами, геологической съемкой и геофизическими методами. Выяснено пространственное совпадение и сходство ориентировки узлов плотности дизъюнктивов и зон нефтегазонакопления. Так, субширотная зона повышенной плотности дизъюнктивов пространственно совпадает с Шаимским, Александровским нефтеносными районами, со Среднеобской нефтегазонаосной областью. Выявлена определенная приуроченность нефтяных и газоносных зон к площадям разной плотности дизъюнктивов: нефтеносные площади совпадают с полями наибольшей плотности дизъюнктивов, а зоны преимущественного газонакопления пространственно совпадают с площадями малой плотности [Витязь, Богацкий, 1977].

В последнее время уделяется большое внимание дистанционной тепловой съемке. Как известно, над нефтегазовыми месторождениями существует аномальное повышение теплового потока, обусловленное процессами перераспределения теплового потока в залежи. Это в свою очередь приводит к повышению термодинамической и радиационной температуры поверхности земли над залежью. Это явление фиксируется при проведении дистанционной тепловой съемки в виде смены фототона и уплотнения фона негатива в районах известных нефтяных и газовых месторождений. Таким образом, это явление может стать одним из поисковых признаков на нефть и газ.

Структурно-геоморфологический анализ космоснимков предорогенной ступени Западной Сибири. Аэрокосмическая информация находит широкое применение при исследовании как орогенных, так и переходных зон сочленения различных типов структур, кольцевых и спрямленных образований в пределах Алтае-Саянской горной области [Алабин и др., 1980; Грицюк, 1979; Доливо-Добровольский, 1974; Зяткова, Оболенский, 1979; Зяткова, Яншин, 1980; Кузнецов и др., 1978; Полканов и др., 1980; Юзвицкий и др., 1980; и др.]. Анализ космических фотоматериалов показал, что изучение структур переходной зоны от платформенных к орогенным имеет большое практическое значение.

Дешифрирование космических снимков этой территории дает необходимую информацию для решения важных проблем, связанных с освоением природных ресурсов юга Сибири, в первую очередь с перераспределением речного стока и поисками полезных ископаемых.

Изучение переходных зон платформенных и орогенных морфоструктур представляет большой интерес и в теоретическом отношении, так как расширяет теоретические основы структурной геоморфологии; открывает возможности исследования новейших тектонических движений периферийных платформенных равнин, втягивающихся в процесс горообразования. Здесь можно отчетливо наблюдать начальные этапы процессов переработки древних структур новейшими тектоническими движениями, а это имеет большое значение для поисков полезных ископаемых, связанных со сложной системой тектонических форм рельефа. Дальнейший анализ переходных зон с использованием аэрокосмических фотоматериалов

позволит распознавать через современный рельеф динамику проявления новейших тектонических движений и роль разломов в размещении полезных ископаемых. Переходные морфоструктурные зоны характеризуются сочетанием морфоструктурных элементов как орогенных, так и равнинно-платформенных областей, они встречаются в районах сопряжения молодых платформ с прилегающим обрамлением, что позволяет говорить о новом типе морфоструктур — сочленения.

В зависимости от различной степени проявления новейших тектонических движений, влияния структур фундамента, времени формирования морфоструктурных особенностей и различного строения современного рельефа в переходной зоне Западной Сибири выделяем приплатформенную и предорогненную структурно-геоморфологические ступени. Приплатформенная структурно-геоморфологическая ступень имеет повсеместное распространение вдоль обрамления и соответствует внешней морфоструктурной зоне Западно-Сибирской равнины со своеобразными структурами в фундаменте в виде выступов, моноклиналей, структурных террас в фундаменте и платформенном чехле. Предорогненная структурно-геоморфологическая ступень распространена локально, имеет сложный тип сочленения платформенных и орогенных структур в виде облегающих дугообразных структур сочленения выступов, прямолинейных сочленений по разломам, пологопогруженных периклиналей складчатых морфоструктур под платформенным чехлом. К ним относятся структуры предгорий Урала, Енисейского кряжа, Салаиро-Кузнецкой области. Предгорные впадины — депрессии, прогибы — располагаются прерывисто вдоль подножий горных сооружений и соответствуют предгорным прогибам, впадинам, развивающимся унаследованно. Районы переходных морфоструктурных зон, расположенные на периферии платформенных равнин, втягиваемые в процесс горообразования, представляют собой районы, где наблюдаются начальные этапы переработки древних структур новейшими тектоническими движениями.

Изучение переходных зон предорогненной ступени имеет большое практическое значение в связи с контролем образования новых и сохранением старых залежей полезных ископаемых осадочного и гипергенного происхождения. Так, россыпи редких металлов и золота встречаются часто в образованиях кор химического выветривания допалеозойских пород и в аллювиальных отложениях плиоцен-четвертичного возраста, с которыми связана основная россыпная золотоносность юга Западной Сибири. Кроме того, поиски нефтяных и газовых залежей в так называемых «неантиклинальных», «неструктурных» ловушках связаны с палеодельтами типа Уренгойского, Южно-Сургутского, Усть-Балыкского месторождений, приуроченных к прадельтовым отложениям, с обширными аккумулятивными подводными палеоравнинами, подводными склонами. Поэтому изучение приплатформенной ступени приобретает большое практическое значение для успешных поисков залежей нефти и газа неструктурного типа в юрских и нижнемеловых отложениях краевой, приплатформенной зоны Западно-Сибирской равнины.

Анализ космодатоснимков структур сочленения платформы дал дополнительную информацию о структурно-геоморфологических особенностях переходной зоны приплатформенных, предорогненных морфоструктур Западной Сибири.

НОАА (02.03.71; 04.03.71). Прослеживаются переходные зоны Предальтайская, Приуральская, по смене фототона можно проследить продолжение орогенных структур под чехлом рыхлых отложений платформенной области.

НОАА-4 (10.03.76). Четко выделяется переходная зона Приенисейская, с лощинами стока, просматривается продолжение Енисейского кряжа под чехлом рыхлых отложений в районе бассейна р. Елогуй. Продол-

жение структур Кузнецкого Алатау и Салаира прослеживается на северо-запад, что подчеркивается резким поворотом долины р. Чулым, которая как бы огибает продолжение этих структур.

«Метеор»-18 (20.03.75). Выделяется переходная зона между платформенной и орогенной структурно-геоморфологическими ступенями в южной части Западной Сибири по резкой смене фототона снимка и разному рисунку эрозионных процессов.

«Метеор»-24 (27.10.76). Переходная предорогенная Салаиро-Кузнецкая структурно-геоморфологическая ступень; четко просматривается продолжение орогенных структур Кузнецкого Алатау под чехлом платформенного комплекса. Общий фон тональности снимка резко сменяется в районе перехода различных типов рисунков гидрографической сети, что обусловлено особенностями характера бассейнов.

«Метеор»-25 (02.01.77). Предалтайская переходная зона резко отделена от орогенной ступени субширотным разломом Алейско-Саяно-Минусинского направления. Разрывы, пересекающие основные разломы, резко разграничивают предорогенную ступень на блоки Салаирский, Кузнецкий; блок Кузнецкой впадины далеко продолжается на северо-запад, в сторону Западно-Сибирской равнины.

«Метеор»-28 (12.03.78). На снимке очень хорошо просматривается Казахстанский субаридный структурно-геоморфологический комплекс переходной зоны Западно-Сибирской равнины к Казахскому щиту. Своеобразный озерно-лощинный рельеф с древними долинами, с реликтовыми озерными котловинами образует приподнятый блок. Детально выделяются внутри структурные особенности Салаиро-Кузнецкой переходной зоны — приплатформенной, предорогенной ступени. Продолжение Кузнецкого Алатау подчеркивается поворотом р. Чулым.

«Метеор»-29 (27.02.79; 15.07.79). На снимке прослеживаются постепенный переход Предалтайской равнины, Приуральская переходная зона, меридионально вытянутый разлом вдоль Уральского хребта. По смене фототона выделяется Северо-Сосьвинский приподнятый блок.

Структурно-геоморфологический анализ космоснимков орогенной ступени Западной Сибири. Для орогенной ступени был просмотрен ряд характерных телевизионных космических снимков. На снимке с ИСЗ ESSA-8 (04.03.70) просматривается резкая граница, разделяющая предорогенную и орогенную структурно-геоморфологические ступени, а также разнонаправленные глубинные разломы.

NOAA-4 (18.03.76; 01.11.75). Отражены общие контуры блокового строения Алтае-Саянской горной области; выделяются структуры с межгорными перемычками, отделяющими впадины Тувы от Монгольских впадин — Больших Озер.

«Метеор»-2—1 (10.03.76). Интенсивная облачность, нечеткое отражение структур.

«Метеор»-18 (04.12.75). Отражен Алтайский комплекс структур как продолжение структур Монгольского Алтая. Четко отражены Чарышско-Теректинская, Чокракская, Иртышская зоны разломов, структуры северо-восточной зоны Рудного Алтая.

«Метеор»-24 (22.11.76). Наиболее четко выделяется Алтайский комплекс структур с разветвляющимися разломами, с резким ограничением Предалтайского субширотного глубинного разлома. Очень хорошо просматривается Тувинский комплекс межгорных впадин, особенно зона разломов Убсунурско-Бийхемского направления, пересекающая Таннуольский горный комплекс, Кызыльскую впадину через Бийхемский створ на Тоджинскую впадину.

«Метеор»-25 (02.01.77). Четко выделяется субширотный Предалтайский глубинный разлом, переходящий в восточной части в Саяно-Минусинский; прослеживаются торцовые разломы на стыке Алтая, Западного и Восточного Саянов, Тувы.

«Метеор»-28 (30.10.78). Просматриваются структуры Алтая как продолжение структур горных сооружений Монгольского Алтая. Резко выделяются глубинные разломы Чокракский, Сарасинско-Курайский, Чарышско-Теректинский, торцовый стык Шапшальского разлома с разломами Западно-Саянского направления.

«Метеор»-29 (17.04.79). Четко отражены разломы Восточно-Саянский, Саяно-Минусинский, Таннуольские, а также характер сопряжения с прилегающим горным обрамлением межгорных впадин — Минусинской, Хемчикской, Кызыльской, Тувинской, Убсунурской. Прослеживаются стыки основных геоблоков Алтае-Саянской горной области, особенно четко — Каахемская зона глубинных разломов в районах, прилегающих к Байкальской рифтовой зоне.

На основании дешифрирования аэрокосмических фотоматериалов в пределах орогенной ступени Западной Сибири, а именно Алтае-Саянской горной области, выявлено, что наиболее сконцентрированные эпицентры землетрясений наблюдаются на участках своеобразных «узлов» разломов, в которых сходятся разрывные нарушения различной ориентировки. Это Шапшальская, Таннуольская, Восточно-Тувинская сейсмически активные зоны, где сказывается активизация разломов древнего заложения. Она проявляется в том, что сложно построенные новейшие структуры, созданные на структурах допалеозойского времени, образуют на стыках своих сочленений морфоструктурные узлы, тектонические клинья. В этих районах высокая концентрация эпицентров землетрясений на участках разноориентированных разломов, образующих «пучки», пересечения, сгущения. Так, сейсмически активные новейшие структуры наблюдаются в области пересечения докембрийских «внутренних» массивов с глубинными разломами, такими как Бийхемский, Окинский, Хамардабанский, Сангиленский, к которым приурочены внутригорные, приразломные впадины — грабены и районы распространения третичных и четвертичных базальтов, а также потухшие вулканы. При изучении на основе аэрокосмической фотоинформации геоморфологических особенностей сейсмически активных зон следует особое внимание уделять «морфоструктурным узлам», а именно участкам сочленения разнонаправленных морфоструктур. Для этого необходимо выделять: тип сочленения линеаментов в узле; число сходящихся линеаментов, расстояние морфоструктурного узла от линеамента высшего ранга; тип сочленяющегося рельефа; амплитуду гипсометрических высот блоков и т. д.

В целом характер новейших тектонических движений и продолжающиеся активные землетрясения [Чернов, 1978] в пределах орогенной ступени Западной Сибири позволяют отнести положительные морфоструктуры Алтае-Саянской области к районам постоянных устойчивых поднятий. Центральная зона этого поднятия представляет собой ряд тектонических ступеней, ограниченных разрывными нарушениями в основном северо-западного и северо-восточного простирания. Большое влияние на структурно-геоморфологические особенности оказывает юго-западное продолжение структур Байкальской рифтовой зоны, которые четко отражаются на космических снимках.

Проведенные структурно-геоморфологические исследования показали, что одной из наиболее благоприятных областей для изучения морфоструктурных особенностей, испытавших повторный орогенез, является Алтае-Саянская горная область с прилегающей Байкальской рифтовой зоной. Переживающая эпиплатформенный период своего развития Алтае-Саянская горная область представляет собой орогенную ступень Западной Сибири, северное ответвление обширного внутриконтинентального Центрально-Азиатского горного пояса. По характеру развития новейших тектонических структур Алтае-Саянскую горную область можно отнести к приподнятому активизированному циту, сводовые структуры которого

осложнены наложенными депрессиями. Как для области эпиплатформенной активизации, для нее характерны обширные выровненные поверхности в пределах хребтов Алтая, Западного Саяна, Танну-Ола, «островные» горные массивы Тувы, межгорные впадины, депрессии — прогибы (Хемчикский, Тоджинский), расположенные на высоких гипсометрических уровнях.

По характеру развития и приуроченности к тектоническим структурам в пределах орогенной ступени Западной Сибири выделено в основном три типа впадин: межгорные впадины с унаследованным характером развития, приуроченные к синклиналям и мульдам (Хемчикская, Кызыльская, Убсупурская); межгорные впадины с инверсионным развитием, образованные в пределах антиклинальных структур и древних приподнятых массивов (Улугхемская, Тоджинская); межгорные, приразломные впадины-грабены, образованные на месте опустившихся тектонических блоков (внутригорные впадины Алтая, Западного Саяна).

Одной из основных черт новейшего структурного плана Алтае-Саянской горной области является его новая перестройка. Так, новейшие активные широтные разломы Алтая секут древние разломы северо-западного направления, создавая на структурах древнего заложения новую, инверсионную систему разновозрастных структур, образованную на неплененизированной поверхности, что подтверждается материалами космических съемок.

Большую роль в образовании новейшего структурного плана, сейсмичности играют разломы. Места наибольшего напряжения по «обновленным» разломам, которые являются как бы «швами» между разновозрастными блоками Алтая, Западного и Восточного Саяна, Тувы, требуют особых исследований для поисков новых месторождений и определения сейсмической активности этих регионов. На характер орогенной ступени Западной Сибири особое влияние оказывают новейшие структуры Тувы, Байкальской внутриконтинентальной рифтовой зоны, которые являются как бы переходной активной зоной между древними структурами Центральной Монголии на юге и Западно-Сибирской молодой платформой на севере.

Таким образом, структурно-геоморфологические исследования Западной Сибири дают возможность выявить отражение в современном рельефе блокового строения фундамента и структур платформенного чехла в различных климатических зонах, обусловивших создание структурно-геоморфологических комплексов.

Разработаны и подобраны наиболее эффективные методы исследования новейших тектонических движений в платформенных условиях для поисков локальных структур, перспективных в нефтегазоносном отношении; выяснена роль глубинных разломов в проявлении новейших тектонических движений, в формировании и распределении нефтегазоносных месторождений.

В целом при изучении влияния на развитие современного рельефа структур фундамента и платформенного чехла первого — второго порядка выявлена большая роль в формировании современного структурного плана Западной Сибири активизации тектонических движений по глубинным разломам.

Структурно-геоморфологические особенности платформенной ступени обусловлены всей историей развития исследуемого региона. Они типичны для всех молодых структур и требуют особых методических подходов при структурно-геоморфологических исследованиях. Кроме того, широкое развитие тектонических нарушений в разрезе осадочного чехла повышает перспективы применения структурно-геоморфологических исследований при поисках вторичных залежей нефти в верхних горизонтах за счет разрушения более древних залежей. Структурно-геоморфоло-

гические признаки при палеоморфоструктурных исследованиях помогают выявить активные дизъюнктивные нарушения и неструктурные ловушки, по которым могла проходить миграция нефтяных месторождений. Материалы, получаемые при дешифрировании аэрокосмических съемок, дают возможность выявлять элементы глубинного строения земной коры, крупные разрывные нарушения, общие закономерности связи рельефа с геологическими структурами. На космических снимках отчетливо прослеживается зональность рельефообразующих процессов, создавших нивально-арктические, нивальные, гумидные и субаридные структурно-геоморфологические комплексы, где развиты унаследованные, инверсионные, гетерогенные морфоструктуры, отражающие своды, валы, выступы, впадины в современном рельефе. Поэтому можно уверенно говорить, что на базе использования материалов космических съемок возникает новая отрасль космической структурной геоморфологии.

Кроме того, комплексный подход к изучению поверхности Земли с широким применением космической фотоинформации придает выделению структурно-геоморфологических комплексов большое практическое значение: при поисках перспективных нефтегазоносных районов; при выявлении активных зон разломов и прогнозировании рудных месторождений; при геоморфологическом анализе сейсмически активных областей; при изучении экзогенных процессов в связи с предотвращением последствий антропогенного вмешательства в природные комплексы районов активного освоения. Поэтому результаты дешифрирования аэро- и космоснимков различных геолого-географических условий Западной Сибири, подбор «эталонных» признаков проявления новейших тектонических движений в каждом отдельном структурно-геоморфологическом комплексе будут представлять большой интерес при освоении природных ресурсов Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

- 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).— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 16—21.
- Анализ космических снимков при тектоно-магматических и металлогенических исследованиях/Под ред. И. Н. Томсона. М.: Наука, 1979. 162 с.
- Астахов В. И., Ероменко В. Я. Новейший структурный план и рельеф Западной Сибири по данным телевизионной космической съемки.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. 5. М.: Наука, 1976, с. 242—249.
- Аэрокосмическая информация как источник ресурсного картографирования/Ред. Л. А. Пластинин, А. В. Белов. Иркутск, 1979. 148 с.
- Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ/Под ред. В. Г. Золотухина. М.: Наука, 1978. 240 с.
- Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока/Под ред. А. Л. Яншина. Новосибирск, 1979. 154 с.
- 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 территорий).— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. М.: Наука, 1973, с. 102—111.
- Боровский В. В., Клопов А. Л., Подсосова Л. Л., Песковский И. Д. Элементы геологического строения Западно-Сибирской плиты по данным дешифрирования мелкомасштабных космических снимков в связи с оценкой нефтегазоносности.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 80—86.
- Виноградов Б. В. Космические методы изучения природной среды. М.: Мысль, 1976. 282 с.
- Витязь В. И., Богацкий В. В. Телескопические информации как возможная основа прогноза зон нефтенакпления (на примере Западной Сибири).— Докл. АН СССР, 1977, т. 236, № 1, с. 172—175.
- Геологические исследования из космоса/Под ред. С. Фредена. М.: Мир, 1975. 285 с.

- Геологическое** изучение Земли из космоса/Под ред. А. В. Пейве. М.: Наука, 1978. 226 с.
- Герасимов И. П.** Структурные черты рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 99 с.
- Грицюк Я. М.** Сводово-блоковая морфотектоника западной части Алтае-Саянской горной области по данным геологического дешифрирования космических снимков.— В кн.: Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979, с. 57—72.
- Дедков А. П.** Теоретические основы современной климатической геоморфологии.— В кн.: Климатическая геоморфология денудационных равнин. Казань, 1977, с. 3—12.
- Долгово-Добровольский А. В.** К вопросу об изучении кольцевых структур по космическим снимкам.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. 2. М.: ВИНТИ, 1974, с. 90—93.
- Занивалов Н. П., Беляева В. А.** Возможности выявления структур в доюрских образованиях по аэро- и космическим снимкам на примере южной части Западной Сибири.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 76—79.
- Золотарев А. Г.** Переходный рельеф между орогенными и равнинно-платформенными областями.— Геоморфология, 1976, № 2, с. 26—35.
- Золотарев А. Г.** Об экзогенной составляющей морфоструктур в связи с климатическими и некоторыми другими аспектами их изучения.— Геоморфология, 1979, № 4, с. 28—33.
- Зяткова Л. К.** Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области. Новосибирск: Наука, 1977. 219 с.
- Зяткова Л. К.** Структурная геоморфология Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1979а. 164 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, 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.— В кн.: Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979, с. 36—37.
- Зяткова Л. К., Яншин А. Л.** Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 5—9.
- Кац Я. Г., Рябухин А. Г., Трофимов Д. М.** Космические методы в геологии. М.: Изд-во МГУ, 1976. 246 с.
- Комплексе дистанционных методов при геологическом картировании таежных районов (на примере Приенисейской Сибири). Методическое пособие.** Л.: Недра, 1978. 247 с.
- Космическая съемка и тематическое картографирование.** М.: Изд-во МГУ, 1979. 232 с.
- Кузнецов В. А., Васильев В. И., Оболенский А. А.** Геология и генезис ртутных месторождений Алтае-Саянской области. Новосибирск: Наука, 1978. 294 с.
- Ласточкин А. Н.** Тектонические движения, структуры и морфоструктуры платформенных равнин.— Геоморфология, 1976, № 3, с. 15—25.
- Мещеряков Ю. А.** Структурная геоморфология равнинных стран. М.: Наука, 1965. 389 с.
- Можаев Б. Н.** О современном состоянии теоретической базы космогеологических исследований.— В кн.: Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979, с. 6—20.
- Полганов В. П., Батучина И. М., Юзвицкий А. З.** Кольцевые образования Кузбасса и их связь с современными тектоническими движениями.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 42—46.
- Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов/Под ред. А. С. Алексеева.** Новосибирск, 1979. 169 с.
- Сенкевич В. Г., Рубинов И. М.** Результаты дешифрирования космических снимков и некоторые закономерности размещения полезных ископаемых Западной и Средней Сибири.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 22—26.
- Философов В. П.** Основы структурно-генетической классификации рельефа суши.— В кн.: Материалы Харьковского отдела Геогр. о-ва Украины. Вып. VI. М.: Недра. 1968, с. 5—11.
- Флоренсов Н. А.** О геоморфологических формациях.— Геоморфология, 1971, № 2, с. 3—10.
- Флоренсов Н. А.** Очерки структурной геоморфологии. М.: Наука, 1978. 237 с.
- Худяков Г. П.** Новые пути — новые проблемы в геоморфологии.— В кн.: Геоморфоструктура Дальнего Востока. Владивосток, 1978, с. 5—11.
- Чернов Г. А.** К изучению сейсмологии и неотектоники Алтае-Саянской горной области.— В кн.: Сейсмология восточной части Алтае-Саянской горной области. Новосибирск: Наука, 1978, с. 6—27.

Юзвцкий А. З., Полканов В. П., Грицюк Я. М. Линеаменты Кузнецкого бассейна по результатам дешифрирования космических снимков.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 47—53.

Яншин А. Л., Зяткова Л. К. Развитие и использование аэрокосмических исследований природных явлений и ресурсов в Сибири и на Дальнем Востоке.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 1, с. 40—48.

**В. В. ВОРОБЬЕВ, Л. А. ПЛАСТИНИН, А. В. БЕЛОВ,
Б. А. БОГОЯВЛЕНСКИЙ, О. П. КОСМАКОВА, В. С. МИХЕЕВ**

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СИБИРИ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Глубокие социальные и экономические преобразования, происходящие в Сибири, определяют и направление географических исследований в этом регионе. По их совокупности и характеру они нацелены на обеспечение социально-экономических процессов комплексного освоения природных ресурсов Сибири, вовлечения громадных неосвоенных пространств в сферу хозяйственной деятельности. Немаловажное место при этом отводится проблеме оптимизации отношений между развивающейся экономикой этих районов и их природной средой, испытывающей на себе всевозрастающее воздействие.

Реализация крупных народнохозяйственных программ, таких как освоение нефтегазоносных ресурсов Западной Сибири, развитие промышленно-энергетических комплексов в Ангаро-Енисейском регионе (АЕР), освоение ресурсов зоны БАМ, вовлекает в сферу хозяйственного освоения очень большие территории, что определяет потребность в сложной региональной информации о природных условиях этих районов, их ресурсном потенциале, социальных и экономических предпосылках освоения. Такая комплексная страноведческая информация обеспечит глубокую проработку различных прогнозных и плановых построений.

Природные условия Сибири довольно суровы. Это в значительной степени сказывается на процессе освоения, что проявляется в использовании особых нормативных показателей в строительстве, обеспечении населения питанием, одеждой, в использовании специальной техники и т. д. Суровость природных условий Сибири оказывает влияние на процесс хозяйственного освоения еще и тем, что выдвигает на первый план проблему охраны природной среды осваиваемых территорий из-за ее высокой степени чувствительности к различным антропогенным воздействиям.

Поэтому природные аспекты проблем охраны окружающей среды стали центральной задачей географических исследований.

Таким образом, в географических исследованиях в Сибири довольно четко выделяются следующие направления:

а) продолжают углубляться фундаментальные исследования по разработке теории геосистем как основы рационального «конструирования» природной среды осваиваемых регионов;

б) проводится мелкомасштабное (обзорно-справочное), средне- и крупномасштабное тематическое картографирование природы, населения и хозяйства различных районов Сибири;

в) разрабатывается комплексное географическое обеспечение конкретных региональных программ (зона БАМ, КАТЭК, района переброски части стока рек в Западной Сибири и т. д.);

г) развернуты исследования по проблеме охраны природной среды с целью разработки географических основ рационального природопользования.

Исследования, проводимые в Институте географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР по указанным направлениям, органически вписываются в комплексную программу «Сибирь», разработанную и реализуемую Сибирским отделением АН СССР.

В разработке и постановке географических исследований непрерывно совершенствуются принципы и методы, определяемые сложностью задач, требованиями практики и освоением новых источников информации. К числу их относятся и аэрокосмические методы, которые все шире применяются в географических исследованиях.

Применение аэрокосмических материалов (АКМ) для изучения окружающей среды на настоящем этапе разработки по своему содержанию и характеру пространственной реализации отличается не только проблематикой, но и возможными альтернативами путей исследования.

Опыты анализа и применения космической фотоинформации о природе земной поверхности, в наибольшей степени получившие отражение в литературе с 1974 г., в основном касаются следующих направлений: 1) распознавание геолого-географических объектов Земли и их упорядочение в плане оперативной фотоинформации об их состоянии и соотношениях в пространстве; 2) интерпретация фотокосмических данных с точки зрения критериев информативности снимков, различного рода зависимостей их характеристик от состояния тех или иных компонентов ландшафта и возможностей использования; 3) разработка методики дешифрирования космических снимков для решения вопросов экстраполяции, обоснования «эффекта генерализации» и развития методов автоматизированной обработки изображений [Мелешко, 1973; Григорьев, 1975; Орлов, 1978; Смирнов, 1975; Виноградов, 1976; Исследования природной среды..., 1976; Многозональная аэрокосмическая съемка..., 1976; Кравцова, 1977; Салищев, 1978; Космическая съемка..., 1979].

В научной литературе последних лет настойчиво выдвигаются проблемы целенаправленного регулирования процесса взаимодействия общества и природной среды, охраны и воспроизводства природных ресурсов, контроля за окружающей средой. Если рассматривать применение материалов космической информации в качестве особого метода, то дальнейшее его развитие и применение в географических исследованиях находится в области получения новых знаний об объектах земной поверхности, установления закономерностей и процессов развития географических образований, их отношений и связей, размещения и прогноза явлений в иных, нежели принятые в настоящее время, масштабах.

Важное принципиальное отличие космического исследования от традиционно-географических состоит в размерах объектов исследования. Если географы в последнее время обратились к изучению объектов малого размера, то при обработке локализованной информации полученные результаты нередко с успехом можно также использовать для описания объектов других масштабных уровней. При этом исключение из рассмотрения части информации, характеризующей то или иное микроразмерное явление, неизбежно и необходимо. То есть объекты, более значительные по площади и сложные по структуре, должны рассматриваться в рамках определенных подразделений регионального значения, как и их локальные модификации. Это требование должно распространяться на все формы обобщения результатов космического исследования.

Использование космических материалов позволит по-новому подойти к изучению объектов природной среды и социально-экономических явлений. Как специфическое средство информации, оно дает возможность получить новые знания об изучаемых объектах в сопоставлении с уже имеющимися, рассмотреть содержательную сторону космической информации как региональной формы обобщения, сравнительную информативность материалов космического исследования, их специфику примени-

тельно к задачам анализа и трансформации данных, реализовать междисциплинарное, конструктивное и интегральное начало с учетом главных классификационных аспектов географических явлений (природного, социального и экономического).

Дальнейшее совершенствование использования космических материалов требует на данном этапе разработки и рассмотрения трех основных аспектов обобщения: 1) развитие концепции региональной системы; 2) осуществление географической интеграции результатов изучения региональных факторов пространства, выражающих тенденцию общности; 3) совершенствование методов изучения применительно к специфическим требованиям комплексного географического подхода. Первый аспект осуществляет синтез требований по выявлению именно того содержания космической информации, которое «мыслится» за совокупностью частных (отраслевых) сторон природной среды. Второй опирается на концепцию различных форм территориального сосредоточения информации и обеспечивает участие других используемых средств исследования. Третий заключается в повышении информативности региональных географических работ с применением космических материалов, обогащении полученных «образов» конкретным содержанием и его развертывании до регионального обобщения.

С космическим методом исследования связываются перспективы многих региональных представлений по становлению и осуществлению крупных территориальных народнохозяйственных проблем, а также возможность комплексного (интегрированного) изучения регионов в соединении природоведческих и социально-экономических компонентов. Космические исследования помогают создать научную основу для реализации таких программ. Назрела необходимость выделения подобной комплексной географической задачи в самостоятельную программу, к примеру с условным названием «Регион», так как цели работ по космическому исследованию природной среды как в глобальном, так и в региональном масштабах вполне отчетливы. В условиях ведущихся разработок метода анализа и изучения природных условий и ресурсов с использованием материалов космических съемок необходим также специальный подготовительный этап в виде практического эксперимента. Наиболее вероятным путем его разработки, подготовки и осуществления при отсутствии аналогов обобщения космических материалов, именно с такой целью, является метод «сценариев».

Методическую основу такого эксперимента и его сценария составляют три стороны исследования: технические аспекты, территориальные формы и регионально-целевые интересы. Логическую последовательность при обосновании целесообразности масштабов и очередности работ по анализу получаемого материала можно свести к следующим позициям: 1) инвентаризационно-информационной; 2) локационно-информационной и 3) регионально-конструктивной.

Сценарий подобного исследования, представляющий линейную последовательность четко различающихся «познавательных ситуаций» по этапам его осуществления, является темой разработки и конкретного приложения к той или иной территории. В пределах Сибири в настоящее время может быть рассмотрено до 10 территориальных народнохозяйственных проблем и региональных программ освоения разного уровня и тематики. На ближайшую перспективу целесообразно рассмотреть вопрос о постановке космического эксперимента, например, на БАМ, на территории КАТЭКа или в Западно-Сибирском регионе, проблематика которого в последнее время связана с решением двух крупных, помимо других, региональных проблем: нефтегазовой и перераспределения водных ресурсов. Существует также ряд объективных обстоятельств изученности природы региона, которые позволяют определить правомерность с точки зре-

ния эксперимента ряда методических и конституционных положений такой программы в будущем.

Известные методы дешифрирования аэроснимков основаны на определенном объеме знаний о дешифрируемом объекте и целевом назначении работ.

Объектом современных географических исследований являются процессы, формирующие природные и социально-экономические комплексы. По размеру охватываемого процессами пространства их можно разделить на глобальные, региональные и топологические, по времени действия — на эпохальные, вековые и кратковременные. Сравнительно кратковременные процессы топологической размерности, в принципе, дешифрируются на аэроснимках крупных масштабов любым из известных методов, но глобальные и региональные процессы из-за малой обзорности этих снимков не всегда воспринимаются. Выявление их связано с большими затратами средств и труда. Космические мелкомасштабные снимки, благодаря оптико-механической генерализации больших пространств, облегчают эту задачу. Однако вместе с этим возникает и ряд проблем. Методологически они сводятся к следующему.

Любой процесс материализуется и воспринимается в форме различных явлений. В разной среде и при различном состоянии процесса он выражается различными формами явлений. Вместе с тем разные процессы могут давать внешне сходные формы явлений. Процесс может быть завершен, а его форма явления сохранится долгое время. Вопрос взаимосвязи процессов и явлений, фиксируемых аэрокосмическими снимками, мало изучен и представляет собой одну из главных методологических проблем дешифрирования аэрокосмических снимков при географических исследованиях.

Вторая проблема географического дешифрирования космических снимков связана с тем, что объекты и явления отражаются на снимках совмещенно и чем выше потолок съемки, тем большее количество объектов и явлений фиксируется совмещенно в текстуре снимка. Применяемое расчленение текстуры снимка по различной плотности фототона разделяет лишь плотность фототона снимка, а не выделяет фототоны объектов и явлений, яркостная характеристика которых совмещена в каждом зерне или линии снимка. Методологически такое членение недостаточно обосновано еще и потому, что географические явления в подавляющем большинстве распознаются по аэрофотоструктуре — структуре фототона и стереомодели, их монолитности и разнокачественности и другим классификационным характеристикам. Членение только фототона дает лишь поверхностную характеристику структуры фототона, а не всего комплекса характеристик, отраженных в космических снимках. Отсюда и результаты расчленения структур фототонов, полученные на оптико-электронных и оптико-механических приборах, не всегда достоверны. В связи с этим аэро- и космические снимки, полученные в различных диапазонах спектра длины волн, также дают совмещенную характеристику в данном диапазоне всех объектов и явлений, расположенных ниже камеры аэрофотоаппарата (АФА), а не выделяют определенные объекты или явления.

Третья проблема дешифрирования космических снимков заключается в том, что фотогеничные и нефотогеничные стороны объектов и явлений меняются в зависимости от среды и состояния процесса, от технических условий и времени съемки. Фотогеничные стороны форм явлений также мало изучены. В настоящее время имеется небольшое количество эталонов, отражающих эту зависимость для топологических процессов.

Некоторые свойства прямых признаков дешифрирования позволяют на данном этапе предложить **дифференциально-синтетический метод** дешифрирования космических фотоснимков для целей географических исследований, картографирования и постановки экспериментальных ра-

бот. Опираясь на концепцию аэрофотоструктур, исследователь из текстуры снимка выделяет все возможные аэрофотоструктуры объектов или явлений. На втором этапе устанавливается взаимосвязь между ними, на третьем этапе формируется система признаков дешифрирования конкретных объектов для конкретного пространства и времени. С использованием этого метода отредактирована карта «Ландшафты юга Восточной Сибири». Подготовлена ландшафтная основа серии тематических фотокарт для Прибайкалья и проведены подготовительные работы по созданию карты геосистем Западно-Сибирской равнины.

Разработка методических вопросов географического дешифрирования аэрокосмических фотоснимков сопровождается постановкой экспериментальных исследований на географических полигонах. Такие работы проводятся на двух полигонах. В задачу работ на первом этапе входило определение информационной емкости разномасштабных аэрокосмических материалов на разных уровнях иерархического изучения и картографирования природных комплексов горных районов БАМ для установления экзодинамического направления в прогнозе их развития. Такие исследования проводятся на Чарском горном географическом полигоне в районе Удоканского промышленного комплекса. Экспериментальные работы на первом этапе предусматривали изучение развития экзогенных процессов рельефообразования как составной части природных процессов этого региона в целом.

Организация и постановка изучения экзогенных процессов в районе БАМ и на прилегающих площадях перспективного народнохозяйственного освоения выполняется для установления их прогноза в связи с хозяйственным освоением этого района.

Этими исследованиями решалась задача установления закономерностей распространения, динамики качественного и количественного развития экзогенных процессов в регионе в прогнозных целях. Программы исследований по этому региону опирались на совмещенное использование аэрокосмических материалов с аэровизуальными наземными наблюдениями и съемками. При этом были проведены крупномасштабные аэросъемочные, аэрофотогеодезические и наземные геодезические измерения на геодинимических площадках полигона для определения интенсивности многолетних, годовых и сезонных циклов развития процессов современного рельефообразования.

В перспективе планируется на полигоне провести подспутниковые аэрокосмические эксперименты и наблюдения синхронно с его космическими съемками.

Анализ и обработка одновременных аэрокосмических материалов позволили подразделить экзогенные процессы на катастрофические, умеренные и медленные, действующие в пределах соответствующих циклов. Для каждой из выделенных групп процессов были установлены определенные интервалы съемок и наблюдений. Комплексное сочетание аэрокосмических методов с полевыми аэрофотогеодезическими и камеральными фотограмметрическими дало возможность получить количественные параметры их развития. В конечном результате была составлена серия разномасштабных карт экзогенных процессов.

Институт географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР совместно с рядом научно-исследовательских организаций и ведомств участвует в постановке экспериментальных работ по комплексному картографированию избранных регионов по материалам космических фотосъемок. Такие работы выполняются институтом на Прибайкальском полигоне.

Программой исследовательских работ предусматривались разработка методики создания космофототематических карт (КФК) и непосредственная подготовка ряда таких карт (растительности, почв, экзогенных процессов рельефообразования и др.). При этом предусматрива-

лось провести исследования информационной емкости аэрокосмических фотоснимков разных видов и масштабов; разработать систему признаков дешифрирования аэро- и космических фотоснимков на основе концепции аэрофотоструктур; разработать принципы и методы создания ландшафтной основы (ЛО) для серии КФК; отработать методику составления конкретных карт серии с учетом их подготовки на единой ЛО.

Дешифрирование КФС базировалось на использовании системы признаков: прямых, косвенных, местоположения и движения (динамики). Полнота и достоверность интерпретации содержания КФС в значительной степени зависели от правильности построения и использования системы признаков дешифрирования исследуемых объектов. Информационная емкость различных КФС определялась в соответствии с задачами создания конкретных карт и в значительной степени зависела от масштаба КФС (при этом имела определенное значение высота фотографирования).

В ходе исследований по подготовке серии КФК выявлена необходимость создания единой ЛО, которая должна служить связующим звеном карт серии. Причем создание ЛО должно базироваться главным образом на классификации аэрофотоструктур конкретных КФС и созданных на их основе космофотопланов (КФП). При этом разграничение природных комплексов и объектов выполнялось по иерархическому подразделению аэрофотоструктур КФС.

Специальное содержание и легенды КФК разработаны на основе принципов и методов выделения конкретного объекта (вида его) или явления (процесса) картографирования в границах выделов ландшафтной основы. В результате была подготовлена серия карт (растительности, ландшафтов, почв и экзогенных процессов) на район Северного Прибайкалья.

Эти карты являются исходными для составления всех других, предназначенных для изучения и обеспечения мероприятий по оптимизации природопользования.

Институт также принял участие в создании на территории полигона серии карт по использованию земель и природоохранных мероприятий. Карты создавались по черно-белым и, частично, цветным спектрзональным космическим снимкам среднего масштаба. Опыт нашей работы с этими снимками показывает, что на них можно надежно дешифрировать все основные виды использования земель, типичные для данной территории, т. е. выделить селитебные площади, участки, занятые промышленными предприятиями, искусственными сооружениями, мелиоративные системы, транспортную сеть и т. п.

В использовании аэрокосмической фотоинформации четко наметились и планомерно осуществляются три главных направления. Первым, ведущим, является разработка принципов и методов применения материалов дистанционных съемок для составления тематических карт на район первоочередного освоения, предусмотренного программой «Сибирь». Вторым — изучение особо опасных географических явлений, в том числе в зоне строительства БАМ, для изучения и прогнозирования природных процессов во времени и пространстве. Решение этих проблем позволит предложить оптимальную систему охраны природы и мониторинга.

Решение проблемы рационального природопользования и охраны среды должно базироваться на моделировании отдельных природных процессов и выявлении отношений, обусловленных антропогенным воздействием. Учет последних позволит найти пути нейтрализации техногенного влияния на ход и развитие природы, ее отдельные компоненты и ландшафты в целом.

Использование космической фотоинформации позволяет изучать природу и прогнозировать ее изменения на более высоком техническом уровне. Свойства космических снимков, заключающиеся в большой обзор-

ности, отображении территории на конкретный момент съемки, обеспечивают высокое качество результатов исследований.

Опыт использования аэрокосмических материалов в географических исследованиях Сибири показывает, что по мере совершенствования техники космической съемки они будут находить все более широкое применение при решении частных (отраслевых) и комплексных географических задач. Этому будет способствовать и процесс совершенствования методики использования аэрокосмической информации. Методические работы предусматривается проводить во всевозрастающих объемах в рамках всех перечисленных направлений. Осуществление их в районах первоочередного освоения (зона БАМ, КАТЭК, АЕР и др.) обеспечит более эффективное решение основных прикладных задач, возникающих в процессе комплексного хозяйственного освоения ресурсов этих сибирских регионов.

ЛИТЕРАТУРА

- Виноградов Б. В. Космические методы изучения природной среды. М.: Мысль, 1976. 150 с.
- Григорьев А. А. Космическая индикация ландшафтов Земли. Л.: Изд-во ЛГУ, 1975. 136 с.
- Исследования природной среды космическими средствами. Геоботаника, геоморфология, почвоведение, сельскохозяйственные земли, ландшафтоведение. М., 1976. 159 с.
- Космическая съемка и тематическое картографирование. М.: Изд-во МГУ, 1979. 96 с.
- Кравцова В. И. Космическое картографирование. М.: Изд-во МГУ, 1977. 180 с.
- Мелешко К. Е. К оценке инвариантности спектрофотометрических характеристик природной среды. Л.: Наука, 1973. 128 с.
- Многозональная аэрокосмическая съемка и ее использование при изучении природных ресурсов. М.: Изд-во МГУ, 1976. 86 с.
- Орлов В. И. Анализ динамики природных условий и ресурсов. М.: Наука, 1978. 120 с.
- Салищев К. А. Принципы и задачи системного картографирования. — В кн.: Системное картографирование природных и социально-экономических комплексов (Тезисы докл. VII Всесоюз. конф. по тематическому картографированию. Москва, 17—19 октября). М.: Изд-во МГУ, 1978, с. 15—17.
- Смирнов Л. Е. Аэрокосмические методы географических исследований. Л.: Изд-во ЛГУ, 1975. 100 с.

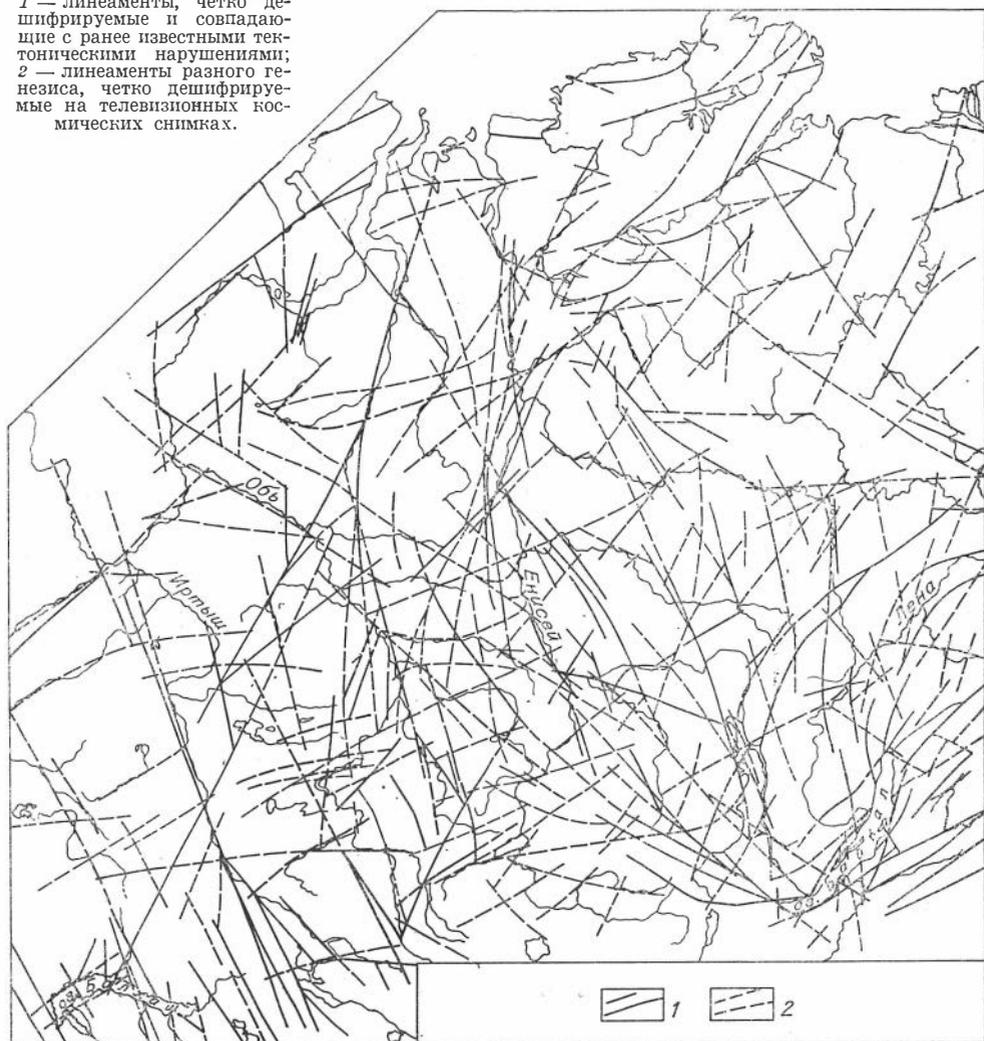
А. Л. ЯНШИН, Л. К. ЗЯТЬКОВА, В. С. ЮДИН,
И. И. БЕЛОНОСОВ, Р. В. БЕРЕЗОВСКАЯ, А. А. МИСТРЮКОВ

ИЗОМЕТРИЧЕСКИЕ (КОЛЬЦЕВЫЕ) И СПРЯМЛЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИРОДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА КОСМИЧЕСКИХ ФОТОСНИМКАХ СИБИРИ

В настоящее время с развитием дистанционных методов исследования природных ресурсов расширился круг решаемых задач. Одной из них является изучение отражения различных форм тектонических структур, имеющих различные оптические свойства на космических снимках. В последнее время большое количество работ посвящено как принципам построения оптической классификации ландшафтов, оптическим свойствам эталонных поверхностей Земли [Толчельников, 1974; Толчельников, Хазанова, 1974; Федченко, 1977; Кондратьев и др., 1973; Ревзон, 1976; Борисов, Глух, 1976], так и дешифрированию кольцевых образований, их природе и особенностям, опознаванию и дешифрированию региональной трещиноватости и спрямленных элементов на космических снимках [Борисов, Глух, 1976; Глуховский, 1976; Доливо-Добровольский, 1976; Доли-

Рис. 1. Спряmlенные элементы природных образований Сибири по данным дешифрирования ТВ-снимков.

1 — линеаменты, четко дешифрируемые и совпадающие с ранее известными тектоническими нарушениями; 2 — линеаменты разного генезиса, четко дешифрируемые на телевизионных космических снимках.



во-Добровольский, Стрельников, 1976; Скарятин, 1973; Скарятин и др., 1979; Зейлик, 1978; Хворостова, 1978]. Различную природу спряmlенных элементов, четко дешифрируемых почти на всех космических снимках, отмечали многие исследователи [Акимова, 1979; Аракелян, 1978; Аракелян, Карахенян, 1978; Башилова, Буш и др., 1976; Белоусов, 1980, Борисов, Глух, 1976; Бызова и др., 1973; Ероменко, Каттерфельд, 1978, Шульц, 1973, 1977; Брюханов, Моралев, 1980; Розанов, 1980; Скарятин, 1973].

Нами для анализа спряmlенных элементов природных образований рассматривались телевизионные космические снимки, полученные с искусственных спутников Земли системы «Метеор» за 1976—1979 гг. в разные сезоны (рис. 1). Спряmlенные элементы сопоставлялись с известными по геологическим и геофизическим материалам разломами, показанными на «Тектонической карте СССР и сопредельных стран» под ред. Н. С. Шатского [1956]; «Тектонической карте Евразии» под ред. А. Л. Яншина [1966] и «Тектонической карте фундамента территории СССР» под ред. Д. В. Наливкина [1974]. Такой анализ позволил выделить линеамен-

ты, четко дешифрируемые и совпадающие с ранее известными большой протяженности тектоническими нарушениями. Кроме того, четко выделяются спрямленные образования разного генезиса, большей частью приуроченные к границам различных ландшафтных зон. Их классификация — дело дальнейших исследований. В настоящее время мы заостряем внимание на том, что нельзя любой спрямленный элемент на космическом фотоснимке принимать за глубинные разломы и разрывные нарушения. При сопоставлении полученных результатов дешифрирования спрямленных элементов с геологическими данными выделяются наиболее четкие в Западной Сибири три линеamenta субмеридиональных направлений: 1) вдоль долины Енисея от устья р. Енисей до р. Чулым, совпадает с западной границей Сибирской платформы; 2) от долины Иртыша через Обь-Иртышское междуречье, вдоль Омско-Колтогорско-Пуровского глубинного разлома, пересекающего Западно-Сибирскую плиту; 3) Иртышское направление — субмеридиональное, соответствует Уральскому направлению. В Средней Сибири выделены спрямленные элементы от Хатангской впадины до среднего течения Лены, соответствующие северо-восточному обрамлению Сибирской платформы. На юге Сибири в пределах Алтае-Саянского горного обрамления и Прибайкалья четко выделяются субширотные, северо-западные и северо-восточные разрывные нарушения — Алтайско-Западно-Саянского и Восточно-Саянского направления.

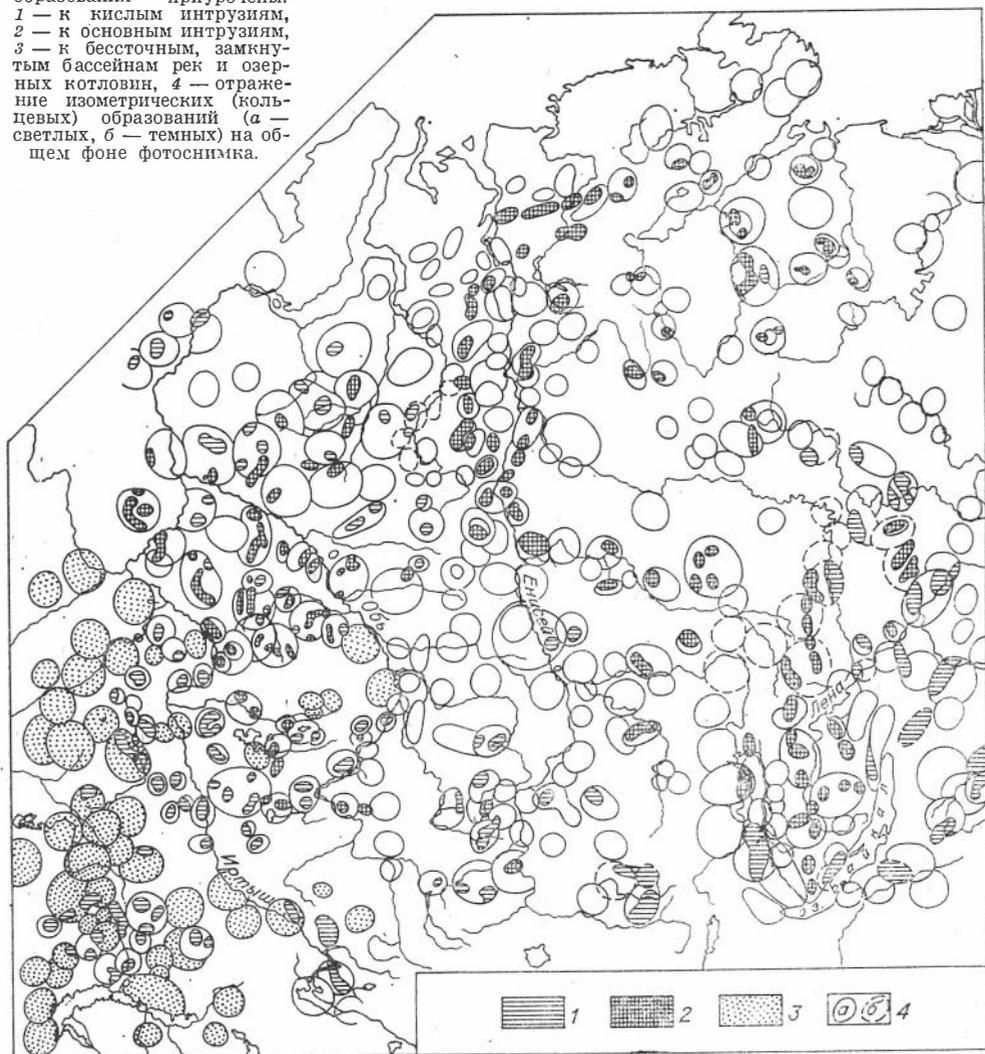
Не менее четко выделяются субширотные спрямленные элементы в Западной Сибири, но здесь надо быть очень осторожным при выделении широтных разломов, так как широтная ландшафтно-растительная и климатическая зональность дает ложный эффект спрямленных субширотных элементов, принимающихся исследователями за разрывные нарушения. Анализ ТВ-снимков позволяет выявить широкое распространение таких линейных образований, связанных как с разрывными нарушениями, так и со сменой ландшафтных зон, с границами различных геологических структур.

Большой интерес представляют специальные исследования кольцевых образований [Борисов, Глух, 1976; Зейлик, 1978; Кац, Рябухин, 1978; Кац и др., 1980; Лукашев, 1974; Хворостова, 1978; Шульц, 1973, 1977; Ревзон, 1976; Скарятин и др., 1979; Полканов и др., 1980; Порошин, 1980].

Все исследователи, работая с космическими фотоснимками, фиксируют изометрические, большей частью кольцевые (дуговые) структурные элементы разного размера и генезиса, иногда пространственно приуроченные к линейным структурам (рис. 2). Наиболее информативными оказались, как ни странно, снимки летнего сезона. Достаточно много информации дали осенние и весенние снимки и лишь незначительную часть — зимние. Следует сказать, что качество снимков в значительной мере влияет на их информативность. Замечено, что передержанные снимки существенно снижают процент полезной информации. Максимум информации дают те снимки, фотографическая обработка которых велась правильно. На таких снимках детали хорошо прорабатываются как в светлых, так и в темных местах изображения. Целью дешифрирования ТВ космических снимков было выявление изометрических фотоаномалий и их корреляция с геологическими и геофизическими данными. Результаты дешифрирования сопоставлялись с «Тектонической картой фундамента...» под редакцией Д. В. Наливкина [1974]. Оказалось, что большая часть фотоаномалий частично или полностью совпадает с выходами интрузий основного и кислого состава. Как известно, при анализе космических снимков почти всеми исследователями выделяются кольцевые, изометрические образования, но по-прежнему происхождение их во многих случаях остается неясным. Я. Г. Кац, В. Л. Авдеев, В. П. Белов [1980] предложили разделить эти образования с учетом их генетических особенностей на две

Рис. 2. Изометрические (кольцевые) образования по данным дешифрирования ТВ-снимков.

Изометрические (кольцевые) образования приурочены: 1 — к кислым интрузиям, 2 — к основным интрузиям, 3 — к бессточным, замкнутым бассейнам рек и озерных котловин, 4 — отраженные изометрических (кольцевых) образований (а — светлых, б — темных) на общем фоне фотоснимка.



группы. К первой относятся кольцевые структуры, генезис которых не вызывает сомнений, ко второй — образования, генезис которых остается пока невыясненным. Этими исследователями было выделено четыре типа локальных кольцевых образований: эндогенные, экзогенные, космогенные и техногенные (табл. 1).

Предложенная классификация является хорошей основой для дальнейших уточнений и разработок этой важной проблемы. По размерам кольцевые структуры Земли могут подразделяться на мелкие (диаметр до 10 км), средние (диаметр от 10 до 100 км), крупные (диаметр от 100 до 1000 км) и гигантские (диаметр превышает 1000 км). Но такая классификация у различных исследователей может быть субъективной (табл. 2).

Особого внимания заслуживают при дешифрировании космических снимков объекты округлой формы неясного происхождения. Это гигантские структуры выделяются в виде концентрических, радиально-концентрических структур и структур типа пятен. Они часто совпадают с контурами сводово-глыбовых сооружений с региональными аномалиями гра-

Классификация кольцевых образований по происхождению (по Я. Г. Кацу, В. Л. Авдееву, В. П. Белову [1980])

Тип	Класс		Примеры
Эндогенные	Тектогенные		Кольцевые разломы, купола, впадины округлой формы, островные дуги
	Магматогенные	Интрузивные	Кольцевые интрузии, дайки, интрузивные купола
		Вулканогенные	Конусы, кальдеры, жерла, кимберлитовые трубки
	Метаморфогенные		Гнейсовые купола
	Вулканоидные		Грязевые вулканы
Экзогенные	Криогенные		Воронки, котловины, бугры, гидролактолиты, полигоны растрескивания
	Карстовые		Воронки, колодцы
	Гляциальные		Цирки, карры, озера, моренные холмы, котловины
	Эоловые		Котловины выдувания, кольцевые дюны
	Биогенные		Атоллы, рифы
Космогенные	Ударно-взрывные (импактные)		Кратеры: простые с центрально-горной концентрацией, гигантские бассейны
	Отраженные		Кратеры — антиподы
Техногенные			Карьеры, водохранилища, воронки

витационного и магнитного полей, а также с аномалиями строения глубинных горизонтов Земли.

С. В. Порошиным [1980] отмечалось, что образование большинства кольцевых структур вызвано внутриземными причинами, что формирование кольцевых структур связано, очевидно, с процессами воздымания (активизации) или является его следствием и приводит к стабилизации земной коры. По вертикальному профилю С. В. Порошин выделяет три группы кольцевых структур (табл. 3).

Особо интересна третья группа изометрических локальных образований, которые на космических снимках, особенно весенне-осенних, выделяются резким темным тоном на общем сером фоне снимка. Большая часть этих образований приурочена в Сибири к бессточным бассейнам рек в районе левобережья Ишима, Иртыша, около озер Балхаш, Алаколь в Казахстане (см. рис. 2). Такие потемнения выделяются не на всех снимках, а чаще на весенне-осенних, поэтому образование пятен можно объяснить поднятием грунтовых вод в этот период. Кроме того, выделяют

Т а б л и ц а 2

Классификация кольцевых образований по размерам, км

Тип	По Я. Г. Кацу, В. Л. Авдееву, В. И. Белову [1980]	По С. В. Порошину [1980]
Гигантские	Более 1000	Более 120
Крупные	100—1000	60—120
Средние	10—100	До 60
Мелкие	До 10	

(рис. 3). Поэтому при выделении кольцевых образований, с которыми часто связывают нефтепоисковые признаки, нужно быть осторожными и применять целый комплекс геолого-геофизических материалов.

Кроме того, выявлена интересная закономерность при сопоставлении на территории СССР изометрических образований с распространением аномалий магнитного поля [Зейлик, 1978]. Исследования показали определенную связь между большинством «кольцевых» образований и магнитными аномалиями. Однако большая приуроченность изометрических образований к магнитным аномалиям наблюдается в пределах Средней Азии и Казахстана, а в центральных и северных районах Сибири — реже. Большое количество отдешифрованных линеаментов и изометрических образований в Западной и Средней Сибири требует еще детального изучения и их интерпретации с привлечением геологических, геофизических и других данных.

Поэтому одной из причин несовпадения кольцевых образований с элементами глубинного строения Земли могут быть ландшафтные особенности Сибири и Крайнего Севера, где экзогенные процессы, обусловленные многолетней мерзлотой, создают мозаичный изометричный ландшафт, дальнейшее изучение которого позволит отделить структуры, не связанные с геологическими объектами.

Таким образом, проведенный анализ еще раз подтверждает генетическую дифференцированность спрямленных и изометричных образований в Западной и Средней Сибири, доказывает, что предстоят дальнейшие детальные исследования, которые позволят отделить спрямленные и изо-

ся светлые кольцевые, полузамкнутые дугообразной формы образования, приуроченные к водоразделам древовидных бассейнов рек. В Среднем Приобье, в бассейне Югана, Васюгана эти водоразделы большей частью покрыты верховыми болотами, поэтому дают светлый фон по сравнению с речными долинами, поросшими темными елово-пихтовыми лесами, подчеркивающими лапчатое интенсивное эрозионное расчленение

Т а б л и ц а 3

Классификация кольцевых структур с использованием материалов С. В. Порошина [1980]

Группа	Величина	Общая характеристика
I. Изометричные массивы	Диаметр >20 км	Типа куполов; развиты в пределах гранитоидов и метаморфических пород, реже на площадях развития кислых и средних вулканитов
II. Кольцевые образования, приуроченные к определенному комплексу пород	Диаметр <20 км	Район распространения древних вулканов. Фиксируются изометричными аномалиями геофизических и геохимических полей
III. Локальные округлые образования, приуроченные к впадинам и водоразделам древовидных бассейнов рек	Диаметр 5—7 км, до 25 км	Приурочены к кальдерам древних вулканов, бессточным котловинам, реликтовым озерным впадинам, к районам размытых эрозией менее крепких горных пород, к впадинам



Рис. 3. Фрагмент фотокарты Сибири.

метрические (кольцевые) образования, не связанные с геологическими структурами, а дешифрирование космических снимков поможет дальнейшим поискам полезных ископаемых и изучению природных особенностей Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

- Акимова Е. В. Дешифрирование региональной трещиноватости.— В кн.: Анализ космических снимков при тектоно-магматических и металлогенических исследованиях. М.: Наука, 1979, с. 19—27.
- Аракелян Р. А. О некоторых закономерностях распределения и взаимосвязи прямолинейных и дугообразных форм, отраженных на космических снимках.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10, с. 178—180.
- Аракелян Р. А., Карахенян А. С. Опознавание и дешифрирование разломов на космических снимках различных уровней естественной генерализации.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10, с. 35—39.
- Башилова Н. И., Буш В. А. и др. Изучение глубинных разломов и разломная тектоника территории СССР по данным космических съемок.— В кн.: Разломы земной коры. (Тезисы докладов). М., 1976, с. 10—12.
- Белоусов В. М. Изучение сдвиговых деформаций по космическим снимкам.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 61—64.
- Борисов О. М., Глух А. К. Региональные линейные и кольцевые структуры Средней Азии по данным дешифрирования космофотоснимков.— Узб. геол. журн., 1976, № 6, с. 43—46.
- Брюханов В. Н., Моралев В. М. Космическая информация и геологические исследования.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 1, с. 49—54.
- Бызова С. Л. и др. Дешифрирование тектонических линейных элементов по космическим снимкам Кавказа.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7, с. 51—61.
- Глуховский М. З. О кольцевых структурах и линейных разломах Алданского щита и Становой области (по материалам дешифрирования телевизионных космических снимков).— Геотектоника, 1976, № 5, с. 36—48.
- Доливо-Добровольский А. В. К вопросу об изучении кольцевых структур по космическим снимкам.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. 5. М., 1976, с. 90—93.
- 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. Геология и геоморфология. Т. 5. М., 1976, с. 184—203.
- Ероменко В. Я., Каттерфельд Г. Н. Использование космических снимков при изучении региональных и глобальных систем линейных элементов Земли.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10, с. 23—29.
- Зейлик Б. С. О происхождении дугообразных и кольцевых структур на Земле и других планетах. М., 1978. 55 с. (Обзор ВИЭМС. Общая и региональная геология; геол. картирование).
- Кац Я. Г., Авдеев В. Л., Белов В. П. О классификации кольцевых структур Земли.— В кн.: Космогенные структуры Земли. М., 1980, с. 22—26.
- Кац Я. Г., Рябухин А. Г. О природе кольцевых фотоаномалий, выявленных на космических изображениях Восточно-Европейской платформы.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10, с. 47—54.
- Кондратьев В. В. и др. Дистанционная индикация влагозапасов атмосферы и подстилающей поверхности.— Водные ресурсы, 1973, № 2, с. 58—68.
- Лукашев Г. Н. Дешифрирование кольцевых структур на космических фотоснимках юга Алтае-Саянской складчатой области.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. 2. М., 1974, с. 78—82.
- Полжанов В. П., Батучина И. М., Юзвицкий А. З. Кольцевые образования Кузбасса и их связь с современными тектоническими движениями.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 42—48.
- Порошин С. В. Типы кольцевых структур по данным дешифрирования космических снимков.— В кн.: Космогенные структуры Земли. М., 1980, с. 26—30.
- Ревзон А. Л. Индикационная роль карстовых форм при геоморфологическом дешифрировании.— Землеведение. Новая серия, 1976, т. 11(1), с. 209—213.
- Розанов Л. Н. Особенности и отображения тектонических разломов на снимках из космоса.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 3, с. 98—100.
- Скарятин В. Д. Об изучении разрывной тектоники по комплексу разномасштабных космоснимков Земли (метод многоступенчатой генерализации).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7, с. 34—50.
- 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.— В кн.: Анализ космических снимков при тектоно-магматических и металлогенетических последованиях. М.: Наука, 1979, с. 66—74.
- Тектоническая карта СССР и сопредельных стран.** М-б 1 : 5 000 000/Под ред. Н. С. Шатского. М., 1956.
- Тектоническая карта Евразии.** М-б 1 : 5 000 000/Под ред. А. Л. Яншина. М., 1966.
- Тектоническая карта фундамента территории СССР.** М-б 1 : 5 000 000/Под ред. Д. В. Наливкина. М., 1974.
- Толчельников Ю. С.** Оптические свойства ландшафтов. Л.: Наука, 1974. 250 с.
- Толчельников Ю. С., Хазанова Т. М.** Принципы построения и параметры оптической классификации ландшафтов по материалам дистанционных измерений.— Изв. Всесоюз. геогр. о-ва, 1974, т. 106, вып. 1, с. 27—32.
- Федченко П. П.** Оптические свойства эталонных поверхностей.— Труды ДВНЦ АН СССР, 1977, вып. 59, с. 134—137.
- Хворостова З. М.** Кольцевые структуры, обнаруженные на космических снимках.— Геол. и геофиз., 1978, № 1, с. 46—53.
- Шульц С. С. (мл.)** Концентрические сводовые структуры восточной части Туранской плиты на космических снимках.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7, с. 182—184.
- 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-во ЛГУ, 1977, с. 50—55.

В. А. БЕЛЯЕВА

ЗНАЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И МАСШТАБА АЭРО- И КОСМОСНИМКОВ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ДЕШИФРИРОВАНИИ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Геологическая информативность аэро- и космоснимков зависит не только от геологического строения и геоморфологических условий территории, но также от их качества и масштаба. В условиях юга Западной Сибири в целом наиболее информативны снимки, полученные в раннелетний (вторая половина мая — первая половина июня) или раннеосенний (сентябрь) периоды, когда листва резко дифференцирована по окраске, а следовательно, и по отражательной способности. Что же касается масштаба снимков, то здесь многое зависит от решаемой задачи и в первую очередь от масштаба и глубинности проводимых геологических исследований. На юге Западной Сибири уже довольно прочно вошел в практику геологических исследований метод комплексного использования аэрофотоматериалов различных масштабов.

В геологическом отношении рассматриваемая территория находится в пределах Западно-Сибирской плиты молодой Урало-Сибирской платформы [Конторович и др., 1975]. Лишь небольшая часть ее относится к зоне Алтае-Саянской складчатости, которая включает в себя северо-западную часть Салаирского кряжа, герцинские структуры Кольвань-Томской дуги, Горловский прогиб и часть Кузнецкого прогиба.

Салаирский кряж относится к числу важнейших морфоструктур высокой структурно-геоморфологической поверхности, выделенной В. А. Николаевым [1978] на юге Западной Сибири, и представляет собой асимметричное сводовое поднятие, в настоящее время почти сплошь залесенное, с абсолютными отметками до 400—500 м, главные структуры которого имеют общую северо-западную ориентировку. В пределах Салаирского кряжа глубина залегания пород палеозоя наименьшая на территории Западной Сибири. Она колеблется от 0,5 до 10—15 м, а местами по долинам рек, на склонах и на высоких водоразделах имеются выходы пород на дневную поверхность.

Салаирский антиклинорий на протяжении всей истории формирования современного рельефа существовал как положительная морфоструктура, поверхность которой неоднократно претерпевала различные изменения, связанные с процессами эрозионного расчленения и аккумуляции, в силу чего геологическое дешифрирование здесь, несмотря на неглубокое залегание пород палеозоя, чрезвычайно сложно. Основные формы современного рельефа не согласуются с геологическим строением. Только самые новейшие микроформы рельефа, подчеркнутые выборочным распределением растительности, могут быть использованы в качестве прямых дешифровочных признаков геологических объектов на участках с близким залеганием пород палеозоя. На таких участках удобнее выполнять работы с использованием аэро- и космических снимков самых крупных масштабов. На этих снимках можно отдешифрировать многие детали геологического строения пород: характер складчатости, характер границ между свитами, отдельные пласты и пачки пород, особенности проявления разрывной тектоники. В глубине выровненных водоразделов, где мощность четвертичных отложений достигает 20—30 м и более, где возможно дешифрирование литологических разновидностей только крупных групп горных пород, целесообразнее применять снимки более мелкого масштаба. При переходе к работам более регионального характера масштаб снимков должен уменьшаться.

В пределах Кольвань-Томской складчатой зоны возможности геологического дешифрирования материалов рядовых аэрофотосъемок визуальными методами весьма ограничены. Условия торцового сопряжения герцинского складчатого пояса с каледонскими структурами Салаирского кряжа в значительной степени повлияли на геологические условия территории. Залегая в целом довольно полого, породы палеозоя в то же время интенсивно дислоцированы. Складчатость имеет напряженный характер, крутые складки осложнены дополнительной мелкой складчатостью высоких порядков вплоть до гофрировки. В течение длительного мезозойско-кайнозойского времени эта территория существовала как область денудации. Начиная с плиоценовой эпохи, территория становится областью аккумуляции субаэральных осадков. Четвертичный покров представлен лессовидными суглинистыми осадками краснодубровской свиты. Верхняя часть этой толщи обладает повышенной просадочностью, что в условиях расчлененного рельефа территории приводит к быстрому разрушению осадков при намокании и образованию эрозионных форм. Основные морфологические показатели в пределах Кольвань-Томской складчатой зоны согласуются с планом расположения ведущих структур и с особенностями геологического и тектонического строения палеозойского основания. Так, при общей вытянутости рельефа в северо-восточном направлении горизонтальная расчлененность усиливается от Оби к Салаиру, в том же направлении идет и возрастание глубины врезания речной сети [Николаев, 1978]. Сложность строения пород палеозоя, большая мощность и литологические особенности перекрывающих рыхлых осадков, зональность в расчлененности территории во многом определили степень геологической дешифрируемости района. Несмотря на большую глубину залегания пород палеозоя, по характерным особенностям современного рельефа здесь возможно выделение на аэрофотоснимках отдельных свит. Иногда вблизи выходов коренных пород на поверхность, на участках с небольшой мощностью четвертичных отложений на таких снимках можно отдешифрировать отдельные пачки слоев, насыщенные прослоями известняков. Дешифрируются они по более светлому фоторисунку и по просадочным западинам, расположенным цепочками вдоль прослоев известняков. По этим признакам диагностируется простираение пород на участках с глубиной залегания палеозойского основания до 30 м. На аэрофотоснимках в условиях сплошной залесенности при

мощности перекрывающих пород четвертичных отложений до 50 м по распределению лиственной и хвойной растительности достаточно достоверно определяется контакт гранитного массива и вмещающих пород. Для дешифрирования палеозойского основания в условиях более глубокого залегания необходимо применять более сложные и трудоемкие методы анализа и генерализации аэрофотоизображения. Материалами естественной генерализации фотоизображения земной поверхности являются космические снимки.

Нами проведен анализ космических снимков слабого и среднего разрешения. Снимки слабого разрешения (мелких масштабов) поступают в виде дифференцированных изображений в четырех диапазонах видимого спектра: 0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,7—0,8; 0,8—1,0 мкм. При этом наиболее информативны снимки в длинноволновой части спектра на границе видимой и инфракрасной областей (0,8—1,0 мкм). Что касается сезона съемки, то эти снимки желательнее применять комплексно. При выделении ландшафтов большую информацию можно извлечь из снимков июльских и сентябрьских залетов. Для дешифрирования разрывной тектоники рациональней использовать снимки весенних съемок (март — апрель), начального периода снеготаяния, когда даже слабое потемнение и уплотнение снега на повышенных участках резко сказывается на его отражательной способности. Так, на апрельских космоснимках четко обозначился разлом, отделяющий Западно-Сибирскую плиту от структур Алтае-Саянской складчатой зоны. Вдоль разлома проявились все основные гранитные массивы в виде округлых пятен более темного фототона. По снимкам слабого разрешения не представляется возможным отдешифрировать структуры в пределах Салаирского антиклинория или Колывань-Томской складчатой зоны в связи со сложностью геологического строения и малыми размерами структур.

Значительно большей информативностью в этих районах обладают снимки среднего разрешения, поступающие в диапазоне спектра 0,7—1,1 мкм. При этом наиболее информативны для юга Западной Сибири снимки сентябрьских съемок. По ним на данной стадии исследования еще ничего нельзя сказать о внутренней структуре Салаирского антиклинория, но на них, например, прекрасно виден разлом северо-западного направления, отделяющий Салаирский кряж от Кузнецкого прогиба. На этих снимках также видно, что разлом этот не является единой сплошной линией, а состоит из множества разломов субширотной ориентировки, расположенных кулисообразно. На снимках проявился характер сочленения структур Салаира и Колывань-Томской складчатой зоны. На самой северо-западной окраине Салаирского кряжа виден резкий загиб структур к югу. А в пределах Колывань-Томской складчатой зоны на северо-западном продолжении салаирских структур заметно посветление на снимках, связанное, по-видимому, с большей плотностью и устойчивостью к выветриванию пород в этой зоне и повышенным положением их в современном рельефе.

На границе Салаира и Колывань-Томской складчатой зоны можно проследить серию дугообразных разломов северо-восточного направления, территориально совпадающих с Горловским прогибом. Подобные разломы видны и на сочленении Колывань-Томской складчатой зоны с Западно-Сибирской плитой вдоль левого берега Новосибирского водохранилища. Не исключено, что здесь может оказаться прогиб, подобный Горловскому.

Видеоинформация космических снимков среднего разрешения может быть значительно улучшена путем обработки их на оптико-электронной машине. По нашей просьбе один из сентябрьских снимков был обработан на оптико-электронной машине в Вычислительном центре СО АН СССР лабораторией по обработке спутниковой информации. В данном случае

был проделан ряд операций с помощью алгоритма, позволившего улучшить визуальное восприятие изображения за счет нелинейных замен оптической плотности в каждой точке снимка на максимальную и минимальную плотность. Качество снимка значительно улучшилось. Если на обычном, необработанном, снимке кольцевые аномалии, соответствующие гранитным массивам, и большинство разрывных нарушений могли быть отдешифрованы только опытным дешифровщиком, то после обработки снимка они отчетливо проявились. Дополнительно проявились разломы субширотного направления, которые ранее не были нами замечены. Однако для региональных работ в пределах Салаира и Кольвань-Томской складчатой зоны, проводимых на основе ландшафтных методов исследований, необходимы космические снимки более крупного масштаба.

Большая часть рассматриваемой территории находится в пределах Западно-Сибирской плиты. Генетические типы четвертичных отложений здесь тесно связаны с формами современного рельефа и, как правило, имеют четкое отображение на крупномасштабных аэрофотоснимках. Иногда на рядовых снимках с помощью дополнительной обработки аэрофотоизображения можно отдешифровать литолого-генетические комплексы неогеновых отложений. Для дешифрирования более глубоких горизонтов Западно-Сибирской плиты необходима более генерализованная видеoinформация. Огромные размеры плиты и большая глубина залегания пород палеозоя предопределили возможность успешного применения здесь материалов космических съемок. Однако самая южная часть Западно-Сибирской плиты находится в несколько особых условиях, которые повлияли на степень геологической дешифрируемости космических снимков. Испытав кратковременное поднятие в начале юры, эта территория на протяжении всего мезозойско-кайнозойского времени медленно погружалась. Последующие восходящие движения в пределах Западно-Сибирской плиты, с которыми связываются отступление олигоценового (чеганского) моря и начало формирования современного рельефа, и дальнейшее усиление тектонических движений в верхнеплиоценовое и раннеплейстоценовое время, сопровождавшееся глубоким врезом эрозионной сети, на этой территории существенно не отразились. Морская аккумуляция сменилась озерно-аллювиальной — формировалась Барабинская озерно-аллювиальная равнина. И только затухание ледниковых явлений и постепенный спад вод на фоне продолжающегося поднятия прилегающей с востока территории имели следствием начало распада озер и древних ложбин стока и формирование современной слабоврезанной гидрографической сети [Николаев, 1978]. Барабинская равнина, в силу своеобразной истории геологического развития, длительное время была весьма благоприятным объектом для соленакопления в толще слагающих ее осадков и в подземных водах [Базилевич, 1965]. В настоящее время крупные озера продолжают распадаться на множество мелких озер, заболачиваются, засоляются, русла и без того мелких рек пересыхают. Поэтому южная часть Западно-Сибирской плиты на мелкомасштабных космических снимках зимних и ранневесенних съемок выглядит белесым пятном без четкого рисунка фотоизображения. Наиболее информативными для этой части территории будут космические снимки летних и осенних съемок. На таких снимках возможно выделение разрывных нарушений с относительной дифференциацией их по времени заложения и активизации и кольцевых структур с разделением их на структуры типа сводовых поднятий и эрозионно-тектонических выступов. Эти снимки могут быть использованы для ландшафтных методов выделения структурно-фациальных комплексов в доюрском основании юга Западно-Сибирской плиты.

Базилевич Н. И. Геохимия почв содового засоления. М.: Наука, 1965. 351 с.
 Конторович А. Э., Нестеров И. И., Салманов Ф. К., Сургов В. С., Трофимук А. А.,
 Эрвье Ю. Г. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 1975. 679 с.
 Николаев В. А. Рельеф.— В кн.: Новосибирская область, природа и ресурсы. Ново-
 сибирск: Наука, 1978, с. 5—25.

Д. А. СИНЕЛЬНИКОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОЗЕР ЮЖНЫХ РАВНИН ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Одной из характерных природных особенностей южных равнин Западной Сибири является наличие огромного количества озер, разнообразных по величине, форме, химическому составу воды и т. п. Только на территории Барабинской низменности их насчитывается свыше 2,5 тысяч [Пилькевич, 1972].

По материалам дешифрирования космических теле- и фотоснимков среднего и малого разрешения отмечено, что озера в совокупности составляют определенные системы с элементами взаимосвязи между собой и компонентами окружающего ландшафта. Так, озера южной части Ишим-Тобольского междуречья объединены в крупную систему. Здесь озера расположены на местности сплошным массивом и имеют четкие связи между собой в виде протока или заболоченных узких понижений. В этом массиве часто наблюдаются озерные цепочки, располагающиеся по ложбинам древнего стока. Продолжением таких цепочек озер являются реки Суерь, Кизак, Вагай и др.

В Ишим-Иртышском междуречье имеются крупные постепенно высыхающие озера, такие как Шаглы, Калибек, Киши-Карой, Улькен-Карой, Эбейты, Теке, Кызылках, Селетыениз, Жалаулы, Шурексор. Согласно космическим снимкам, эти озера в давнее время были между собой связаны и занимали значительно большие площади. Реликтовые и депрессированные части озер на космических снимках в зоне спектра 0,7—1,1 мкм отличаются более светлым фототонном и структурой рисунка фотозображения. В связи с этим возможно выделение этих частей при дешифрировании снимков (рис. 1 и 2). Особенно примечательно изображение древнего ложа оз. Эбейты, в котором сельскохозяйственные поля расположены радиально (по кругу от центра озера); древнее ложе подчеркивается также проложенными в окрестностях автодорогами.

Вышеперечисленные озера этого междуречья, образуя связанную цепь водоемов, соединялись через оз. Эбейты с Камышловским логом. Эти связи читаются на космических снимках. На территории этого междуречья (в южной части) мелкие озера встречаются сравнительно редко и не образуют каких-либо систем. Исключение составляют цепочки озер Камышловского лога и его ответвлений.

Многочисленные озера Обь-Иртышского междуречья отличаются многообразием форм расположения. Цепочки крупных и мелких озер подчеркивают направления ложбин древнего стока и их дельтовые разливы. По космическим снимкам на этой территории различаются скопления озер, являющихся остатками озерных систем (Абышкан-Чебаклы и др.). Крупные озера (Чаны, Кулундинское) также представляют собой остаточные водоемы крупных озерных систем, следы которых дешифрируются на снимках. Здесь же по космическим снимкам разных масштабов читаются

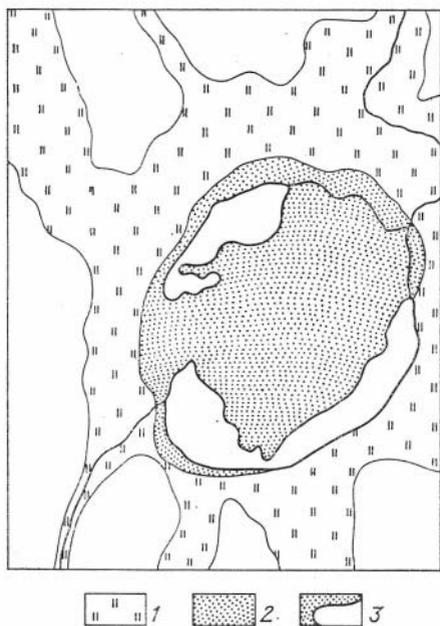


Рис. 1. Схема дешифрирования оз. Улькен-Карой.

1 — реликтовая часть озера; 2 — депрессивная часть озера; 3 — граница современной водной поверхности.



Рис. 2. Схема дешифрирования оз. Калибек. Усл. обозн. см. на рис. 1.

многочисленные озерные депрессии, приуроченные в основном к древним ложбинам и озерным системам. Единичные озера встречаются редко.

При дешифрировании космических снимков замечено, что озера, различающиеся по минеральному составу, изображаются разным фототонном. Сильно минерализованные озера на изопанхроматических снимках изображаются черным фототонном, пресные — серым, на спектрзональных снимках (инфракрасная зона) соответственно черным и светло-розовым. Отсюда следует, что, зная минеральный состав озер на выбранном эталонном участке изучаемого района, можно составить для определенной градации заминерализованности озер шкалу соответствующих фототоннов и зоны спектра, в которой озера одной или нескольких ступеней градации минерализованности изображаются наилучшим образом.

На космических снимках среднего разрешения и крупнее среднего в зонах спектра 0,7—1,1 мкм дешифрируются несколько ступеней сокращения водной поверхности крупных и средних озер (см. рис. 1, 2). Для более мелких озер это заключение будет справедливо при дешифрировании мелкомасштабных аэрофотоснимков. Используя схемы дешифрирования, исторические данные, топографические карты, материалы аэрофотосъемок и другие материалы, отличающиеся во времени, можно определить динамические характеристики озер.

При изучении разновременных космических телеснимков осеннего и зимнего сезонов замечено, что соленые озера четко изображаются черными вкраплениями на белом фоне снега, поскольку замерзают позже пресных, т. е. по космическим снимкам осенне-зимнего сезона можно выделить соленые озера из всего существующего количества на район или регион (рис. 3).

Используя известные свойства космических снимков, можно наметить схему связей озер между собой, с древней и современной гидрографией,

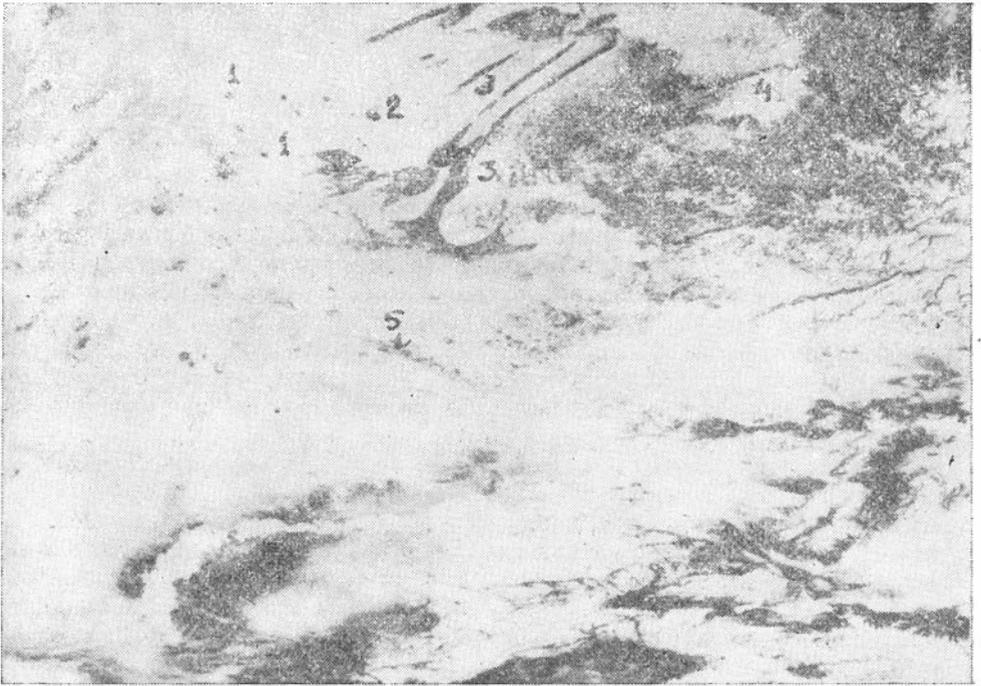


Рис. 3. Космический сканерный снимок (декабрь 1980 г.).

1 — солевые озера; 2 — оз. Кулундинское; 3 — ложбины древнего стока; 4 — р. Обь; 5 — р. Иртыш.

что особенно важно для проектирования и осуществления различных мелиоративных мероприятий.

В настоящее время озера южных равнин Западной Сибири не имеют большого хозяйственного значения, однако их богатейшие потенциальные природные ресурсы могут быть использованы в различных областях народного хозяйства. Наиболее конкретное применение ресурсы озер найдут в рыбоводстве и рыболовстве, в химической промышленности, в сельском хозяйстве (вода для полива и сапропели для удобрения почв), в ондатроводстве и птицеводстве. Кроме того, озера дают значительное количество тростника и камыша как строительного материала, а также служат хорошей базой для развития охотничье-промыслового хозяйства и краевого туризма [Поползин, 1972].

Хозяйственное освоение озер этих районов проводится весьма медленно из-за их слабой изученности. Преобразование и повышение продуктивности озер требуют научно обоснованной региональной мелиорации. Использование материалов аэрокосмических съемок позволит провести комплексное изучение озер Западной Сибири в значительно короткие сроки и с достаточной достоверностью.

ЛИТЕРАТУРА

- Пилькевич И. В. Морфология и динамика уровней озер Барабинской низменности. — В кн.: Оценка природных ресурсов Новосибирской области. Новосибирск, 1972, с. 113—118.
- Поползин А. Г. Ресурсы озер Новосибирской области и их хозяйственное значение. — В кн.: Оценка природных ресурсов Новосибирской области. Новосибирск, 1972, 104—112.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ЭРОЗИОННЫХ КАРТ

В результате нарушения норм и правил землепользования и проведения противоэрозионных мероприятий в ряде районов Сибири, Алтая и Северного Казахстана стали активизироваться старые и зарождаться новые очаги водной и ветровой эрозии. Активизация этих процессов в некоторых случаях стала приобретать угрожающий характер, что в свою очередь требует принятия экстренных мер по их выявлению и локализации. Для разработки комплекса противоэрозионных мероприятий необходимо в первую очередь провести работы по картографированию овражно-балочной сети и районов, подверженных площадной эрозии.

Существующие методики составления подобных карт предусматривают использование топографических, гидрографических, геоморфологических и прочих карт и планов, данных аэрофотосъемки и полевых работ. Результаты обработки этих материалов дают возможность составить специальные эрозионные карты или карты овражно-балочной сети лишь на отдельные локальные участки. При составлении таких карт на большие территории существующие методы позволяют учесть только наиболее общественные или попавшие под натурные обследования участки.

До настоящего времени не существует отработанной методики составления карт площадной эрозии. Трудоемкость картографирования этих процессов заключается в сложности их опознавания как в натуре, так и по справочным материалам. Наиболее результативными в этом отношении представляются материалы мелкомасштабной аэрофотосъемки. Но по ряду таких причин, как невозможность единовременной съемки больших площадей, большого объема обработки и довольно высокой себестоимости работ, аэрофотосъемка не может обеспечить в короткие сроки получение того огромного материала, который необходим для решения поставленных задач.

Комплексное решение всей проблемы можно условно разделить на два этапа. Первый этап должен включить в себя статистический учет всей овражно-балочной сети и очагов проявлений водной эрозии. На втором, основном, этапе необходимо разработать методику определения и прогнозирования динамики развития эрозионных процессов и в соответствии с этим осуществлять комплексное планирование и проведение противоэрозионных мероприятий.

Из исследований, проводимых различными организациями, в том, числе и Институтом прикладной геодезии (Новосибирск), стало ясно, что для разрешения этих вопросов существенную роль должны сыграть результаты космических фотосъемок. Как новый вид информации космическая фотосъемка обладает рядом преимуществ, отличающих ее от ранее используемых при составлении эрозионных карт материалов. Огромное количество информации, высокая обзорность, единовременность съемки огромных территорий, естественная генерализация, а также в большинстве случаев достаточная разрешающая способность, по данным наших исследований, говорят о том, что тематическое дешифрирование можно производить по материалам космических фотосъемок с целью составления карт средних и мелких масштабов.

Сам процесс составления тематических эрозионных карт состоит из нескольких этапов.

Первый, подготовительный этап, включает в себя сбор информативных данных на район картографирования. В зависимости от цели и на-

значения создаваемой карты собираются данные по климатическим, геологическим, геоморфологическим и т. д. условиям района, а также данные полевых работ и картографические материалы. На основе анализа собранных материалов и результатов космической съемки рассматривается возможность составления карты на интересующий нас район в требуемом масштабе. При этом соотношение масштабов создаваемой карты и космических фотоматериалов зависит в основном от масштаба и качества фотосъемки, а также точности в определении и нанесении отдешифрованных контуров. Результаты проведенных исследований показали, что масштаб создаваемой карты может быть в 4 раза крупнее масштаба космического снимка.

За основу создаваемой карты желательно принимать топографическую карту такого же масштаба.

Второй этап создания эрозионных карт включает в себя наиболее трудоемкий и ответственный процесс — камеральное дешифрирование с последующим полевым контролем. В принципе, процесс дешифрирования космических снимков сводится, как и по обычным аэрофотосъемочным материалам, к таким операциям, как информационный поиск и выявление объекта на общем фоне изображения.

Дешифрирование производится с помощью стереоскопов различных марок. Для несложных измерительных целей рекомендуется использовать «Интерпретоскоп». Дешифрирование может производиться как по одиночному снимку, так и по паре перекрывающихся снимков с получением стереоэффекта модели местности. При этом надо учитывать, что стереоскопическая модель может быть получена не только по снимкам одного маршрута, но и по снимкам с разных маршрутов и различных масштабов, но на один и тот же район земной поверхности.

Разновидность поступающей к потребителям материалов КС дает возможность не только зафиксировать, к примеру, ту же овражно-балочную сеть, но при определенном опыте работы по косвенным признакам выявлять корреляционные связи, влияние одного или нескольких компонентов на нарушение природного равновесия в данном районе. Для этой цели рекомендуется использовать материалы разных видов космической фотосъемки, различные по масштабам залета и времени года. Так, дешифрирование весенних залетов во время интенсивного снеготаяния дает возможность определить участки водосбора, направление и пути стока талых вод.

Для южных районов Западной Сибири, где снеготаяние происходит в короткие сроки, а глубина промерзания грунтов порядка 1,5—2 м, происходит поверхностный смыв плодородного слоя почвы на незакрепленных растительностью участках.

Овражно-балочная сеть имеет четкий рисунок за счет контраста фотоизображения водотоков талых вод (серый — темно-серый цвет) и еще не растаявшего снежного покрова по склонам и краям оврагов. Гидрографическая сеть в этот период ярко выражена. Невскрывшиеся реки имеют светло-серый фототон, пойменные части изображаются в основном рисунком вихревого характера штриховой структуры с колебаниями тона фотоизображения от чисто-белого до черного.

Пойменные части речных долин имеют довольно четкую границу по фототону. В редких случаях такая граница отсутствует. Вскрывшиеся реки, а также пойменные участки, залитые водой, выражаются темно-серым цветом. По количеству водотоков, их мощности и направленности, крутизне склонов и плотности овражной сети можно судить о мощности районов водосбора, а также определить границы водоразделов.

Своеобразную форму имеют болота во время снеготаяния. Рисунок болот перистый светло-серого цвета. Стереоэффекта при рассмотрении стереопары практически не возникает. Серый и темно-серый фототон харак-

теризуют площади интенсивного снеготаяния и водосборов, а также временных водотоков, что и дает возможность проследить истоки ручьев и небольших рек.

Наиболее информативными для дешифрирования эрозионных процессов, с нашей точки зрения, являются более поздние весенние залеты, когда содержание влаги в почве близко к ее естественному распределению, а отсутствие или наличие растительного покрова в начальной стадии его развития не оказывает существенного влияния на результаты дешифрирования. Этот случай можно считать классическим. Благодаря таким подходящим условиям хорошо читается весь рисунок овражной сети. Площади, подверженные плоскостному смыву, характеризуются более светлым фототонном за счет вымывания гумуса из плодородного слоя почв, в то время как сама овражная сеть имеет фототон темно-серого цвета. Такая закономерность по фототону прослеживается независимо от общего фототона того участка местности, на котором расположена овражная сеть.

Неиспользуемые земли отображаются различными вариациями серого — светло-серого цвета, не имеющими четких разграничений по контрасту, в то время как сельхозугодья имеют какую-то определенную геометрическую форму с резко контрастным фоновым изображением однородных или чередующихся полос от светло- до темно-серого цвета.

Но независимо от фототона подстилающей поверхности фотоизображение линейной эрозии временных водотоков, а также потяжины и участки интенсивного плоскостного смыва подчиняются вышеизложенной закономерности. Участки, подверженные плоскостной водной эрозии, изображаются светлыми пятнами иногда большой площади и протяженности, что позволяет просмотреть их в полном объеме и классифицировать их стадии развития.

Четко прослеживается смена начальных более зрелыми стадиями эрозионных формаций ближе к устью эрозионной формы. Особенно информативными в этом отношении являются материалы спектрозональной съемки, и дешифрирование по ним представляется нам более интересным и сложным.

Колоссальный объем информации, содержащийся в спектрозональном снимке, требует особого подхода. Разнообразие цветовой гаммы, «ложноцветовая» передача привычных нам объектов, зависящих от многих, порой еще не выявленных, факторов, взаимосвязь этих факторов и оказываемое влияние на цветное изображение объектов и процессов требуют индивидуального подхода к каждому дешифрируемому объекту. Кроме известных нам факторов, влияющих на спектрозональное изображение: спектральных яркостей объектов, тех условий фотосъемки, качества залета и печати, немаловажное значение имеют наличие влаги в почве, состояние атмосферы, геологическое строение района съемки и многие, многие другие, которые еще предстоит выявить. Но, несмотря на эти трудности, дешифрирование по спектрозональным материалам эрозионных процессов представляется нам наиболее перспективным по сравнению с обычными черно-белыми. Материалы черно-белой космической аэрофотосъемки в какой-то мере могут служить ключом к дешифрированию спектральных космических снимков.

Результаты дешифрирования как по спектрозональным, так и по черно-белым материалам подлежат обязательному полевому контролю по ключевым участкам. Аэровизуальное обследование большинства участков должно намечаться заранее по картографическим и другим материалам, и для повышения качества интерпретации желательно по ключевым участкам одновременно производить подспутниковую съемку.

При просмотре результатов спектрозональной космической съемки может возникнуть необходимость в дополнительных ключевых участках, так как некоторые виды эрозионных форм могут иметь совершенно раз-

личные цветовые изображения из-за перечисленных факторов. Для определения, какой из этих факторов повлиял на цветовое изображение, и необходимы дополнительные полевые исследования. Очень результативными в этом отношении могут оказаться материалы многозональной аэрофотосъемки.

Дешифрирование летних залетов для определения очагов водной эрозии показало, что из-за растительного покрова материалы летних залетов менее информативны, хотя и позволяют выявить некоторые корреляционные зависимости.

Результаты дешифрирования оформляются на фотоснимках соответствующими условными знаками. Но для создания карты нам необходимо иметь составительский оригинал, т. е. в данном случае перенести результаты дешифрирования на картографическую основу. Это и включает в себя третий этап создания карты. Перенос отдешифрированных объектов на картооснову в зависимости от точности составляемой карты может осуществляться несколькими способами, которые условно можно разграничить на два:

— визуальный перенос по идентичным контурам с использованием простейших измерительных инструментов;

— перенос контуров с помощью высокоточных оптико-механических приборов, позволяющих вводить в плановое положение поправки за углы наклона, рельеф и кривизну Земли, а также трансформировать снимки в заданную проекцию, что намного повышает точность создаваемой карты.

Если первый способ переноса прост и в основном применяется в настоящее время, то теоретические вопросы и практическое применение стереофотограмметрического метода находятся в экспериментальной стадии развития; но можно с уверенностью сказать, что в самое ближайшее время он по достоинству займет ведущее место.

И. А. ВОЛКОВ

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И РЕЛЬЕФА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ

В течение ряда лет в Сибирском отделении АН СССР Институтом леса и древесины совместно с Институтом геологии и геофизики проводятся исследования в центральной части Западной Сибири по комплексному изучению лесного покрова и геолого-геоморфологической основы ландшафтов. Эти исследования ведутся на основе широкого использования дистанционных методов. Полученный автором новый материал позволяет заключить, что многие господствующие в геологической литературе представления весьма неполны и отчасти ошибочны. Основным районом, охваченным наземными работами, явилась северная часть Обь-Иртышского междуречья. Полученные здесь данные с учетом других материалов позволяют уверенно экстраполировать ряд выводов на всю территорию таежной зоны Западно-Сибирской равнины.

Камеральное и полевое дешифрирование космических снимков и материалов аэрофотосъемки преследовало цель — получить возможно более полные сведения о строении геолого-геоморфологической основы ландшафтов северной части Обь-Иртышского междуречья. Кроме того, оно поз-

волило оценить значение основного объекта исследований в общей геолого-геоморфологической ситуации таежной зоны равнины. Автор располагал мелкомасштабными зимними космическими снимками, полученными со спутника «Метеор»-2. Для ландшафта этого времени характерны глубокий снежный покров и оголенность крон древесных лиственных пород. Снежный покров скрывает под собой поверхность почвы, травянистый, а отчасти и кустарничковый растительный покров и многие мелкие детали рельефа. Отсутствие листьев на кронах лиственных пород обуславливает небольшое затенение снежной поверхности. С другой стороны, кроны хвойных деревьев, не только благодаря их темному фону, но и высокой роли в затенении поверхности, в совокупности обуславливают отражение массивов хвойных лесов на снимках в виде темных, иногда черных пятен. В целом особенности зональной структуры ландшафтов с учетом условий съемки позволяют заключить, что в формировании тона и структуры фотоизображения снимков основная роль принадлежит снежному покрову, крутизне, экспозициям склонов (изменения величины освещенности снежной поверхности) и темному тону лесных массивов. Все особенности формирования тона и структуры изображения учитывались при геолого-геоморфологическом дешифрировании.

Материалы космической съемки в процессе их дешифрирования позволили изменить представления о строении геолого-геоморфологической основы ландшафтов таежной зоны и о ее значении в формировании облика и структуры ландшафтов в целом. Прежде всего обнаружилась значительно более тесная связь между общими особенностями геологического строения территории, с одной стороны, и ее рельефом и ландшафтами — с другой.

Важнейшая роль в расположении основных неровностей рельефа принадлежит расчленяющим междуречные пространства эрозионным формам — долинам Оби на севере и Иртыша на западе. Важное значение имеют также долины местных рек — Демьянки на юге, Салыма, Большого и Малого Югана, Куль-Егана, Ларь-Егана и левых притоков Васюгана на севере. При этом в строении основных черт рельефа отчетливо прослеживается положение двух выделенных В. И. Астаховым [ИАЭМ МингеоСССР] основных линеаментов, пересекающих субширотную Западную Сибирь: северного, приуроченного к Сибирским увалам, и южного, проходящего непосредственно через западную часть Обь-Иртышского междуречья. С положением первого связано существование Сибирских увалов, направление многих долин и иных элементов рельефа, а второго — расположение относительно возвышенных участков междуречий, уступов, склонов, дна долин на Обь-Иртышском междуречье и правобережье Оби, а также пространственное размещение толщ различного состава и генезиса.

Сопоставление космических снимков с картографическими и аэрофотографическими материалами позволяет заключить, что структура изображения определяется неровностями земной поверхности. При этом отчетливо выступает ярусное строение рельефа, характерное для Западно-Сибирской равнины. Его описанию посвящены работы многих исследователей, но прослеживание по космическим снимкам проведено впервые.

На космических снимках мелкого масштаба достаточно четко видны относительно возвышенная и основная ступени рельефа Обь-Иртышского междуречья. Еще более ясно просматривается сниженная ступень в северной части междуречья, отграниченная от основной ступени пологим, но четко выраженным уступом. Основные особенности ландшафтов, позволяющие разграничивать междуречные ступени на космических снимках, обусловлены некоторыми различиями эрозионного расчленения каждой ступени и связанных с ними соотношений болотных и лесных массивов. Наземные геологические и геоморфологические исследования свидетельст-

вуют о том, что основную роль в формировании ярусного строения рельефа сыграли древние озерные процессы.

Особенно ясно выделяется низкая ступень рельефа, связанная с долинами Оби и ее крупных притоков. Большая часть этой ступени заболочена и обладает слабой залесенностью. На космических снимках она отображается светлым тоном. От более древних элементов рельефа эта поверхность отделена крутым и ясным древним абразионным уступом, основание которого расположено на абсолютных отметках, близких к 60 м. У основания уступа на аэроснимках и на местности во многих местах видны древние озерные береговые и прибрежные формы (пляжи, косы, прибрежные аккумулятивные валы). Особенно часто эти формы встречаются, например, на левобережье Оби ниже устья Васюгана. В северной части Обь-Иртышского междуречья древняя озерная равнина заходит в низовья многих местных долин левых притоков Оби. Здесь она имеет вид озерной ингрессионной террасы. На правобережье Оби, где во время максимума озерной трансгрессивной фазы преобладали отмельные побережья, вблизи рек широко распространены приречные озерно-дельтовые валы, отчетливо просматривающиеся на аэроснимках и на местности.

Обширное своеобразное светлое пятно вырисовывается на космических снимках западнее Обь-Иртышского междуречья, в северной части Кондинской низины. Оно вытянуто с запада на восток более чем на 300 км при средней ширине около 100 км и представляет собой, как это показали наземные наблюдения, дно древнего, ныне исчезнувшего озера. Берега этого озерного бассейна четко прослеживаются по линейно-изменяющемуся тону и структуре изображения. Равнина на месте древнего озера слабо расчленена, изобилует мелкими озерами и древними эоловыми грядами. Ее края располагаются на абсолютных отметках, соответствующих максимальному уровню трансгрессивной фазы бассейна. Сопоставление изображения космических снимков с крупномасштабными топографическими картами показало, что высотное положение этой береговой линии постепенно возрастает в северо-западном направлении с 35—40 до 65—70 м. Не исключено, что такой «перекос» связан с гляциоизостатическим воздыманием области древнего оледенения Зауралья уже после исчезновения озера. Это предположение пока носит предварительный характер и нуждается в дальнейшей проверке.

В краевых частях древней озерной равнины речные I надпойменные террасы исчезают и сочленяются с самой поверхностью дна озерного бассейна. В центральной части его реки не имеют никаких террас, кроме поймы, однако I терраса Оби срезает восточную часть озерной равнины. Повидимому, озерная трансгрессия в основном совпала со временем формирования I террасы, но кратковременный период очень обильного стока по Оби и ее притокам был несколько позже максимума озерной трансгрессии.

Маршрутные исследования в северной части Кондинской низины показали, что на дне озера почти повсеместно отлагались хорошо сортированные разнозернистые озерные пески, реже супеси. Многочисленные выходы этих светлых озерных песков изучены автором вдоль долины Иртыша и Конды. В долине Конды и ее притоков эти пески часто обнажаются в тыловых уступах поймы и на берегах Кондинского сора.

Особенностью строения дна бывшего озера является широкое развитие эоловых гряд субширотной ориентировки (по местному «мавры»). Эти гряды обычно возвышаются над окружающими болотами на 5—10 м и покрыты сосновыми лесами. Они четко отображаются на мелко- и особенно среднемасштабных космических снимках, на аэроснимках и на местности. Радиоуглеродные даты свидетельствуют о том, что формирование эоловых образований завершилось около 10—9,5 тыс. лет назад. Позже началось заболачивание понижений, которое к середине голоцена охватило уже всю

поверхность озера за пределами гряд. Охарактеризованное озеро, занимавшее северную часть Кондинской низины в позднеледниковье, автор предлагает называть Позднеледниковым Северо-Кондинским озером.

На космических снимках отчетливо видны светлые, местами почти белые, ленты дна долин Оби и Иртыша в пределах их русла, поймы и I надпойменной террасы. При этом на всем широтном отрезке Оби особенно резко оконтурен левый (южный) относительно возвышенный склон ее долины. Здесь повсюду виден линейный контрастный переход от светлого, преимущественно свободного от лесов дна долины к темному, местами почти черному облесенному Обь-Иртышскому междуречью. Не менее четко прослеживается и правый уступ долины, хотя контраст между тоном изображения дна и более древних поверхностей, в значительной степени заболоченных и слабо облесенных, невелик. Основное значение принадлежит разнице в структуре изображения. В отличие от дна долины эти поверхности обладают пятнисто-сетчатым рисунком, отображающим неравномерную залесенность. Склоны долины Оби ниже устья Тром-Егана тянутся строго параллельно друг другу. Совершенно очевидно, что первоначально они образовались как береговые уступы единого мощного русла, занимавшего все дно долины и имевшего ширину около 25—30 км. Современная пойма Оби с ее сложной сетью проток и островов образовалась в результате вторичного расчленения дна этого гигантского русла, сохранившегося в виде I надпойменной террасы. Эта терраса, как показали наземные наблюдения, сложена в основном русловыми осадками легкого состава. Преобладают хорошо сортированные пески, отчасти супеси. Сверху речные осадки прикрыты торфом или хорошо развитой гумусированной почвой. Пойменные отложения отчасти налегают на аллювий I террасы и перекрывающие его биогенные осадки. При этом верхняя часть пойменного аллювия обычно располагается гипсометрически выше аллювия I террасы.

Долины основных местных рек таежной зоны и их значительных притоков, как это показывают анализ аэроснимков и наземные полевые наблюдения, также имеют широкую четко обособленную I террасу. По высоте поверхность этой террасы слабо отличается от поймы. Уступы, отделяющие площадку террасы от более древних образований, всюду четко выражены и обычно протягиваются параллельно друг другу. Во многих местах полоса террасы дугообразно изгибается, образуя правильные излучины. При этом гидродинамически обусловленные внешние эрозионные уступы террасы следуют строго параллельно друг другу. Это позволяет рассматривать данные излучины как остатки древнего речного русла. I терраса вместе с поймой образует единую регионально развитую поверхность дна долин, четко ограниченную от более древних образований. Значительная ширина I террасы и относительно грубый состав аллювия (преобладают пески) свидетельствуют о многоводности и высоких скоростях течения потоков. На аэроснимках хорошо видно, что боковое блуждание рек во время формирования I террасы проявлялось слабо и далеко не везде. На значительном протяжении долин I терраса занимает бывшее дно русла, существовавшего во время ее формирования.

Другой особенностью строения I террасы является низкое расположение ее аллювия. Скважины ручного бурения, пройденные на I террасе в различных районах, показали, что верхняя часть разреза террасы почти всюду представлена торфом мощностью иногда более 3 м. Основание торфа обычно залегает на 2,5—3 м ниже максимального уровня половодий. Сама поверхность болот, развитых на террасе, также местами расположена несколько ниже уровня половодий. Эти болота в настоящее время отчасти заливаются половодьями, т. е. обладают пойменным режимом.

В отличие от I террасы пойма значительных рек таежной зоны формировалась в условиях стока, близкого по обильности к современному.

Об этом свидетельствуют размеры излучин пойменных стариц и современных русел. Пойма формируется в условиях активного меандрирования рек. Ее аллювий представлен главным образом супесчано-суглинистым наносом. Обычно пойма располагается в пределах ленты I террасы и очень редко выходит за ее пределы. Масштабы эрозионной деятельности рек в пойменный этап их развития не идут ни в какое сравнение с таковыми I террасы. Они находятся в соответствии с характером стока, который во время формирования поймы был в несколько раз слабее стока времени I террасы.

Изучение мелких элементов гидросети показало, что их строение отражает те же процессы, которые формировали и более крупные долины. В верхних частях водосборных бассейнов распространены реликтовые, ныне не функционирующие эрозионные понижения (балки, суходолы, лощины и ложбины), по которым ныне и на протяжении всего голоцена никакой активной эрозии и «твердого» стока не проявлялось. Истоки современных рек и ручьев обычно располагаются на дне древних долин, как правило, на значительном удалении от их верховьев.

В таежной зоне в условиях избыточного увлажнения в верховьях отмерших древних элементов гидросети обычно располагаются низовые сфагновые болота. Они протягиваются по дну долин в виде лент, отображающихся на космических и аэроснимках в виде светлых, нередко почти белых полос. Слабые современные потоки появляются среди таких болот на значительном удалении от верховьев долин. Эти потоки практически не производят какой-либо эрозионной работы. Активная эрозия начинает играть заметную роль значительно ниже по долине, где ленточное болото уже исчезает и на склонах растет лес. Существенное значение здесь имеют процессы медленного делювиально солифлюкционного перемещения грунта к осевой части долины и выноса его современным потоком. Таким образом, зона современной эрозии в водосборных бассейнах рек отделена от междуречных пространств довольно широкой полосой мертвых, реликтовых эрозионных форм, образовавшихся во время древних этапов активизации стока, в том числе и обильного стока времени формирования I надпойменной террасы. Такое строение местной гидросети ясно свидетельствует, что позже формирования регионально развитой I надпойменной террасы сток резко сократился. Эти яркие признаки редукции стока ясно прослеживаются на космических и аэроснимках, на топографических картах крупного масштаба и на местности.

Итак, использование дистанционных методов дает возможность уточнить и детализировать многие представления о строении отложений и рельефа центральной части Западной Сибири. Они свидетельствуют, что в формировании ступенчатой, ярусной структуры рельефа важную роль сыграли позднечетвертичные озерные процессы, в результате которых сформировалось несколько поверхностей, отделенных друг от друга древними абразионными уступами и следами береговых линий отмелых побережий. Особенно четко отображаются в структуре ландшафтов две наиболее молодые озерные террасы, образовавшиеся в позднеледниковье. Новейшую из них, образовавшуюся в заключительную эпоху существования позднечетвертичного приледникового озера в конце позднеледниковья, оконтуривает четкая береговая линия, высотное положение которой плавно возрастает с юго-востока на северо-запад.

Анализ космических снимков и материалов аэрофотосъемки дал новые бесспорные доказательства резких колебаний речного стока в долинах центральной части Западной Сибири. Во время формирования I террасы сток по местным и транзитным долинам был в несколько раз обильнее современного, что отразилось на характере площадки этой террасы и составе аллювия. Материалы дистанционных методов совместно с наземными исследованиями показали, что господствующее в литературе мнение о ха-

рактуре образования поймы является ошибочным. Нет никаких оснований смешивать гидрологическое понятие поймы с естественноисторическим. Основную роль в формировании поймы сыграли процессы интенсивного стока в позднеледниковье. Голоценовый сток лишь отчасти изменил и преобразовал созданную в то время поверхность дна долин.

Л. С. МИЛЯЕВА

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОЙ СЪЕМКИ (на примере Тувинских котловин)

Геоморфологическая интерпретация разномасштабных космо- и аэрофотоснимков при изучении рельефа Тувинских котловин (Кызыльской, Улугхемской и Хемчикской, рис. 1) позволила выявить динамику рельефообразующего процесса, объединяющего в себе экзогенную и эндогенную составляющие — экзогенную и эндогенную — до некоторой степени условно, оно необходимо в связи с тем, что непосредственно на космо- и аэрофотоснимках мы видим следы деятельности экзогенных факторов. Необходимо также отметить, что полная характеристика этих процессов (на территории изучаемых котловин к ним относятся осыпи, оползни, делювиальный и пролювиальный смывы, водная эрозия, дефляция, физическое выветривание) может быть дана при условии изучения их как в пространстве, так и во времени. В предлагаемой статье экзогенные процессы исследовались лишь в пространстве, время же учтено как синхронное времени образования низких надпойменных террас и поймы рек.

Кроме того, изучение рельефа котловин строится на основе представления о них как о целостных природных комплексах и экзогенные процессы в этом случае рассматриваются как результат взаимодействия многочисленных природных факторов. Прав А. В. Садов, который пишет, что «рассмотрение экзогенных процессов в качестве результатов взаимодействия многочисленных природных и антропогенных факторов требует ландшафтного подхода изучения природных комплексов» [Садов, 1978, с. 8]. При дешифрировании космических и аэрофотоснимков ландшафтный подход [Виноградова, 1964] основан на представлении о ландшафте как о целостном природном образовании, каждый компонент которого (рельеф, почвы, растительность и др.), изменяясь, влечет за собой изменение ландшафта в целом. Поэтому индикатором искомого свойства природного комплекса может быть один из видимых на снимке компонентов.

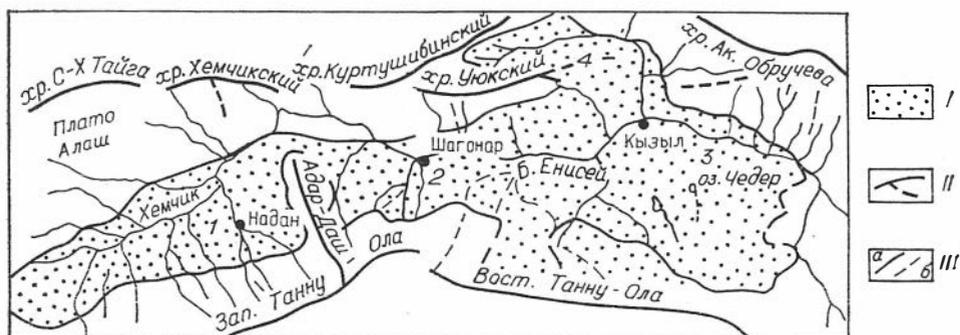


Рис. 1. Орографическая схема Центральной части Тувы.

I — котловины (1 — Хемчикская, 2 — Улугхемская, 3 — Кызыльская, 4 — Уюкская); II — направление хребтов и их отрогов; III — граница котловин (а — четкая, б — условная).

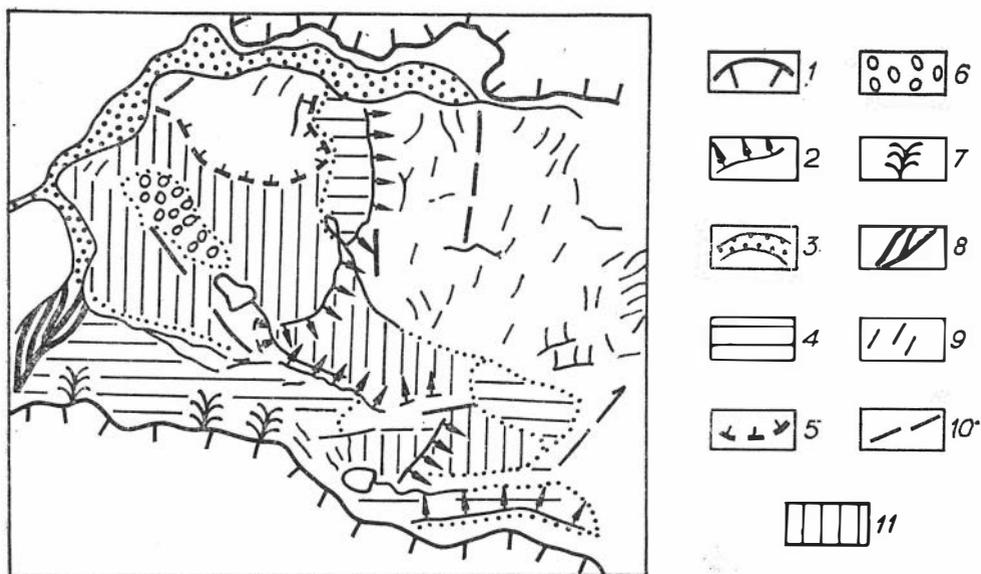


Рис. 2. Схема дешифрирования космического снимка Кызыльской котловины.

1 — граница котловины; 2 — граница между безлесной и залесенной частями котловины; 3 — террасированные долины; 4 — участки повышенной аккумуляции рыхлых отложений; 5 — участок сильного овражного расчленения; 6 — тонкий покров рыхлых отложений на коренных породах; 7 — конусы выноса; 8 — внутренние дельты; 9 — мелкие хребты и гряды; 10 — разломы, выраженные в рельефе; 11 — плоские денудационные поверхности.

Индикаторами экзогенных процессов на различного рода аэрофото- и космических снимках являются компоненты природного комплекса, имеющие четкое отображение в определенном масштабе, т. е. в зависимости от масштаба дешифрируемого снимка меняется индикатор исследуемого явления или процесса. По телевизионным мелкомасштабным снимкам системы «Метеор» отчетливо устанавливается характер границ котловин, однородность строения их дниц, а индикатором особенностей изучаемых процессов служит соотношение площадей, занятых аккумулятивными и денудационными равнинами, а также мелкогорьем. На космических фотографиях более крупного масштаба отражены, кроме вышеперечисленных геоморфологических элементов, особенности гидросети, значительную часть которой составляют временные водотоки, на этих же снимках выделяются поверхности конусов выноса и внутренних дельт. На аэрофотоснимках отражены результаты деятельности оползней, дефляции, перевеивания (рис. 2 и 3).

Одновременное дешифрирование космо- и аэрофотоснимков, построение традиционных геоморфологических профилей и использование материалов скважин, вскрывших рыхлые отложения, позволило установить общие особенности строения дниц котловин и детальные характеристики отдельных их участков.

Наиболее характерной чертой рельефа котловин является его ярусность. Отчетливо выделяются три яруса: низкий — аккумулятивный — с широким гипсометрическим диапазоном (521—1000 м); средний, возвышающийся над низкими останцами коренных пород и представляющий собой деструктивную поверхность с абсолютными отметками 700—800 м в пределах Кызыльской и Улугхемской котловин и повышающийся до 1100—1200 м в Хемчикской котловине; третий ярус также деструктивный, его абсолютные высоты достигают 1100—1300 м. Верхние ярусы в разных местах котловин имеют неодинаковый генезис, иногда это участки поверх-

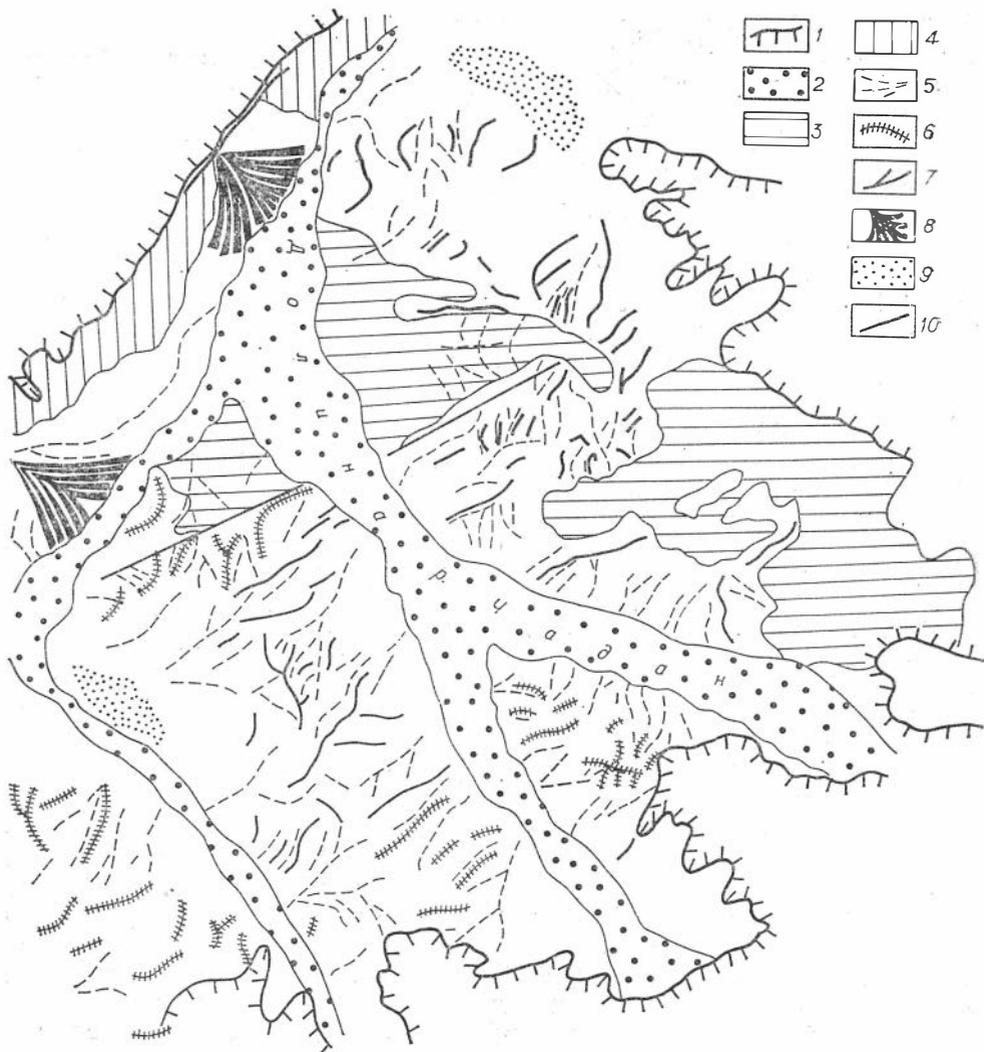


Рис. 3. Схема дешифрирования космического снимка бассейна р. Чада в Хемчинской котловине.

1 — граница котловины; 2 — долины с низким террасовым комплексом; 3 — плоские поверхности, закрытые рыхлыми отложениями; 4 — наклонные аккумулятивные поверхности, образованные подгорными шлейфами; 5 — временные водотоки; 6 — мелкие хребты и гряды с крутыми склонами; 7 — то же, но с пологими склонами; 8 — конусы выноса; 9 — тонкий покров рыхлых отложений на коренных породах; 10 — разломы, выраженные в рельефе.

ностей выравнивания, иногда — ступени, образованные избирательной денудацией.

Другая особенность рельефа исследуемых котловин — мозаичность его строения, обусловленная разнообразным сочетанием деструктивных (структурных и аструктурных) ярусов с аккумулятивным. Наиболее распространены по площади верхние деструктивные ярусы, в то время как аккумулятивный выражен долинами рек и отдельными участками, представляющими собой слабонаклонные поверхности внутренних дельт или слившихся конусов выноса. По значительной площади, которую занимают в котловинах деструктивные ярусы, рельеф их аналогичен рельефу Минусинских впадин, охарактеризованных еще в 1936 г. Я. С. Эдельштейном как «горные степи». В такое геоморфологическое определение Я. С. Эдельштейном [1936] не только была вложена связь рельефа с его геологическим наполнением, но главным образом оно оттеняло наибольшую роль

денудационных рельефообразующих процессов над аккумулятивными.

Для Тувинских котловин мощности рыхлых накоплений в целом незначительные, и характер их довольно однородный. Наиболее распространенная мощность составляет 50—80 м, максимальная же — 160—180 м — характерна для отложений, накопление которых происходило за счет склоновых процессов. Характер распределения мощностей склоновых накоплений прослежен при проведении гидрогеологических исследований Тувинской геологоразведочной комплексной экспедицией для центральной части Хемчикской котловины вдоль долины р. Шемь. Здесь, в верхней части как правобережного, так и левобережного склонов между речей, мощность рыхлых накоплений, представленных песком, дресвой и щебнем, достигает 20—25 м, увеличиваясь до 60—80 м к нижней части склона, в то же время на поверхности междуречий мощность их не превышает 4—6 м. Если рассмотреть распределение мощностей рыхлых склоновых образований относительно центральных и прибортовых частей котловин, то можно увидеть, что увеличение их происходит в сторону последних. Кроме того, увеличенные мощности склоновых осадков связаны с участками распространения пород, степень устойчивости к денудации которых слабая, либо эти отложения накапливаются в понижениях рельефа, обусловленных разломами, где характерной чертой их является наличие глинистого цемента или прослоев и линз глин.

Близкими к склоновым отложениям величинами мощностей характеризуются образования конусов выноса и внутренние дельты. Например, в дельте временных потоков, образованной системой р. Барлык в Хемчикской котловине, мощность рыхлых накоплений достигает 100 м, а по мнению некоторых геологов Тувинской комплексной геологоразведочной экспедиции, занимающихся специальными исследованиями рыхлых отложений, она имеет 200 м.

Средняя мощность аллювиальных осадков низких надпойменных террас и поймы основных рек котловин не превышает 30—40 м, увеличиваясь лишь на отдельных участках до 60 м (в бассейне р. Хемчик). Накопление аллювия низких террас основной водной артерии котловин — Енисея — незначительное. Например, в пределах Улугхемской котловины наиболее распространенная I надпойменная терраса характеризуется мощностью аллювия, не превышающей 25 м (у г. Шагонара) и 20 м у п. Чаа-Холь. В Кызыльской котловине, в районе г. Кызыла величина аллювиальной толщи этой же террасы уменьшается до 13 м, а аллювий поймы здесь же измеряется всего лишь в 14 м, что для такой реки, как Енисей, представляется намного меньше нормальной мощности (по данным Ю. А. Билибина, для горных ручьев и мелких рек нормальная мощность аллювия составляет 4—6 м). Судя по незначительному накоплению аллювия крупными реками котловин, можно предположить, что переуглубления долин не происходит, данных об их врезании также нет, поэтому, скорее всего, следует считать, что речные долины испытывают близкое к равновесному и спокойное динамическое состояние.

Самой незначительной мощностью характеризуются эоловые образования, распространенные отдельными, одинаково ориентированными пятнами в изучаемых котловинах. Максимальная их мощность — 26 м — отмечается у г. Шагонара, в то же время в центральной части Кызыльской котловины мощность их настолько мала, что на аэрофотоснимках сквозь тонкий плащ песчаных наносов просматриваются коренные породы.

Гидросеть котловин обладает рядом особенностей. Одна из них — отсутствие единой, связанной, организованной гидрографической системы для Хемчикской и Улугхемской котловин и приуроченность постоянных водотоков к окраинам Кызыльской котловины, в то время как значительная часть последней — безводная. Многие реки, текущие со склонов горного обрамления при выходе в пределы котловины, рассеивают сток, обра-

зую сухие внутренние дельты. Кроме того, рассеиванию стока и обезвоживанию нижних частей рек способствует хозяйственная деятельность человека (сеть оросительных каналов). Другая особенность состоит в том, что на территории котловин широко развиты сухие русла, объем выполняемой ими размывающей работы составляет заметную долю в склоновых процессах. Еще одна особенность связана с рисунком гидросети, который свидетельствует о явной ее перестройке на отдельных отрезках. В пределах Хемчикской котловины это хорошо видно из соотношения главного русла Хемчика с его правыми притоками. Притоки направлены под прямым углом к главному руслу, и начинаясь на северном склоне хр. Западный Танну-Ола, имеют одинаковую ориентировку с реками, берущими свое начало на противоположном, южном, склоне этого же хребта и текущими в Убсанурскую впадину. В Кызыльской котловине перестройка гидросети отмечается для верхней и средней частей р. Элегест, левого притока Енисея, которые имеют направление течения, обратное руслу Енисея. Такая особенность гидросети, как прямоугольные соотношения притоков и главного русла, объясняется не только перестройкой, но, как это имеет место в бассейне р. Хемчик, приуроченностью притоков к тектоническим трещинам (по данным гидрогеологических работ 1974—1976 гг. под современными долинами правых притоков р. Хемчик вскрыты узкие, до 500 м, корытообразные, с крутыми бортами, желоба, заполненные глинистыми отложениями до 100 м мощности).

Расположение главных водных артерий котловин не в центральных их частях, а по периферии может свидетельствовать о перекосе поверхности дна: для Хемчикской котловины — в направлении к северо-западу, для Улугхемской и Кызыльской котловин — к северу. Для последней этот перекося дна хорошо прослеживается и по гипсометрии ложбины, в пределах которой расположено оз. Чедер, южнее г. Кызыла.

Помимо рассмотренных особенностей гидросети, отраженных в ее рисунке, интересные геоморфологические закономерности заключены также и в морфометрических показателях, одним из которых является уклон русел рек. Для разных котловин, а также для разных их частей уклоны русел имеют неодинаковые значения. Наибольшими уклонами характеризуются реки Улугхемской котловины на отрезках от выхода их из горной области до начала внутренних дельт, например, уклоны рек Чаа-Холь и Шагонар достигают соответственно величин 0,03 и 0,25. Ниже дельтовых участков уклоны русел этих рек хотя и резко падают, но все же превышают в 10 раз величины уклонов русла Хемчика на протяжении от п. Тээли до устья Чадана. Русло Енисея в пределах этой же котловины по уклону аналогично руслу Хемчика и составляет 0,01.

О направленности геоморфологического развития, кроме особенностей строения рельефа дна котловин, распределения и мощностей рыхлых накоплений, рисунка гидросети и некоторых морфометрических показателей, может свидетельствовать также и характер сочленения котловины с горным обрамлением. В целом этот характер четкий, но для разных частей котловин четкость неодинаковая. Сочленение северных бортов Улугхемской и Кызыльской котловин с Уюкским хребтом происходит через структурную поверхность, которая отделена от склона хребта депрессией, развитой по ослабленной тектонической зоне. В пределах этой депрессии вдоль уступа развиты подгорные шлейфы. Для южной границы Улугхемской котловины характерен сложный переход от хр. Танну-Ола к днищу. Здесь между горным склоном и дном прослеживается пологонаклонная структурная ступень с сильным горизонтальным расчленением, которая переходит в аккумулятивную часть дна довольно резко, с перепадом абсолютных высот до 300—500 м. Южный борт Кызыльской котловины сочленяется с хр. Восточный Танну-Ола по тектоническому шву, выраженному резким перегибом профиля склона. Верхняя часть

склона принадлежит хребту, тогда как нижняя является бортом котловины, представленным либо педиментом шириной до 1 км, либо наклонной неширокой ступенью сложного строения, когда коренные породы прикрыты тонким слоем рыхлого материала, либо эта наклонная поверхность образована полностью за счет аккумуляции склоновых отложений. Характер бортов Хемчикской котловины отличается в своей юго-восточной части тем, что ширина структурной ступени сильно варьирует в размерах, то уменьшаясь, как это имеет место в бассейне р. Барлык, то значительно увеличиваясь, как в левобережной части бассейна р. Шемь.

В характере связей между строением дниц котловин и их бортов, свойствами гидросети, мощностями и распространением рыхлых накоплений заключены признаки проявления неотектонических движений. В рассматриваемых котловинах площади, занятые аккумулятивным ярусом, не превышают площади, представляющие собой деструктивные ярусы — структурные и аструктурные (поверхности выравнивания). Сочетание этих ярусов можно определить как равномерное чередование в плане с незначительным перепадом абсолютных высот. Подобное строение дниц котловин может свидетельствовать о том, что рельеф их представляет собой полигенетическую поверхность выравнивания. Существование такой поверхности требует близкого к равновесному соотношения экзогенной и эндогенной составляющих процесса рельефообразования. О слабых по интенсивности денудационных процессах можно судить по следующим фактам. Климат котловин является неблагоприятным, близким к аридному, сочетается с малорослыми породами субстра-

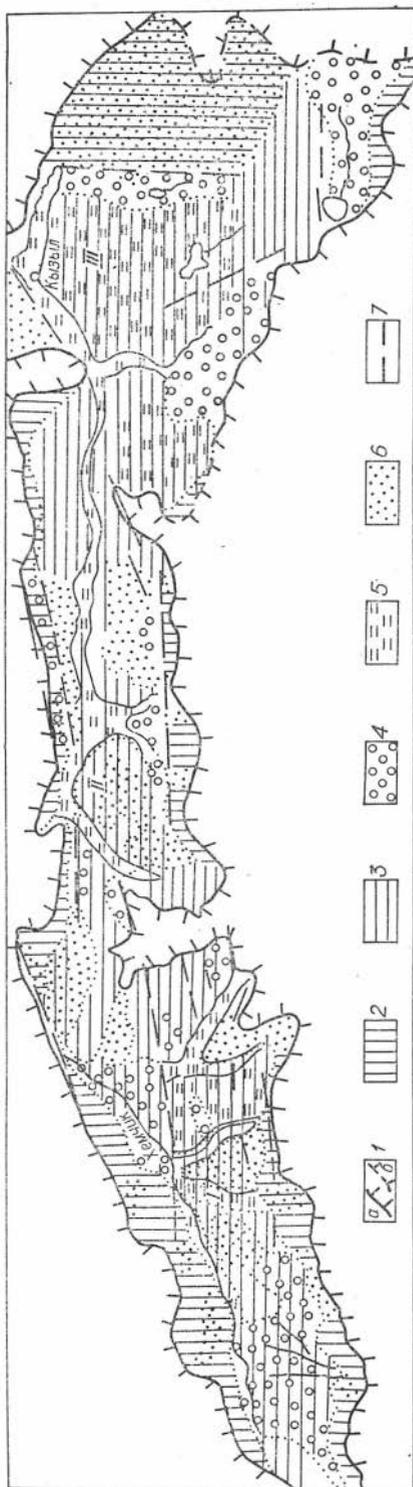


Рис. 4. Карта динамики рельефообразующего процесса.

1 — граница котловины (а — четкая, б — условная); 2 — динамическое состояние неравновесное, с направленностью к поднятию, с преимущественно отрицательным балансом рыхлого материала; 3 — динамическое состояние, близкое к равновесному, с преимущественно положительным и равновесным балансом рыхлых накоплений; 4—6 — участки с разным балансом рыхлых отложений; 4 — положительным, 5 — равновесным, 6 — отрицательным; 7 — разломы, выраженные в рельефе. Котловины: I — Хемчикская, II — Улугхемская, III — Кызыльская.

та. Такое сочетание обеспечивает небольшие мощности рыхлых отложений на территории исследуемых котловин. В условиях же благоприятного для денудации климата (с балансом больших величин тепла и влаги, близким к равновесному) и аналогично субстрата подобные мощности рыхлых образований могли бы свидетельствовать о другом соотношении рельефообразующих процессов, а именно о переносе эндогенной составляющей, т. е. о более интенсивных неотектонических движениях. Вывод о близком к спокойному, слабоактивному неотектоническом режиме котловин подтверждается такими геоморфологическими признаками, как строение долин Енисея и Хемчика, а также более мелких рек, малые уклоны русел в центральных частях котловин, отсутствие признаков переуглубления и врезания рек, развитие куэстового рельефа, который возникает в условиях, когда может проявить себя избирательная денудация. Это имеет место, если энергия денудации по величине либо ненамного превышает неотектоническую при равномерном малоактивном поднятии, либо денудация развивается при спокойном неотектоническом режиме [Щукин, 1946, 1960]. В несколько ином динамическом режиме находятся окраины котловин. Здесь о более высокой по сравнению с остальной частью котловин неотектонической активности свидетельствует как строение бортов и прибортовых полос (крутой наклон денудационных ступеней, перекрытых накоплениями подгорных шлейфов, крутые поверхности конусов выноса), так и резкое увеличение мощностей склоновых осадков (рис. 4).

Таким образом, геоморфологическая интерпретация разномасштабных аэрофото- и космических снимков при системном подходе к рельефу привела к следующим выводам. Общей особенностью рельефа рассматриваемых котловин является его ярусность и мозаичность строения, обусловленная различным сочетанием в плане аккумулятивного и деструктивных (структурного и аструктурного) ярусов. Гидросеть характеризуется разобщенностью и значительной долей в ней временных водотоков, в долинах крупных рек наиболее распространен комплекс низких террас и пойм. Мощность рыхлых отложений разного генезиса в основном небольшая, причем максимальным накоплением отличаются склоновые образования. Анализ взаимосвязей геоморфологических элементов с учетом неблагоприятного для денудации климата и степени устойчивости к разрушению пород позволяет определить динамическое состояние котловин в целом как близкое к равновесному и спокойное, обусловленное минимальной величиной денудации, соизмеримой с аналогичной величиной неотектонической составляющей рельефообразования. Эти условия нарушаются на окраинах котловин, которые испытывают относительные неотектонические напряжения, ведущие к поднятию их.

ЛИТЕРАТУРА

- Виноградова А. И. Общие принципы дешифрирования аэроснимков при геолого-географических исследованиях.— В кн.: Комплексное дешифрирование аэроснимков. М.—Л.: Наука, 1964, с. 4—12.
- Садов А. В. Изучение экзогенных процессов аэроландшафтным методом. М.: Недра, 1978. 151 с.
- Щукин И. С. Опыт генетической классификации типов рельефа.— Вопросы географии, 1946, сб. 1, с. 33—62.
- Щукин И. С. Общая геоморфология. Т. 1. М.: Изд-во МГУ, 1960. 612 с.
- Эдельштейн Я. С. Геоморфологический очерк Минусинского края. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 84 с. (Труды Ин-та физ. географии. Вып. 22. Геоморфологические очерки СССР, № 3).

ИЗОБРАЖЕНИЕ МОРФОСТРУКТУРЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ НА МЕЛКОМАСШТАБНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ

В связи с созданием геоморфологической карты СССР м-ба 1 : 2 500 000 в Институте космических исследований АН СССР и в объединении «Аэрогеология» составлялся макет геоморфологической карты на регион Средней Сибири. При составлении карты впервые были использованы космические сканерные снимки (КС) со спутников системы «Метеор». Рассматривались снимки, сделанные в разные месяцы 1977 г. (с февраля по май включительно), а также в различных длинах волн (от 0,5—0,6 мкм до ближнего ИК 0,7—0,8 и 0,8—1,0 мкм). Просмотренный один летний снимок оказался минимально информативным для анализа рельефа. Наибольшее количество информации можно видеть на мартовском снимке (рис. 1), хотя отдельные детали выделяющихся объектов, характер и четкость их границ могут и должны быть дополнены и прокорректированы анализом других КС (рис. 2). Наиболее резкое изображение объектов соответствует КС, сделанным в ближнем инфракрасном диапазоне (0,7—0,8 и 0,8—1,0 мкм).

На КС четко фиксируются поля различной плотности фототонов и различного рисунка изображения, отображающие в первую очередь распределение лесного растительного покрова, находящегося в четкой зависимости от географической (широтной) зональности и рельефа, и собственно рельеф, подчеркнутый или затушеванный растительностью в различных структурных и географических зонах.

Сопоставление выделенных при дешифрировании фотополей с геологическими, геоморфологическими, топографическими и другими картами показало, что они соответствуют участкам характеризующимся только им присущими особенностями геологического и геоморфологического строения: литологией и возрастом выходящих на дневную поверхность пород; структурными особенностями залегания пород, густотой и глубиной расчленения гидросетью; высотой рельефа и спецификой его морфологии. То есть участкам, характеризующимся теми параметрами, которые разрешают выделять их как самостоятельные крупные морфоструктуры. Естественная генерализация природных объектов на мелкомасштабных КС такова, что на них можно видеть и отдельные детали строения морфоструктур (блоки рельефа, региональные уступы, характер сочленения структур), удовлетворяющие построению морфоструктурной карты м-ба 1 : 2 500 000. В то же время огромным преимуществом использования КС является одновременный охват большой территории, включающей в себя морфоструктуры разного генезиса и ранга. На космических снимках четко виден характер границ большинства морфоструктур, разрешающих уже априори предполагать их генезис. Тем не менее для окончательного составления морфоструктурной карты масштаба 1 : 2 500 000 необходимо использование топографической основы для проведения изолиний осредненных высот, четко подчеркивающих характер и интенсивность движений отдельных морфоструктур и их блоков. Именно таким образом была составлена морфоструктурная карта для запада Средне-Сибирского плоскогорья и Таймыра. Здесь помещается лишь схема морфоструктурного районирования, на которую вынесены детали строения структур, соответствующие разрешению заданного масштаба. Сравнение схемы морфоструктурного районирования (рис. 3) со снимком (см. рис. 1) показывает, что крупные морфоструктуры имеют почти полную идентифика-



Рис. 1. Космический снимок системы «Метеор» длина волны 0,8—1,0 мкм, 21 марта 1977 г., 6 ч.

цию с различающимися по плотности тона и по рисунку изображения фотополями, хотя на отдельных участках границы, полученные по КС, были уточнены в соответствии с данными геологической и топографической карт.

На схеме морфоструктурного районирования показаны морфоструктуры надпорядковые и I порядка. К надпорядковым отнесены морфоструктуры, принадлежащие различным структурно-тектоническим областям (древняя платформа, герцинская геосинклиналь, мезозойский прогиб зоны сочленения геосинклинали и платформы). К морфоструктурам

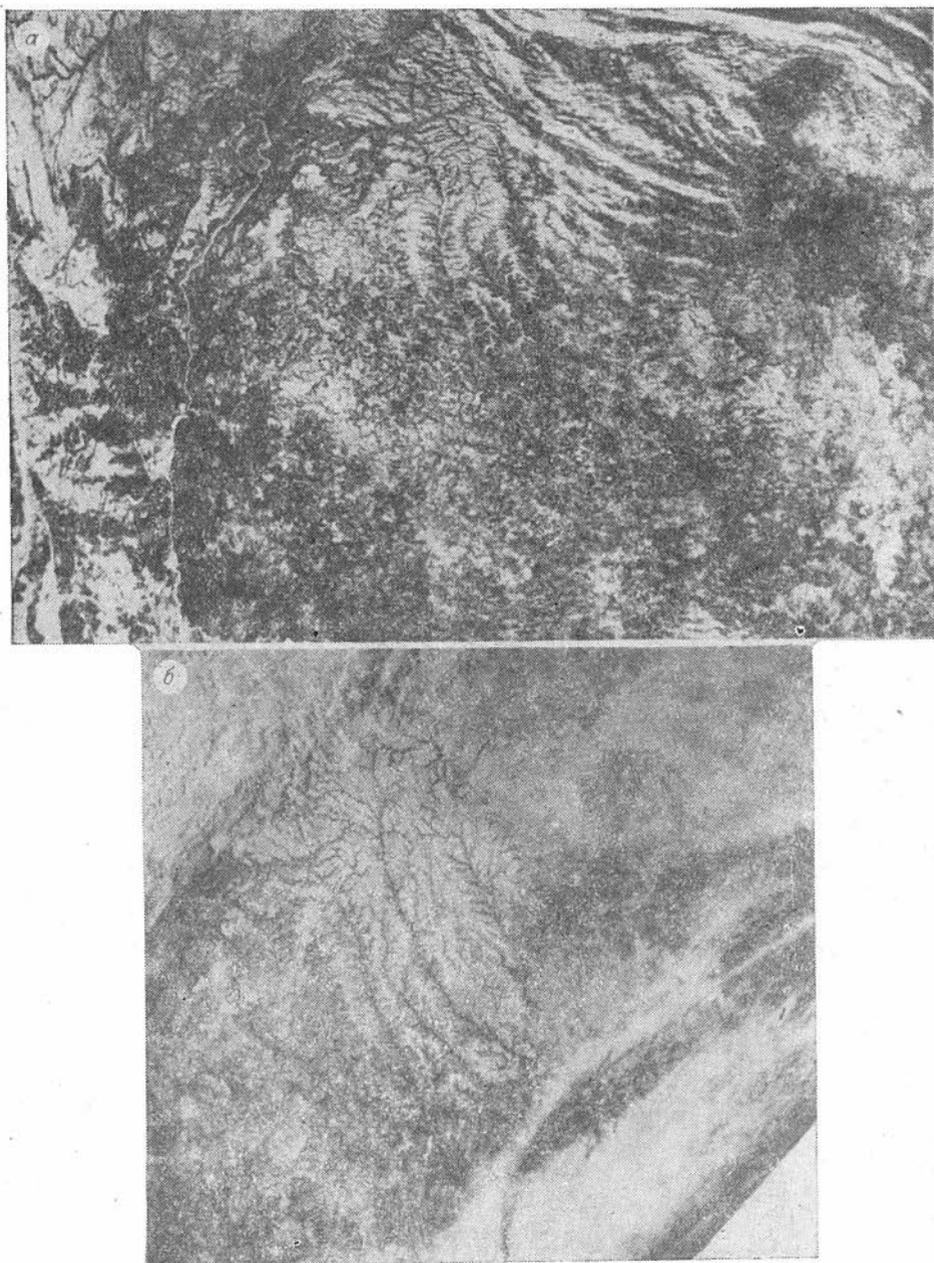
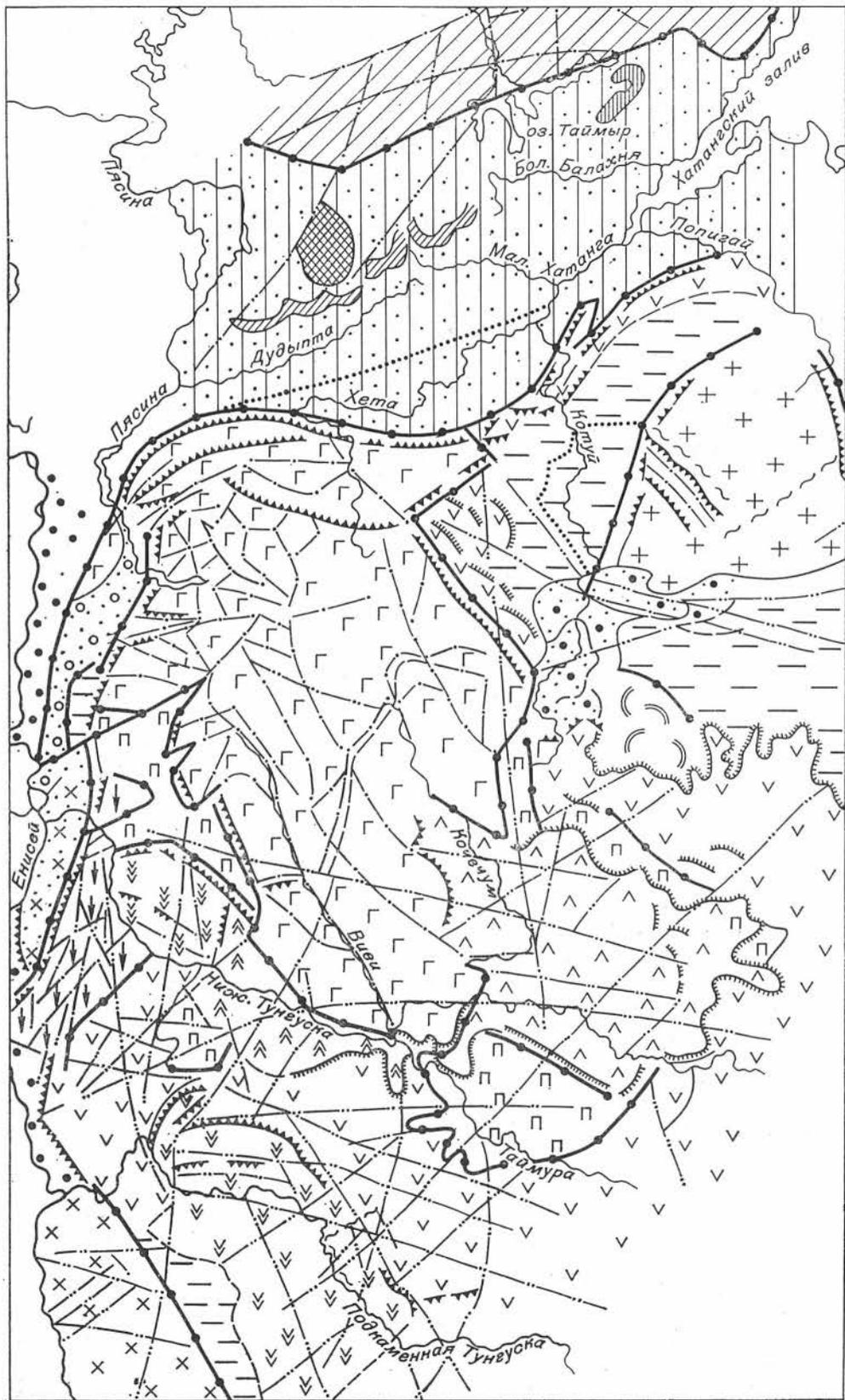


Рис. 2. Космические снимки системы «Метеор», длина волны 0,8—1,0 мкм:
a — 23 февраля 9 ч 13 мин; *б* — 23 мая, 13 ч.

I порядка отнесены участки земной поверхности, которые характеризуются только им присущими чертами морфологического строения, создававшимися под влиянием трех ведущих факторов — интенсивности и знака новейших тектонических движений, геологического строения субстрата. Изменение какого-либо одного из перечисленных факторов обуславливало существенное изменение облика рельефа, приводило к формированию самостоятельной морфоструктуры. На КС такие участки земной поверхности почти всегда имеют четкие, в большинстве случаев прямолиней-



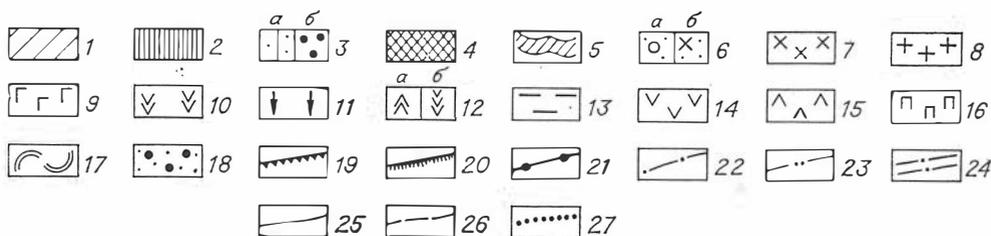


Рис. 3. Схема морфоструктурного районирования западной части Сибирской платформы, составленная по дешифрированию мелкомасштабных космических снимков с учетом геологических и топографических данных.

1—2 — интенсивно расчлененное денудационно-эрозионное низкоегорье на складчатом основании — глыбово-блоковое новейшее поднятие гор Бырранга (1) и Кирьякатасского хребта (2). 3—5 — аккумулятивные грядовые равнины — устойчивые области относительного унаследованного прогибания; 3 — равнины Северо-Сибирской низменности (а) и восточной части Западно-Сибирской низменности (б); 4 — Янгодо-Горбитский выступ; 5 — Джангодо-Сынтабульская — Северококорская ледниковая гряда. 6—18 — эрозионно-денудационная платформенная страна с абсолютным преобладанием тенденции к общему воздыману на новейшем этапе, но гетерогенная по интенсивности его проявления. Морфоструктуры обрамления платформы: 6 — низменная инверсионная эрозионно-денудационная равнина на поднятом складчатом палеозойско-мезозойском основании (Хантайско-Рыбинская впадина — а), на дислоцированном синийском основании (Приенисейская впадина — б), 7 — расчлененное эрозионно-денудационное низкоегорье на древнем складчатом основании кристаллических и метаморфических пород — сводово-глыбовое новейшее поднятие Енисейского края; морфоструктуры внутренних частей платформ, активно поднимавшиеся на новейшем этапе тектонического развития: 8 — денудационное плато на древних дислоцированных кристаллических и метаморфических породах — новейшее длительно унаследованное глыбовое Анабарское поднятие, 9 — интенсивно расчлененное эрозионно-денудационное плато на базальтах — новейшее активное инверсионное сводово-глыбовое Путоранское поднятие, 10 — массивное денудационное плато на осадочных породах, пронизанных пластовыми интрузиями траппов, — новейшее унаследованное глыбовое Подкаменное поднятие, 11 — оstanцово-блоковые денудационные плато на осадочных породах с пластовыми интрузиями траппов — зоны активного дробления краевых частей морфоструктур, происходившего на последних этапах новейшей тектонической активизации, 12 — эрозионно-останцовые плато на базальтах (а) и осадочных породах с пластовыми интрузиями траппов (б) — зоны дробления краевых частей морфоструктур, происходившего на последних этапах новейшей тектонической активизации; морфоструктуры внутренних частей платформ с умеренной и слабой тенденцией к поднятию: 13 — платово-денудационные слаборасчлененные равнины, местами инверсионно наклоненные на раннепалеозойских карбонатных породах, — Котуй-Оленекская стабилизированная зона по периферии Анабарской глыбы, Вельмо-Питская стабилизированная зона вдоль восточного подножия сводово-глыбового поднятия Енисейского края, 14 — денудационное слаборасчлененное кузстообразное плато на палеозойских породах с пластовыми интрузиями траппов — умеренные новейшие Амбардах-Маймечинское, Мойеро-Вилуйское, Харатасское, Учачи-Чуньское и Бахтинское поднятия, наследующие геологическую структуру крыльев палеозой-мезозойской Тунгусской синеклизы; 15 — денудационное слаборасчлененное плато на базальтах — Туру-Ейское умеренное новейшее поднятие, наследующее геологическую структуру центральной части Тунгусской синеклизы, 16 — останцово-островные денудационные плато на базальтах — зоны дробления краевых частей морфоструктур, происходившего на ранних этапах (?) новейшей тектонической активизации, 17 — грядово-ячеистый денудационный рельеф на осадочных породах, пронизанных секущими интрузиями траппов, 18 — ступенчатые аккумулятивные равнины — новообразованные внутриплатформенные Мурукинская и Аганьлийская впадины. 19—27 прочие обозначения: 19 — денудационно-тектонические уступы; 20 — денудационные регионально простирающиеся уступы; 21 — морфоструктурные линейменты надпорядковые и I порядка; 22 — морфоструктурные линейменты II порядка; 23 — трансморфоструктурные линейменты; 24 — морфоструктурный линеймент, наследующий подвижную зону фундамента платформы; 25 — границы морфоструктур, читающиеся на космических снимках; 26 — границы морфоструктур, нанесенные по геологическим данным; 27 — границы аномального распространения лесной растительности.

ные ограничения. Прямолинейные границы морфоструктур I порядка и отдельных блоков в рельефе, следуя Е. Я. Ранцман [1979], очевидно, правильно называть морфоструктурными линейментами соответственно первого и более низкого рангов, отличая их от протяженных линейментов, четко читающихся на КС, пересекающих различные морфоструктуры, но лишь частично совпадающих с их границами или другими элементами рельефа. Такие линейменты предлагается называть трансморфоструктурными.

На севере рассматриваемой территории выделяется *интенсивно расчлененное низкоегорье гор Бырранга, созданное глыбово-блоковым новейшим поднятием на складчатом герцинском основании*. На КС отчетливо видны глубоко врезанные речные долины и хребты, подчеркивающие древнюю складчатую структуру и поперечные пересекающие понижения, образовавшиеся, очевидно, на новейшем этапе развития и разбившие все поднятие на отдельные блоки. Специфика изображения на КС — ориентированно штриховатый рисунок черных полос по светло-серому фону, резко по прямолинейной границе отделяющийся от ровного светло-серого фона

расположенной к югу *аккумулятивной грядовой равнины Северо-Сибирской низменности*. Равнина является областью устойчивого относительного прогибания, наследующей Енисей-Хатангский мезозойский прогиб, заложившийся в зоне сочленения древней платформы и герцинской геосинклинали. Морфоструктуре свойственны низкие высоты рельефа и слабый врез гидросети, что обусловило ее особое изображение на КС в виде поля ровного светло-серого тона, на юге (в зоне распространения лесотундры) сменяющегося более темным. Среди ровного светло-серого фототона четко выделяется более темным цветом Янгодо-Горбитский выступ (выход палеозойских слабодислоцированных пород), волнисто-фестончатая линия ледниковой гряды, возможно образовавшейся на валообразной тектонической структуре, и выступ Киряка-Тасского горста (блок интенсивно дислоцированных палеозойских пород). Восточная часть Западно-Сибирской равнины (см. рис. 3) также выделяется по отсутствию эрозионных врезов, но в зоне тайги она обладает ровным темно-серым до черного фототонам. Обе морфоструктуры имеют четкие прямые границы с надпорядковой морфоструктурой Сибирской платформы, обрывающейся к равнинам уступом, отчетливо выраженным даже на мелкомасштабном КС. Особенно выразителен уступ вдоль северного фаса платформенной структуры, подчеркнутый глубоким врезом гидросети.

Надпорядковая морфоструктура Сибирской платформы на КС характеризуется большим количеством полей разнообразных фототоннов и рисунков изображений, что является отражением ее геологического строения и дифференцированности новейших тектонических движений в ее пределах.

При рассмотрении КС отчетливо видно, что все выделяющиеся морфоструктуры можно разделить на три категории: морфоструктуры западного обрамления; внутренней части платформы, активно поднимавшиеся на новейшем этапе; внутренней части платформы с умеренной и слабой тенденцией к поднятию.

Морфоструктуры западного обрамления отделены от внутренних регионально прослеживающимися морфоструктурными линеаментами, на большей части их протяжения подчеркнутыми уступами. Морфоструктуры представлены *низменными инверсионными эрозионно-денудационными равнинами, выработанными на выступах, смятых в складки палеозойских пород (Хантайско-Рыбинская впадина), метаморфизированных интенсивно дислоцированных синийских пород (Приенисейская впадина) и расчлененным низкогорьем новейшего сводово-блокового поднятия Енисейского кряжа*. Обе равнинные морфоструктуры на КС читаются по полосчатому рисунку светлых и темных фототоннов, соответствующих литологическим разностям коренных пород. По рисунку и цвету обе равнины на КС резко отличаются от изображения пограничных с ними морфоструктур внутренней части платформы и отделены от них четким уступом, являющимся инверсионным по отношению к флекуре мезопалеозойских пород, погружающейся к внутренней части платформы. Морфоструктура Енисейского кряжа выделяется по общему серому фототону, подчеркнутому в северной части ориентированным полосчатым рисунком, отражающим простирание пород в древних складчатых структурах. Отчетливо читается брахисводовая природа поднятия по общему осветлению фототона к осевой, привершинной части морфоструктуры и побитость ее поперечными морфоструктурными линеаментами, прослеживающимися далее в глубь платформы в виде трансморфоструктурных линий, пересекающих всю Тунгусскую синеклизу. Все морфоструктуры обрамления соответствуют в древнем структурном плане зонам перикратонных опусканий [Косыгин, Лучицкий, 1963], характеризующимся повышенной активностью вертикальных движений.

Из морфоструктур внутренних частей платформы, активно поднимавшихся на этапе новейшего тектонического развития, наиболее выразительной и отчетливой является густо и глубоко расчлененное плато

на базальтах, соответствующее новейшему Путоранскому сводово-глыбовому поднятию. Поднятие инверсионно по отношению к северной части палеозой-раннемезозойской Тунгусской синеклизы. Морфоструктура ориентирована соответственно простиранию синеклизы, но ее максимально поднятая часть располагается в северной трети морфоструктуры и вытянута вкрест ее простирания. На КС отчетливо видно, что морфоструктура разбита на отдельные блоки, характеризующиеся различной густотой и ориентировкой глубоковрезанных долин*. Высота отдельных блоков понижается от центральных, наиболее поднятых к окраинным; понижается она и в отдельных блоках в направлении от центра морфоструктуры к периферии. На КС отчетливо читаются уступы в северной части морфоструктуры, отделяющие две разновысотные ступени, которыми морфоструктура спускается к равнине Енисей-Хатангской впадины. Западный край морфоструктуры существенно отличается от восточного, он разорван трещинами типа раздвигов, интенсивно дислоцирован и выглядит структурой, подвергающейся растяжению. Трещины-раздвиги сформированы над осями палеозой-мезозойских валов. Особенной раздробленностью отличается блок на западной окраине морфоструктуры севернее долины Курейки. Восточный край морфоструктуры, наоборот, очень компактен, выглядит структурой сжатия. Интересен выступ морфоструктуры в ее северо-восточной части, сочленяющийся с восточным фасом морфоструктуры под прямым углом. Южная граница морфоструктуры на КС также отчетлива, хотя и не подчеркивается регионально прослеживаемым уступом. Она читается по изменению фототона и рисунка изображения в связи с уменьшением глубины вреза речной сети и высоты рельефа. На КС в центральной части юго-восточного края морфоструктуры отчетливо выделяется массивный, расчлененный только по краям блок Ягтальского плато. По изогнутому линеamentу северо-северо-восточного простирания кроме Ягтальского плато на южной окраине морфоструктуры отмечаются два блока хотя и более низкого, но сильно расчлененного рельефа. Интересно, что этот морфоструктурный линеament расположен над подвижной зоной фундамента платформы [Дренов, 1963]. На КС морфоструктура Путоранского поднятия выделяется самым светлым фототонном и самой резкой проявленностью гидросети благодаря ее глубокому врезу.

Также отчетливо на КС вырисовывается *денудационное плато глыбы Анабарского поднятия*. Оно имеет четкие уступы вдоль западного и восточного краев, резкую границу по светотону вдоль южного, и только северная ее граница менее отчетлива. Плато выглядит единым массивным образованием, возвышающимся над прилегающей территорией, слабо расчлененным. Лишь единичные реки в пределах плато глубоко врезаны. Очевидно, морфоструктура формировалась более длительное время, чем Путоранская, при меньшей интенсивности поднятия. Морфоструктура в своих границах наследует не только архейский кристаллический массив, она выработана также на породах нижнего и среднего протерозоя, а породы верхнего протерозоя образуют единый субстрат с кембрийскими породами для морфоструктуры, прилежащей к Анабарскому плато. Интересно, что в разрезе протерозойских пород между среднепротерозойскими и позднепротерозойскими образованиями отмечается резкое угловое несогласие, размыв. Возможно, заложившиеся на том этапе тектонические швы периодически обновлялись вплоть до новейшего времени.

Массивное денудационное плато на осадочных породах, пронизанных пластовыми интрузиями траппов Подкаменского глыбового поднятия, читается на КС не очень отчетливо. Это, очевидно, объясняется слабой

* Сводово-глыбовый характер Путоранского поднятия и его блоковое строение впервые были отмечены М. А. Крауш при составлении на базе анализа КС карты новейшей тектоника.

расчлененностью плато и положением его частично в зоне произрастания густой темнохвойной тайги. Сравнительно четко на КС можно выделить уступ вдоль северо-восточного и северо-западного краев плато и весьма проблематично вдоль его юго-западного и юго-восточного склонов, хотя на топографических картах он выражен повсеместно. Тем не менее и эта морфоструктура проявляется на КС более светлыми фототонами по сравнению с прилегающими участками. Резкое и четкое изменение фототона в пределах морфоструктуры (от темно-серого к светло-серому) связано с изменением литологии субстрата, подчеркнутым растительностью. Темный фон соответствует полям развития нижнепалеозойских пород с небольшим количеством пластовых интрузий траппов, светлый — полям выхода на дневную поверхность мощных пластовых интрузий траппов, залегающих в верхнепалеозойских породах.

Очень четко и своеобразно геометрически правильным рисунком белых пятен на КС выделяется морфоструктура *останцово-блокового денудационного плато западной окраины платформы*. Белые пятна соответствуют поверхности плато, разбитого на отдельные блоки, что подчеркивается прямолинейностью ограничивающих их морфоструктурных линеаментов и различной высотой блоков. Последнее обстоятельство читается на КС по изменению фототона изображения и подтверждено анализом топографической карты. Очевидно, морфоструктура останцово-блокового рельефа образовалась за счет дробления краевой части надпорядковой платформенной морфоструктуры. Судя по тому, что дробящие морфоструктуру линеаменты весьма слабо использованы гидросетью (по ним еще не образовано сколько-нибудь хорошо разработанных долин), блоковые движения происходили на каких-то самых последних этапах новейшей тектонической активизации. Интересно, что эта морфоструктура, как и морфоструктуры обрамления платформы, расположена над активной зоной перикратонных опусканий [Косыгин, Лучицкий, 1963].

Эрозионно-останцовое плато на базальтах и осадочных породах с пластовыми интрузиями траппов также отчетливо выделяется на КС (правобережье Ниж. Тунгуски между устьями рек Северная и Тутончана) благодаря своеобразному штриховатому рисунку (врезанная гидросеть), сочетающемуся со светлыми пятнами (денудационные останцы). Видно расчленение морфоструктуры линеаментами, по которым формируются глубоко врезанные долины, различная высота отдельных блоков, что подтверждается и при анализе топографической карты. В целом морфоструктура выглядит на КС как бы более освоенной эрозией по сравнению с рассмотренной выше, что позволяет судить о более раннем времени ее дислокации.

Вся остальная просмотренная на КС территория Сибирской платформы представлена *морфоструктурами, создававшимися слабыми и умеренными относительными поднятиями*, что привело к формированию выработанного рельефа, пассивно отражающего древнюю геологическую структуру платформы. Особенно отчетливо это проявлено в морфоструктурах, наследующих северо-восточное крыло и центральную осевую часть Тунгусской синеклизы. Здесь отчетливо выделяются три морфоструктуры. *Пластово-денудационная равнина на нижнепалеозойских карбонатных породах* имеет ровный темно-серый фототон и воспринимается как участок относительно пониженного рельефа. Интересно, что к югу от Анабарского плато равнина характеризуется инверсионным падением высот в направлении на север, что, очевидно, можно объяснить формированием вдоль южной границы Анабарского глыбового поднятия новейшей Аганьлийской впадины. Расположенные южнее *морфоструктуры денудационного слабо расчлененного куэстообразного плато на палеозойских породах с пластовыми интрузиями траппов* и *денудационного плато на базальтах* ограничены четко выраженными на КС регионально прослеживающимися крутыми уступами. Уступы образованы вдоль границы выхода плотных пород (пласто-

вых интрузий трапхов в первом случае и базальтов — во втором). Высота водоразделов в пределах этих морфоструктур максимальна в приуступной части и полого снижается к центру синеклизы соответственно общему изгибу палеозой-раннемезозойской структуры. Минимальные отметки водоразделов располагаются над центральной приосевой частью синеклизы. Морфоструктуры очень отчетливы на КС благодаря отсутствию значительного вреза гидросети, что обусловило их ровную фототональную (светло-серую) окраску. Слаборасчлененное плато на базальтах вдоль центральной приосевой части синеклизы выступает в интенсивно расчлененное плато Путоранского поднятия. На продолжении простирания выступа уже в поднятой зоне располагается слаборасчлененный несколько опущенный блок Ягталайского плато. Это, очевидно, свидетельствует о том, что при расширении Путоранского сводово-глыбового поднятия на юг быстрее и легче поднимаются те части базальтового плато, которые соответствуют крыльям синеклизы. Центральная же максимально прогнутая часть синеклизы инверсируется более медленно, с трудом преодолевая инерцию прогибания, свойственного синеклизе на более ранних этапах тектонического развития. В морфоструктурах денудационных плато, расположенных в пределах юго-западного крыла синеклизы, древняя геологическая структура на КС проявлена менее отчетливо. Региональный уступ обрамляет лишь базальтовое плато, и то не повсеместно. Отдельным морфоструктурам свойственно инверсионное падение высот. Так, высоты в морфоструктурах Бахтинского поднятия снижаются с северо-востока на юго-запад в направлении, противоположном падению пород в синеклизе. Поверхности отдельных останцов в этой морфоструктуре также наклонены на юго-запад. В целом морфоструктуры денудационных плато, расположенных над юго-западным крылом синеклизы, на КС имеют пестро-пятнистый рисунок распределения фототонов, что затрудняет его расшифровку.

На КС очень отчетливо запечатлены *морфоструктуры останцово-островных денудационных плато*, обрамляющие как слаборасчлененное денудационное плато Туру-Ейского поднятия, так и интенсивно расчлененное эрозионно-денудационное плато Путоранского поднятия. Вдоль восточного и северо-восточного склонов обеих морфоструктур останцово-островные плато развиты прерывистой узкой полоской, как бы заполняя заливы между выступами поднятий, подчеркивая их былую спрямленную границу. По юго-западным окраинам плато останцово-островной рельеф развит на больших площадях, граница его распространения достаточно причудлива. По северной окраине эрозионно-денудационного расчлененного плато Путоранского поднятия и по южной окраине денудационного слаборасчлененного плато Туру-Ейского поднятия останцово-островной рельеф отсутствует. Останцово-островной рельеф, вероятно, формировался на участках дробления краевых частей морфоструктур эрозионно-денудационного и денудационного плато на базальтах, происходившего на этапах активного поднятия структур (о чем, возможно, свидетельствует их территориальная связь с трансморфоструктурными линеаментами). Именно участки дробления наиболее легко осваивались эрозионно-денудационными процессами и расчленялись. Тот факт, что останцы сохранились изолированными далеко удаленными друг от друга массивами среди плоского выровненного рельефа, очевидно, свидетельствует о длительности формирования останцово-островных морфоструктур по сравнению с останцово-блоковыми и останцово-эрозионными. На КС останцово-островной рельеф выделяется по пятнистой окраске, изменяющейся от светлой на плоских вершинах останцов к темным по их склонам и несколько более светлой на рельефе между останцами.

Своеобразный *крупно-грядовый ячеистый рельеф* дешифрируется на КС в зоне распространения *крупных секущих интрузий долеритов*. На-

конец, по темному ровному фототону на КС выделяется *нерасчлененная равнина внутриплатформенной новейшей Муруктинской впадины и менее отчетливо — Аганглийской*. Вдоль осей впадин и по их бортам дешфрируются трансморфоструктурные линеаменты.

В заключение можно сказать, что на основе мелкомасштабных КС можно проводить морфоструктурное районирование сразу для большой территории и составлять морфоструктурные карты среднего масштаба. Применение их позволяет четко фиксировать границы морфоструктур, определять интенсивность и знак формировавшихся их новейших движений и даже последовательность их развития во времени. Ряд особенностей морфоструктур Средней Сибири был увиден впервые только на космических снимках. 1. Четкость и прямолинейность границ морфоструктур областей активных новейших поднятий, подчеркивающие их глыбовую или сводово-глыбовую природу. 2. Существование линеаментов двух типов — морфоструктурных и трансморфоструктурных. Все морфоструктурные линеаменты образовывались на новейшем этапе тектонической активизации, но наследуют прямо или инверсионно структурные зоны (разломы, флексуры) осадочного чехла платформы, а в некоторых случаях и фундамента. Трансморфоструктурные линеаменты являются древними структурными швами, лишь частично активизировавшимися на неотектоническом этапе, а частично проявленными в рельефе как древние ослабленные зоны, используемые экзогенными процессами. 3. На КС отчетливо видно, что максимально тектонически активной на новейшем этапе были северная и западная части платформы, в то время как ее центральную область отличает умеренное поднятие и пассивное наследование геологической структуры синеклизы. 4. На космических снимках отчетливо выявляется блоковое строение крупных морфоструктур, подчеркивающее их глыбовую и сводово-глыбовую природу.

ЛИТЕРАТУРА

- Дренов Н. В. Тектоническое строение западной части Сибирской платформы. — В кн.: Тектоника Сибири. Новосибирск: Наука, 1963, с. 21—29.
- Косыгин Ю. А., Лучицкий И. В. Структуры ограничения Сибирской платформы. — В кн.: Тектоника Сибири. Новосибирск: Наука, 1963, с. 9—12.
- Ранцман Е. Я. Морфоструктурный анализ горных стран и прогноз места сильных землетрясений. Автореф. докт. дис. М., 1979.

В. И. ВИТЯЗЬ, В. В. БОГАЦКИЙ

О РОЛИ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОГНОЗЕ И ПОИСКЕ

(на примере зон нефте- и газонакопления Средней Сибири)

Широкий спектр аэрокосмической информации позволяет опознать различные геологические структуры, особенно протяженные, которые, как показывает практика, очерчивают зоны локализации нефте- и газонакопления. Опыт истолкования аэрокосмической информации [Астахов, Ероменко, 1974; Богацкий и др., 1978; Богацкий, Витязь, 1975, 1976; Богацкий, 1972] убеждает в необходимости соотнесения дистанционно опознаваемых структур с геоморфологическими элементами. Если последние отражают строение приповерхностной зоны литосферы, то дистанционно опознаваемые элементы являются выражением более глубоких ее уровней. Иными словами, и геоморфологические карты лика Земли, и ее структурный облик, улавливаемый из ближнего космоса, представляют

собой разные — сосуществующие и, главное, взаимодополняющие — формы проявления единого поля тектонических напряжений, задаваемого волновыми процессами [Витязь, Богацкий, 1977; Ероменко, Каттерфельд, 1978]. Соотнесение необходимо прежде всего для выявления связей между уровнями иерархии структур и потенциалом процессов массопереноса, связанного с ними. Месторождения нефти и газа, а тем более зоны нефте- и газонакопления (НГН), представляющие собой крупные по размерам зоны повышенной проницаемости (т. е. вместилища), часть объема которых заполнена нефтью и (или) газом, мы рассматриваем как типичные потоковые месторождения и их ареалы, являющиеся одновременно и следствием, и выражением длинноволновых тектонических полей напряжения. В самом деле, и формирование зон повышенной проницаемости как перспективных газо- и нефтелокализирующих структур, и их заполнение нефтью и газом, т. е. потоковый массоперенос, — это разные формы выражения энергетически единого процесса, реализуемого то устойчивыми (при малых временных отрезках), то динамическими (при значительных интервалах времени) трехмерными полями сжатия и растяжения. Более того, автоколебательная система Земли управляет и регулирует не только процессы тектонического структурообразования, включая морфологию регионов, но и геохимические процессы концентрации — рассеяния. Перекачка энергии и ее перераспределение в литосфере определяются волновым механизмом, для которого типично экспоненциальное затухание и в пространстве, и во времени.

Рассмотрим с этих позиций возможности использования региональной информации для прогноза и поиска зон НГН на примере Средней Сибири. Напомним прежде всего, что Западно-Сибирская плита и Сибирская платформа — крупнейшие платформенные области Азии — различны по своему морфологическому облику: в первом случае это слабо всхолмленная равнина с абсолютными отметками 50—200 м, во втором — явно приподнятое до абсолютных отметок 400—600 м (местами до 1700 м), иногда заметно расчлененное, плоскогорье. Вместе с тем рельеф обоих регионов можно рассматривать как выражение волновых движений, а это в свою очередь дает право не только объяснить структуру верхнего этажа этих областей как суперпозицию волн разной длины (частоты), но и анализировать систему вогнутых и выпуклых морфологических поверхностей как интерференционно-резонансную картину, в частности как плоскостное выражение трехмерных волновых деформаций, задаваемых полем тектонических напряжений.

Хорошо опознаваемым признаком реализованного поля напряжений являются не только морфоструктуры рельефа и величина их эрозионного вреза, но и трещинно-дизъюнктивные системы. Дистанционные материалы позволяют относительно надежно опознать линеаменты (дизъюнктивы), которые, как показывает практика, оказываются не столько границами, сколько телами. Термином «дизъюнктив» далее именуется линейные структуры, четко фиксируемые дистанционными методами, которые часто называют линеаментами. Анализ нескольких авторских вариантов карт дешифрирования западной части Сибирской платформы показал, в частности, наличие системы периодичности, фиксируемой модами длин дизъюнктивов: 50—60, 125—175, 350—375 и 575—650 км. Полимодальное распределение длин дизъюнктивов позволяет выделить четыре ранга: малые (51—100), средние (101—200 и 201—500) и крупные региональные (501—1000 км); к межрегиональным отнесены дизъюнктивы протяженностью более 1000 км ($\geq 10^\circ$ на сфере). Анализ карт плотности свидетельствует о том, что региональные зоны НГН Западной Сибири приходится на поля средних и низких значений плотности дистанционно опознанных дизъюнктивов. Это позволило не только использовать для целевого прогноза ранжированный пространственно-метрический анализ дистанционной

информации, но и рассматривать карты плотности как пространственно упорядоченное выражение полей напряжений, материализованных в виде систем нарушений (отрывных и сколовых). Последнее возможно, если считать поля экстремальных значений плотности соответствующими пучностям как относительного сжатия, так и относительного растяжения. В самом деле, в пучностях растяжения продольных волн возможно формирование отрывных нарушений, а в областях сжатия поперечных волн — образование сколов. Используя только карты плотности дистанционно опознанных дизъюнктивов, естественно, не удастся однозначно установить, какие участки экстремальных значений соответствуют пучностям сжатия поперечных волн, а какие — пучностям растяжения продольных волн. Поскольку региональные морфоструктуры, будучи, как правило, молодыми, образуются волнами (то изгибными, то поверхностными), важным представляется опознание их наиболее длинноволновых компонент, ибо только они могут дать сведения о региональных зонах относительного сжатия и растяжения. С этой целью для Средней Сибири выполнена генерализация гипсометрических карт м-ба 1 : 2 500 000 с использованием элементарной ячейки-эталоны в виде трапеции м-ба 1 : 200 000 международной разграфки. Выбор ячейки (1° по широте и 40' по долготе) обусловлен минимальным размером (100 км) средних региональных структур. На базе мелкомасштабной гипсометрической карты составлено четыре генерализованные схемы Средней Сибири, где показаны: 1) поле верхних отметок рельефа (ПВОР) по максимальным гипсометрическим отметкам в ячейке; 2) поле нижних отметок рельефа (ПНОР) по минимальным гипсометрическим отметкам в ячейке; 3) линейный градиент рельефа (ЛГР) — отношение разности (перепада) отметок в каждом эталоне к его линейному размеру; 4) аналогично полям экстремальных гипсометрических отметок выделены: а) совокупности привершинных участков и б) поля минимальных гипсометрических отметок, соответствующие «днищам впадин». Обе эти группы полей, именуемые далее ареалами локализованных элементов рельефа (АЛЭР), включают обособленные по замкнутой изогипсе элементы рельефа (привершинные участки и днища впадин) поперечником менее 25 км. Плотность ареалов, выраженная числом элементов в ячейке исследования, дает представление о максимальной величине расчлененности.

Попарное сравнение четырех карт между собой показало не только структурное сходство рисунка полей (преобладающую широтно-меридиональную ориентировку наиболее крупных морфоструктур, поясов ЛГР и локальных ареалов вершин и впадин, периодичность размещения), но и отсутствие пространственного их совмещения (для ПВОР, ПНОР и ЛГР). На карте ПВОР четко проявляются отрицательные элементы («долины»), на карте ПНОР — положительные («водоразделы»). Генерализованные элементы рельефа, четко очерчивая контуры известных морфоструктур (горные области), выявляют не фиксируемые исходной гипсометрической картой опускания и воздымания.

Распределение величин протяженности морфоструктур и ареалов расчлененности рельефа (ЛГР и АЛЭР) левосимметрично и полимодально; преобладают морфоструктуры и ареалы протяженностью (поперечником): 75 ± 25 , 225 ± 275 , $525-700$ и 1200 ± 200 км. На картах ПВОР и ПНОР четко видны не только привычные морфоструктуры рельефа, но и новые элементы. Например, на карте ПНОР широтный пояс поднятий, известный как Сибирские увалы, получил четкое выражение, и в его пределах фиксируется система субмеридиональных воздыманий. На карте ПВОР устанавливается дугообразное широтно-меридиональное опускание вдоль широтного отрезка Оби и меридионального — Иртыша. Средняя плотность локальных вершин и впадин в северной трети Западно-Сибирской плиты выше, чем в ее южных и центральных районах. Повы-

шенная расчлененность рельефа Западной Сибири свидетельствует в пользу сжатия широтной полосы региона между 66 и 72° с. ш. Для Сибирской платформы характерна малая расчлененность, фиксируемая значениями $LGR = (2-4) \times 10^{-3}$, приходящаяся на водораздел Лены и Енисея.

Особый интерес представляют пояса региональных зон относительных опусканий и воздыманий. Субмеридиональные и субширотные пояса наиболее четко проявляются на графиках усредненных значений гипсометрии (ПВОР и ПНОР) вдоль одноградусных меридиональных или 40-минутных широтных полос. Наиболее прогнутая часть фиксируется между 60 и 89° в. д. с экстремумом вдоль $75 \pm 4^\circ$ в. д. для ПВОР. Прогнутые пояса Сибирского плоскогорья фиксируются как между 97 и 109° в. д. с экстремумом вдоль $102 \pm 2^\circ$ в. д. (для ПВОР), так и между 101 и 112° в. д. с экстремумом вдоль $102 \pm 1^\circ$ в. д. (для ПНОР).

Опознанные субмеридиональные пояса минимальных отметок ПВОР и ПНОР, оказываясь по размерам крупными региональными структурами относительного опускания, различаются спецификой своего положения на фоне межрегиональных структур. Если пояс опускания Западной Сибири проявлен на фоне межрегиональной зоны относительного растяжения, фиксируемого прогибом региона, то пояса прогибания Сибирской платформы располагаются на фоне межрегионального относительного сжатия, фиксируемого Средне-Сибирским плоскогорьем. На графиках средних значений ПВОР и ПНОР (по меридиональным полосам) отмечается периодичность в чередовании опусканий и воздыманий, одинаковых для обоих регионов с шагом (по широте) в $4-5$, $7-9$ и 12° . Субширотные пояса фиксируются между 60 и 126° в. д. На фоне общего воздымания рельефа с севера на юг фиксируются четкие оси субширотных поясов воздымания вдоль: 66 ± 1 и $54-56^\circ$ с. ш. (ПНОР), 67 ± 2 , $56-57$ и $54-55^\circ$ с. ш. (ПВОР). Оси опусканий фиксируются вдоль 64 ± 1 и $53,5 \pm 0,5^\circ$ с. ш. (ПНОР), $60-63$ и $53-54^\circ$ с. ш. (ПВОР).

Несколько слов о результатах сопоставления ориентировки ведущих простираний дизъюнктивов, опознанных дистанционно, и морфоструктур рельефа. Обобщенные в таблице данные говорят о том, что и морфоструктуры, и дизъюнктивы ориентированы преимущественно меридионально, при этом отмечается увеличение числа дизъюнктивов, приходящихся на одну морфоструктуру, в случае ПНОР — от малых к крупным; в случае ПВОР — от крупных к малым.

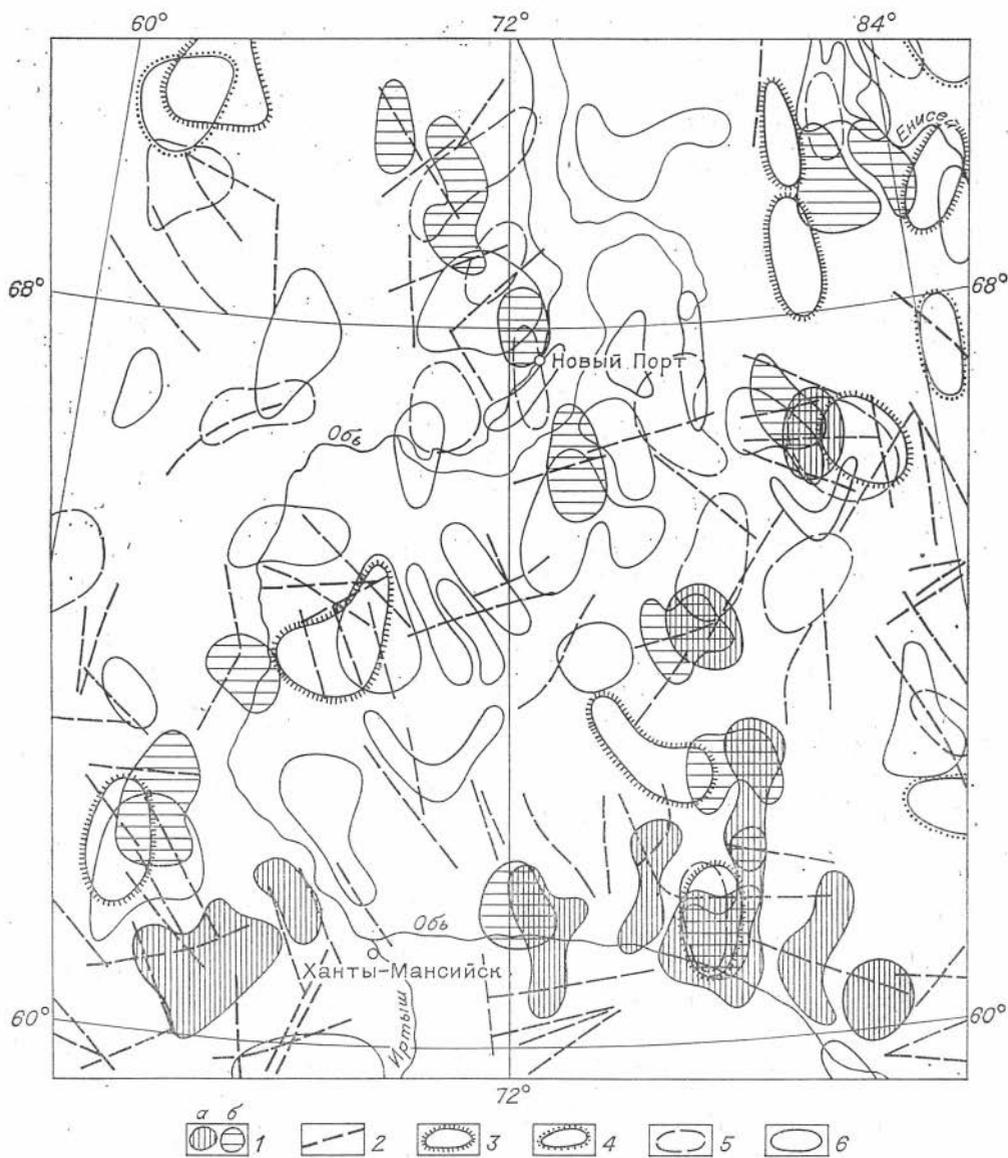
Сравнение соответствия полей показало, что дизъюнктивы, как правило, не совпадают ни с полями экстремальных гипсометрических значений, ни с ареалами повышенной и пониженной расчлененности рельефа. Эта тенденция четко проявляется на картах ранжированных структур, где дизъюнктивы, как правило, приходятся на края морфоструктур и узлов расчлененности или занимают по отношению к ним секущее положение. Так, например, Путоранское поднятие не только ограничено с севера, юга и востока межрегиональными дизъюнктивами, но и субмеридиональные дизъюнктивы того же ранга пересекают морфоструктуру в ее седловидной центральной части. Дизъюнктивы ранга $101-200$ км располагаются преимущественно между осями морфоструктур и узлов расчлененности, реже приходятся на края, а иногда пересекают те и другие (см. рисунок).

Проведенные сопоставления показывают, что, во-первых, узлы повышенной (и пониженной) плотности дизъюнктивов, как правило, пространственно не совмещаются ни с морфоструктурами, ни с ареалами расчлененности рельефа: во-вторых, имеет место не только пространственная упорядоченность, но и сходство рисунка изолиний ПВОР и ПНОР и плотности дизъюнктивов. Все это подтверждает вывод о едином — волновом механизме их формирования.

Форма и ориентировка региональных морфоструктур рельефа и дизъюнктивов ТВС Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы

Форма, ориентировка		Морфоструктуры: ПВОР (числитель), ПНОР (знаменатель), ЛГР (справа)					Дизъюнктивы (по В. Я. Ерменко, [1976, 1977])				
		Ранги, км					Ранги, км				
		Итого	1010—1900	501—1000	201—500	101—200	Итого	1010—2050	501—1000	201—500	101—200
Ориентировка вытянутых структур	Меридиональная	$\frac{73}{20}^{69}$	$\frac{3}{0}^5$	$\frac{5}{0}^2$	$\frac{18}{6}^{14}$	$\frac{19}{5}^{75}$	316	17	25	134	140
	Широтная	$\frac{13}{1}^{12}$	0	$\frac{2}{0}^3$	$\frac{1}{\bullet}^1$	$\frac{5}{1}$	205	10	11	88	96
	Северо-западная	$\frac{11}{-25}$	$\frac{0}{1}^0$	$\frac{0}{1}^0$	$\frac{1}{3}^5$	$\frac{6}{1}^5$	152	2	5	55	90
	Северо-восточная	$\frac{32}{16}^{25}$	0	$\frac{7}{1}^0$	$\frac{11}{4}^7$	$\frac{8}{-6}^{12}$	187	1	7	71	108
Изометричные		$\frac{64}{13}^{67}$	$\frac{3}{0}^1$	$\frac{2}{0}^3$	$\frac{2}{8}^2$	$\frac{17}{17}^{11}$					
Всего . . .		$\frac{195}{111}^{198}$	$\frac{6}{1}^6$	$\frac{16}{2}^8$	$\frac{37}{21}^{35}$	$\frac{55}{30}^{22}$	860	30	48	348	434

Рассмотрим теперь пространственное положение зон промышленной нефте- и газоносности относительно полей плотности дизъюнктивов, поверхностей ПНОР и ПВОР, используя представление о поле плотности месторождений. Это сопоставление убеждает в справедливости ранее установленного несовпадения полей повышенной плотности месторождений с полями экстремальной плотности дизъюнктивов. Пояса нефте- и газонакопления не только Западной Сибири, но и Волго-Уральской, и Тимано-Печорской провинций располагаются вдоль межрегиональных дизъюнктивов. Так как ширина зон межрегиональных дизъюнктивов нередко достигает 50—100 км, очевидно, что пояса нефте- и газонакопления совпадают с краями крупнейших дизъюнктивных поясов. Крупные региональные дизъюнктивы очерчивают зоны НГН, занимая относительно них секущее положение. Крупные региональные зоны НГН совпадают с опусканиями и ПВОР, и ПНОР, а также ареалами минимальной или пониженной расчлененности рельефа, фиксируемых ЛГР или плотностью локальных вершин и впадин. Крупные зоны НГН четко вписываются в контуры крупных региональных опусканий ПВОР или тяготеют к их краям. Для Западно-Сибирской плиты намечается приуроченность зон преимущественного газонакопления к полям пониженной, а нефтенакопления — к полям минимальной расчлененности рельефа. Подмеченные закономерности, включая специфику поля дизъюнктивов, позволяют считать перспективными на выявление крупных зон НГН на Сибирской платформе следующие области пониженных значений ПВОР: а) северо-восточный пояс, протягивающийся от среднего течения Ангары до низовьев левых притоков Лены — Линде и Вилюя; б) субширотные зоны восточной части платформы вдоль $68 \pm 1,5$ и $72 \pm 1^\circ$ с. ш. Региональные зоны НГН (ранг 101—200 км) Средней Сибири и прилегающих районов Русской платформы располагаются по краям ареалов не только региональных дизъюнктивов, но и морфоструктур и ареалов расчлененности рельефа. В случае



Региональные (ранг 101—200 км) зоны нефте- и газонакопления, дизъюнктивы, морфоструктуры и ареалы локальных вершин и впадин севера Западной Сибири.
 1 — зоны нефте- (а) и газонакопления (б); 2 — дизъюнктивы по В. Я. Ероменко, Г. Н. Каттерфельду [1978]; 3, 4 — морфоструктуры (3 — ПВОР, 4 — ПНОР); 5, 6 — ареалы расчлененности рельефа (5 — ЛГР, 6 — плотности локальных вершин и впадин).

Западной Сибири (см. рисунок) зоны НГН, тяготея к ареалам морфоструктур и дизъюнктивов, располагаются по периферии или вне морфоструктур и дизъюнктивов. Подобные пространственные отношения характерны и для других нефтегазоносных территорий. В пределах Средней Сибири и на востоке Русской платформы известно 52 зоны НГН ранга 101—100 км. Из этого числа 65% приходится на поля, где не установлены дизъюнктивы, и лишь 17% зон НГН приходится на участки слабого проявления дизъюнктивов. Только единичные морфоструктуры ПВОР и ПНОР совпадают с зонами НГН; 90—94% зон НГН размещены вне таких морфоструктур. Из 52 известных НГН пять зон совпадают с ареалами аномальных значений ЛГР, семь зон располагаются по краям таких ареалов.

Каждая третья зона НГН приходится на край ареалов аномальной расчлененности рельефа, фиксируемой числом локальных вершин и впадин.

Основываясь на особенностях размещения известных зон НГН относительно дизъюнктивов, морфоструктур и ареалов расчлененности рельефа, можно прогнозировать новые площади, перспективные на выявление нефтегазовых месторождений. Для Западной Сибири подтверждается перспективность северной и юго-восточной частей региона. На Сибирской платформе перспективными на выявление новых зон НГН оказываются площади опусканий ПВОР и ПНОР, и поля малой плотности дизъюнктивов вдоль $102 \pm 3^\circ$ в. д. в верхних течениях Вилюя, Подкаменной и Нижней Тунгусок. Особенно важно подчеркнуть, что перспективные на выявление зон НГН площади любого уровня иерархии не совпадают с зонами наиболее поднятых (опущенных) морфоструктур ПВОР и ПНОР, ни с ареалами повышенной плотности дизъюнктивов или аномальной расчлененности рельефа.

В заключение считаем важным констатировать, что аэрокосмическую информацию в виде полей плотности дизъюнктивов можно успешно использовать для целей прогноза и поиска только после соотнесения ее как с разными по иерархии земными морфоструктурами, фиксируемыми генерализованными гипсометрическими картами (ПВОР и ПНОР), так и другими геолого-геофизическими признаковыми полями. Иначе говоря, аэрокосмические наблюдения дают важную, но далеко не исчерпывающую информацию о геологических структурах. Именно поэтому взаимосвязанная интерпретация наземной и аэрокосмической информации о геологических структурах позволяет не только опознать их общие черты, но и локализовать перспективные площади для поиска новых месторождений полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

- Астахов В. И., Ероменко В. Я. Геологическая информативность телевизионных космических снимков закрытых районов (на примере Приенисейской Сибири).— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1974, с. 154—156.
- Богацкий В. В. Геологические структуры как ареалы реализации силовых полей (кинематическая модель региональных структур).— В кн.: Внутренняя геодинамика (краткие тезисы докл. к Всесоюз. совещ. по внутр. геодин.). Вып. 1. М., 1972, с. 120—125.
- Богацкий В. В., Витязь В. И. О методологии количественного прогнозирования.— В кн.: Методы количественного прогнозирования. Алма-Ата, 1975, с. 40—45.
- Богацкий В. В., Витязь В. И. О системном подходе к прогнозу зон нефтегазоаккумуляции (на примере Западной Сибири).— Геол. и геофиз., 1976, № 1, с. 70—75.
- Богацкий В. В., Витязь В. И. Системный анализ геофизических полей как основа целевого прогноза.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1979, № 7, с. 86—90.
- Богацкий В. В., Витязь В. И., Ероменко В. Я. и др. Дистанционные исследования дизъюнктивов на примере Средней Сибири.— Геол. и геофиз., 1978, № 10, с. 100—104.
- Витязь В. И., Богацкий В. В. Телекосмическая информация как возможная основа прогноза зон нефтегазоаккумуляции (на примере Западной Сибири).— Докл. АН СССР, 1977, т. 236, № 1, с. 115—117.
- Ероменко В. Я., Каттерфельд Г. Н. Использование космических снимков при изучении региональных и глобальных систем линейных элементов Земли.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10, с. 36—40.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ
И ИНФРАКРАСНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ
ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ТРАССЕ БАМ

Территория Прибайкалья, Забайкалья, южной окраины Алданского щита и Приамурья, прилежащая к трассе БАМ, полностью обеспечена телевизионными и инфракрасными снимками (ТВС и ИКС) разных масштабов. При оценке результатов их дешифрирования необходимо помнить об обзорном характере этих материалов. Они обладают принципиально иной информативностью, нежели более детальные космические снимки, раскрывающие разнообразные подробности строения конкретных структурно-формационных зон. Обзорным снимкам свойственно одно неоспоримое преимущество. С их помощью удается видеть ландшафтные ситуации, отражающие особенности глубинного строения обширных областей.

Помимо общих ландшафтных различий платформ, щитов и разного рода геосинклинально-складчатых областей по ТВС трассируются проекции на поверхность линейных и купольно-кольцевых структур первых порядков (трансрегиональные разломы, планетарная трещиноватость, положение глубинных очагов тепломассопереноса).

На обзорных снимках контрастно выражены впадины поздних этапов. Не составляют исключения и регионы Юго-Востока СССР, прилежащие к трассе БАМ, где широко проявлено тафrogenное и рифтовое впадинообразование позднего мезозоя и кайнозоя. По снимкам можно уточнить контуры конкретных впадин (см. рисунок).

Различия изображения ландшафтов на ТВС и ИКС позволяют обособить Сибирскую платформу (с чехлом осадочных формаций) от всех тектонотипов ее обрамления. К последним мы относим, с одной стороны, перикратонные сооружения Бодайбино-Патомской, Кодаро-Удоканской систем и Алданский щит, а с другой — геосинклинально-складчатые сооружения байкалид—каледонид и варисцид—мезозоид Байкальской, Селенгино-Яблоновой, Монголо-Охотской и Сихотэ-Алинской областей [Амантов, 1975; Красный и др., 1977]. Труднее, опираясь на обзорные снимки, наметить границы каждого из названных складчатых сооружений: отделить ту или иную область от сопредельной. Единственным объективным критерием при районировании по ТВС могут служить линейные и дугово-линейные глубинные разломы, конформные структурному рисунку складчатых сооружений. В интересующем нас регионе «граничные» разломы подобного типа единичны. На ТВС и ИКС опознаются: 1) Байкало-Патомский структурный шов (устанавливается как тектонический уступ на границе с платформой; проекция на поверхность геоида отвечает глубинному надвику; в материалах тепловой съемки не выражен, что подкрепляет мнение о его вялой геодинамической активности с начала палеозоя); 2) Удино-Становой структурный шов (построен из Удино-Витимского и продолжающего его на восток Станового глубинных разломов). Примечательно, что это единственная генеральная граница структур первых порядков, выявляемая не только на ТВС, но и на ИКС. Последнее естественно, поскольку это важнейшая структурная линия позднего мезозоя и кайнозоя; 3) Монголо-Охотский структурный шов контрастно опознается только на востоке: в Верхнем Приамурье и бассейне Уды. На западе, в Забайкалье, о продолжении Монголо-Охотского линеамента можно судить лишь по смене ландшафтной ситуации на отдельных фрагментах разлома.

На востоке полость Монголо-Охотского структурного шва очерчена узкой, межблоковой Тукурингра-Джагдинской геосинклинально-склад-

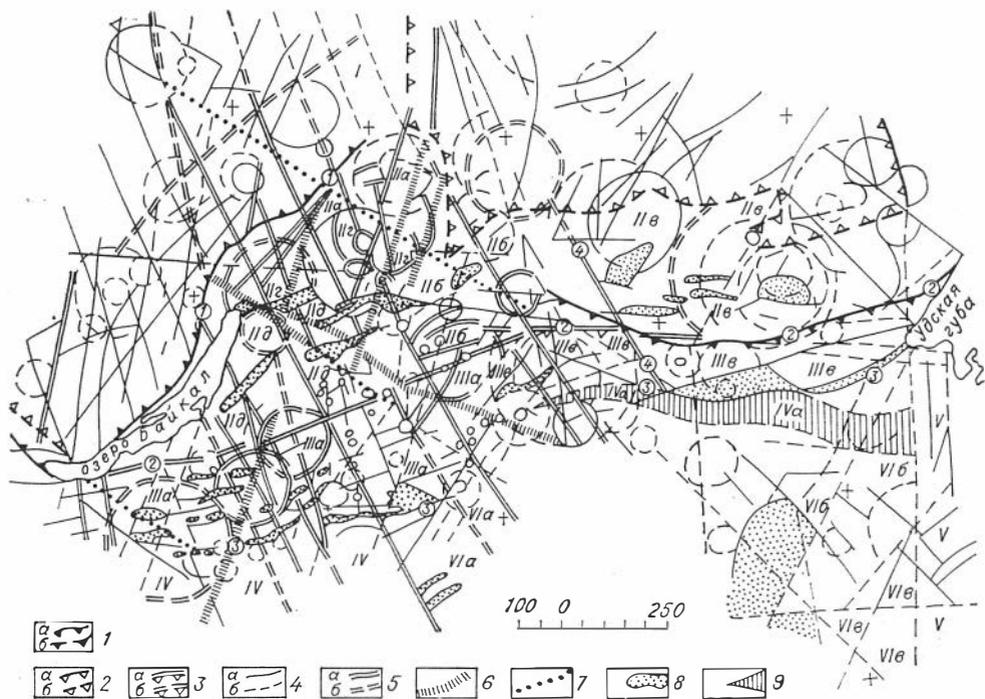


Схема дешифрирования телевизионных и инфракрасных космических снимков территории, примыкающей к трассе БАМ.

1 — разломы, выраженные в виде неотектонических уступов по границам крупных блоков, прослеженные непрерывно (а) и прерывисто (б); 2, 3 — разломы по границам крупных блоков без значительных неотектонических смещений, прослеженные: 2 — по ТВС (а — непрерывно, б — прерывисто), 3 — по ИКС (а — непрерывно, б — прерывисто); 4, 5 — ландшафтные линейные границы и границы купольно-кольцевых структур, прослеженные: 4 — по ТВС (а — непрерывно, б — прерывисто), 5 — по ИКС (а — непрерывно, б — прерывисто); 6 — разломы, предполагаемые по широким полосам на ТВС; 7 — предполагаемые продолжения крупных региональных и трансрегиональных разломов; 8 — мезокайнозойские впадины; 9 — горст Турурингра — Джэгды.

I — Сибирская платформа; II — Байкало-Алданский геоблок (IIa — Бодайбино-Патомская складчатая система, IIб — Кодаро-Удоканская складчатая система, IIв — Алданский щит, IIг — Байкало-Витимская складчатая система, IIд — Баргузино-Витимский массив); III — Селенгино-Становой геоблок (IIIa — Селенгино-Яблоневая складчатая область, IIIб — западная окраина Становика, IIIв — Становой свод); IV — Монголо-Охотская складчатая область (IVa — Турурингра-Джагдинская складчатая система); V — Сихотэ-Алинская складчатая область; VI — Аргунско-Бурейнская глыба (VIa — Приаргунский, VIб — Туранский, IVв — Малохинганский мегаблоки). Цифры в кружках: 1 — Байкало-Патомский, 2 — Удино-Становой, 3 — Монголо-Охотский структурные швы, 4 — Унесская шовная зона Станового хребта.

чатой системой* (PR₂ — MZ), контрастно выраженной на обзорных телеснимках в сочленении Станового свода и Аргунско-Бурейнской глыбы.

В итоге, опираясь на ТВС и ИКС, в обрамлении Сибирской платформы удастся обособить лишь крупные геоблоки, каждый из которых состоит из нескольких геосинклинально-складчатых систем, областей или краевых массивов.

Северный, Байкало-Алданский, геоблок, расположенный к северу от Удино-Станового линеамента, охватывает перикратонные сооружения платформы, байкалиды Северного Забайкалья и Алданский щит.

Второй, Селенгино-Становой, геоблок, объединяет многократно активизированные каледониды Селенгино-Яблоневой области на западе [Амантов, 1975] с археозоидами становид — на востоке.

В третьем геоблоке сочетаются малоподвижные области Приаргунского, Туранского и Мало-Хинганского мегаблоков. Все эти мегаблоки в совокупности оформились в мезозое в один из наиболее крупных «мас-

* Наименование используется впервые взамен Амуро-Охотской системы, характеризующейся иными границами.

сивов» юга азиатской части СССР — в Аргунско-Буреинскую глыбу.

Каждый из двух других геоблоков (Байкало-Алданский и Селенгино-Становой) также объединяет тектонические подразделения, обнаруживающие те или иные черты сходства между собой. Решающим в обоих случаях оказалось сходство нижнедокембрийского субстрата. Так, составные части Байкало-Алданского геоблока (Баргузино-Витимский, Алданский и Бодайбино-Патомский мегаблоки), трактуемые большинством авторов как структуры типа литоплинтов, сближает высокая салличность архейского субстрата. Подразделения Селенгино-Станового геоблока сближает общность структурно-вещественных комплексов становид, составляющих субстрат не только Становика, но и каледонид Селенгино-Яблоновой области.

При работе с ТВС хорошо дешифрируются контрастно выраженные диагональные и субмеридиональные нарушения, принадлежащие к дизъюнктивным системам так называемой «планетарной трещиноватости». Распределены они весьма неравномерно. Уникальна по плотности сеть диагональных разломов Забайкалья, где резко доминируют «скрытые» разломы северо-западного направления. Одни из них выражены на ТВС, а другие устанавливаются исключительно по данным тепловой съемки (ИКС). На территории Дальнего Востока (восточная окраина Становика, Туранский и Малохинганский мегаблоки) разломы северо-западного направления уступают место северо-восточным диагональным разломам. Они малочисленны, несоизмеримы по плотности с диагональными разломами Забайкалья. В отличие от «скрытых» забайкальских все они становятся «явными», причем характеризуются выраженными тангенциальными смещениями с преобладанием левых сдвигов и сбросо-сдвигов. Ни один из диагональных разломов северо-восточного направления не выражен в тепловом поле, т. е. на ИКС.

Субмеридиональные разломы избирательно развиты только в западной и восточной окраинах региона. В первом случае сравнительно плотная сеть субмеридиональных разломов связана с Трансзиатским разломом, иными словами — «критическим меридианом Каттерфельда». На востоке роль тех же разломов возрастает на окраине континента, близ переходной зоны континент — океан.

Примечательно, что обе полосы субмеридиональных разломов связаны с одной и той же сверхглубинной неоднородностью: они совмещены с краями Восточно-Азиатской градиентной зоны геопотенциала Земли, выявленной по спутниковым данным [Gerier, Newton, 1965].

Изучение всего комплекса обзорных телевизионных снимков (включая материалы ИК-съемки) позволяет опознать множество купольно-кольцевых морфоструктур, различающихся происхождением и размерами. По последнему признаку намечается преобладание структур двух иерархических уровней: с поперечником 250—350 и 25—40 км. Это обстоятельство наводит на мысль об обусловленности энергогенерирующих центров купольно-кольцевых структур двумя разными уровнями глубинности («глубинным» и «оболочечным»). Вопрос проблемен и подлежит дальнейшему изучению.

Обращает на себя внимание избирательная приуроченность купольно-кольцевых структур к мегаблокам, наименее подвижным в палеозое и мезозое* (окраина Сибирской платформы и ее перикратонные сооружения, Алданский щит, западная окраина Становика). В областях контрастных вертикальных движений палеозоя и мезозоя (Селенгино-Яблоновая, Монголо-Охотская области) количество купольно-кольцевых структур резко сокращается.

* Исключая структуры, дешифрируемые по ИКС.

При анализе результатов дешифрирования обзорных космических снимков обращает на себя внимание резко неравномерная плотность линейных и кольцевых структур, выявляемых на ИКС. На территории Забайкалья без затруднения опознаются как сближенные линейные зоны (по уже упомянутой системе диагональных дизъюнктивов северо-западного направления), так и купольно-кольцевые структуры обеих иерархических уровней. На территории Дальнего Востока на ИКС (см. рисунок) опознаются лишь единичные структуры (Западная окраина Алданского свода, Унахская шовная зона хр. Станового). Словом, существуют объективные предпосылки предполагать несравненно больший глубинный разогрев Забайкалья в сравнении с дальневосточной окраиной СССР.

Наконец, достаточно важной представляется приуроченность значительных по масштабу проявлений эндогенной минерализации в Забайкалье к региональным линейным зонам нарушений северо-западного направления, которые хорошо дешифрируются по ИКС, а также к местам пересечений этих нарушений с поперечными разломами и кольцевыми структурами.

При синтезе данных ТВС по юго-восточной окраине Ангарского выступа установлены места сгущения и пересечения линейных зон северо-западного направления, интерпретируемых как разломы диагональной системы, с купольно-кольцевыми структурами поперечником 50—75 км. В совокупности все эти узлы сгущения линейных и купольно-кольцевых структур (Усть-Кутский и др.), тяготеющие в Верхнеленскому разлому и долине Лены, группируются в сравнительно компактную линейную зону.

В связи с упорядоченностью указанных дизъюнктивных узлов к северо-западной окраине Алдано-Ленского (Прибайкальского) краевого прогиба на них следует обратить самое пристальное внимание при разработке критериев прогноза нефтегазоносности Сибирской платформы.

ЛИТЕРАТУРА

- Амантов В. А. Тектоника и формации Забайкалья и Северной Монголии. Л.: Недра, 1975. 223 с.
- Красный Л. И., Амантов В. А., Миронюк Е. П., Путинцев В. К., Салоп Л. И., Тихомиров И. Н. Геолого-структурное районирование региона БАМ и прилегающих территорий. — В кн.: Геология, геофизика и полезные ископаемые региона Байкало-Амурской железнодорожной магистрали. Вып. 1. Л., 1977, с. 6—19.
- Gerier, Newton. The Earth's gravity Field as deduced from the Doppler of five Satellites. — J. geophys. Research, 1965, v. 70, p. 4621.

Д. П. ФОМИН, О. В. ГРАБКИН

ОПЫТ КОРРЕЛЯЦИИ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С НОВЕЙШИМИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ ПРИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА БАМ

В последние годы получены новые геолого-геофизические материалы, уточняющие геологическое строение многих сложных районов полициклического развития в зоне Байкало-Амурской магистрали. Одним из них является юго-западная часть Алданского щита. Здесь, в бассейнах Чары и Олекмы, по мелкомасштабным сканерным изображениям и разрозненным геологическим данным выделены древнейшие раннеархейские складчатые овалы [Салоп, 1972], или кольцевые структуры [Глуховский, 1976], характерные для пермобильной стадии развития земной коры [Салоп, 1972]. В пределах одной из них — в юго-восточной части Чарского овала — с целью составления среднемасштабных карт разломов и тектонических карт был дешифрирован набор разномасштабных аэро- и космофотоизо-

бражений местности. Результаты дешифрирования фотоматериалов сопоставлены между собой, заверены геофизическими и многолетними полевыми геолого-структурными исследованиями, что позволило оценить достоверность аэрокосмической информации и наметить пути ее применения при изучении разрывной тектоники региона.

Были выявлены следующие дешифровочные признаки элементов структуры.

На крупномасштабных аэрофотоснимках контактной печати в пределах детального участка (рис. 1) фотогеничность структурных элементов находится в прямой зависимости от контрастности рельефа, литологии пород, мощности рыхлого чехла и характера растительного покрова.

Дешифрируемые разломы по рангу соответствуют в основном локальным разрывам и трещинам.

Разломы древнего (домезозойского) заложения представляют при распознавании на аэрофотоснимках значительные затруднения, поскольку это обычно мощные (от сотен метров до нескольких километров) зоны бластомилонитов, вмещающие крупные интрузии трещинного типа, и по физико-механическим свойствам они мало отличаются от окружающих архейских образований. Фрагменты подобных зон установлены на фотоизображениях местности по протяженным полосам сближенных тонких параллельных линий светло-серого и темно-серого фототонов. Реже таким полосам соответствуют пониженные участки рельефа — седловины водоразделов, долины.

Разломы, подновленные или возникшие в мезокайнозойское, практически неразличимы между собой из-за особенностей эндогенного режима рельефообразования исследуемого района, где многими подчеркивается прямая зависимость современного рельефа от мезозойской тектоники. Это самая многочисленная группа разломов, выраженных целым рядом как прямых, так и косвенных дешифровочных признаков.

Разрывные нарушения этой группы характеризуются небольшой мощностью (десятки метров) и значительной протяженностью (от 3—5 до 30—40 км) и представляют собой линейные зоны милонитов, катаклазитов, высокой трещиноватости пород. Степень достоверности их дешифрируемости очень высока, что подтверждено полевыми исследованиями.

Разломы с признаками кайнозойского омоложения выделялись посредством прямых дешифровочных признаков. К ним отнесены уступы на водоразделах и склонах водоразделов, вдоль которых по простиранию четко видны однотипные смещения русел мелких водотоков и водораздельных грив. При этом, как правило, можно определить на стереопаре направление сдвига и амплитуду, а также положение поднятого и опущенного крыльев.

Высотные аэрофотоснимки среднего масштаба хорошего качества и высокой разрешающей способности практически мало отличались по детальности от картины, наблюдаемой на крупномасштабных снимках. Крупные разломы на них также выделяются фрагментарно, а большая детальность затушевывает восприятие генеральных направлений простирания крупных зон. В то же время обилие деталей позволяет выявлять и классифицировать наполнение крупных разломов: зоны расланцевания и милонитизации, брекчированные породы и т. п. Рельефность стереомодели (искажения по вертикали в 5 раз) дает возможность уверенно дешифрировать разломы на склонах водоразделов, а большая обзорность снимков делает их незаменимыми при среднемасштабных исследованиях.

Фотографии из космоса мелкого и среднего масштабов в черно-белом изображении дешифрировались специалистами НПО «Аэрогеология». Наиболее информативными масштабами снимков для составления карт разломной тектоники признаны средний (для участков детализации) и мелкий (для всей территории, прилегающей к трассе БАМ).

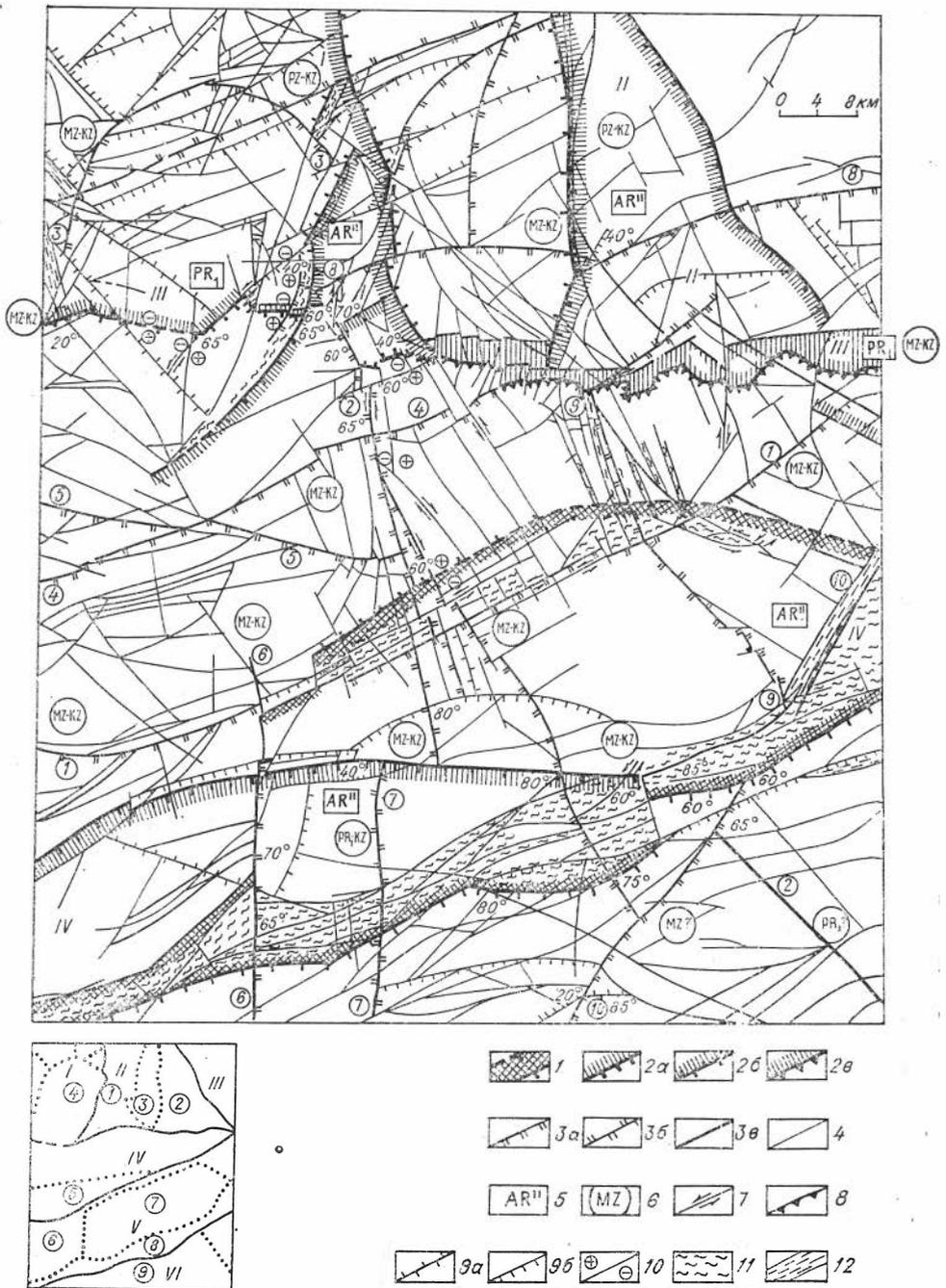


Рис. 1. Карта разломов Ханпи-Олекминского участка трассы БАМ. Составил Д. П. Фомин (с использованием материалов НПО «Аэрогеология»).

1—4 ранг (класс) разломов: 1 — зона структурного шва, с раннего протерозоя разделяющего Алданский щит и Становую орогенно-магматическую область; 2 — зоны региональных глубинных разломов, определяющие границы крупных блоков земной коры (межблоковые); границы зон на поверхности при наклонном (а), вертикальном (б) и пологом (в) падении генерального сместителя; 3 — крупные локальные разломы, пересекающие разнородные и однородные блоки земной коры, при наклонном (а), вертикальном (б) и неустановленном (в) падении сместителя; 4 — локальные и оперяющие разломы с неустановленным падением сместителя. 5 — время заложения главных разломов. 6 — время активизации разломов. 7—10 — морфогенетические типы разломов: 7 — сдвиги; 8 — надвиги; 9 — сбросы и взбросы с субвертикальным (а) и наклонным (б) падением сместителя; 10 — соотношение поднятых и опущенных крыльев. 11, 12 — продукты динамометаморфических преобразований пород: 11 — blastomylonites и диафориты; 12 — милониты и катаклазиты. Цифры на схеме — зоны региональных глубинных разломов: I — Темулякитского, II — Тунгурского.

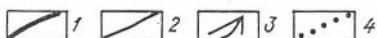
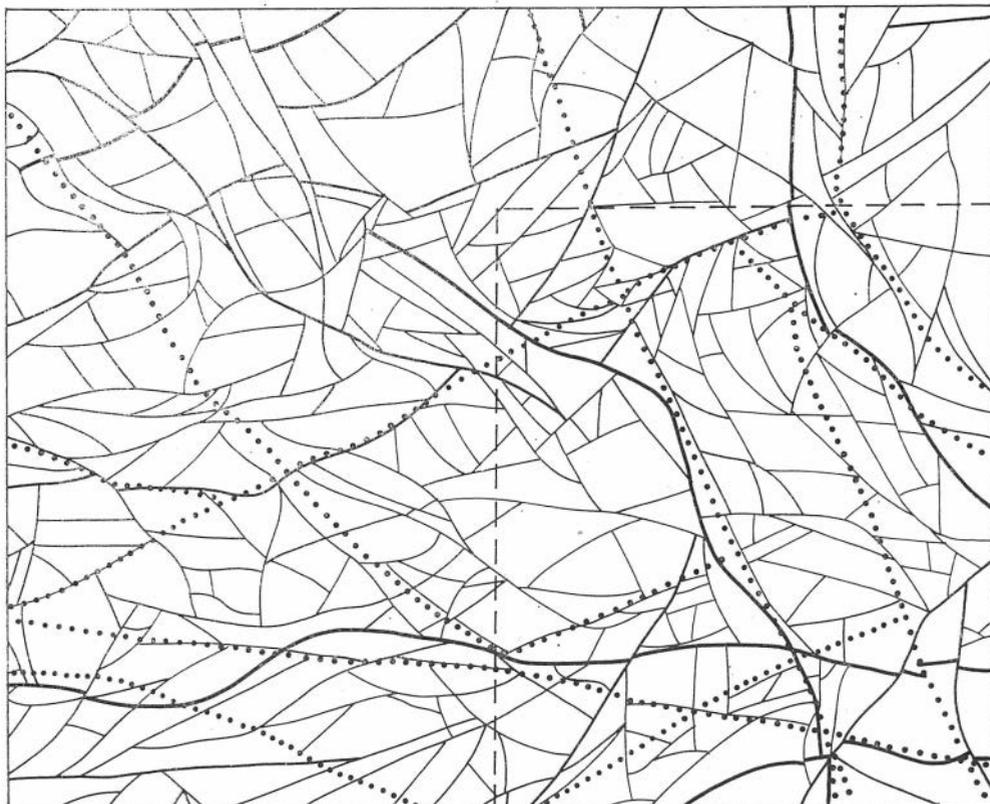


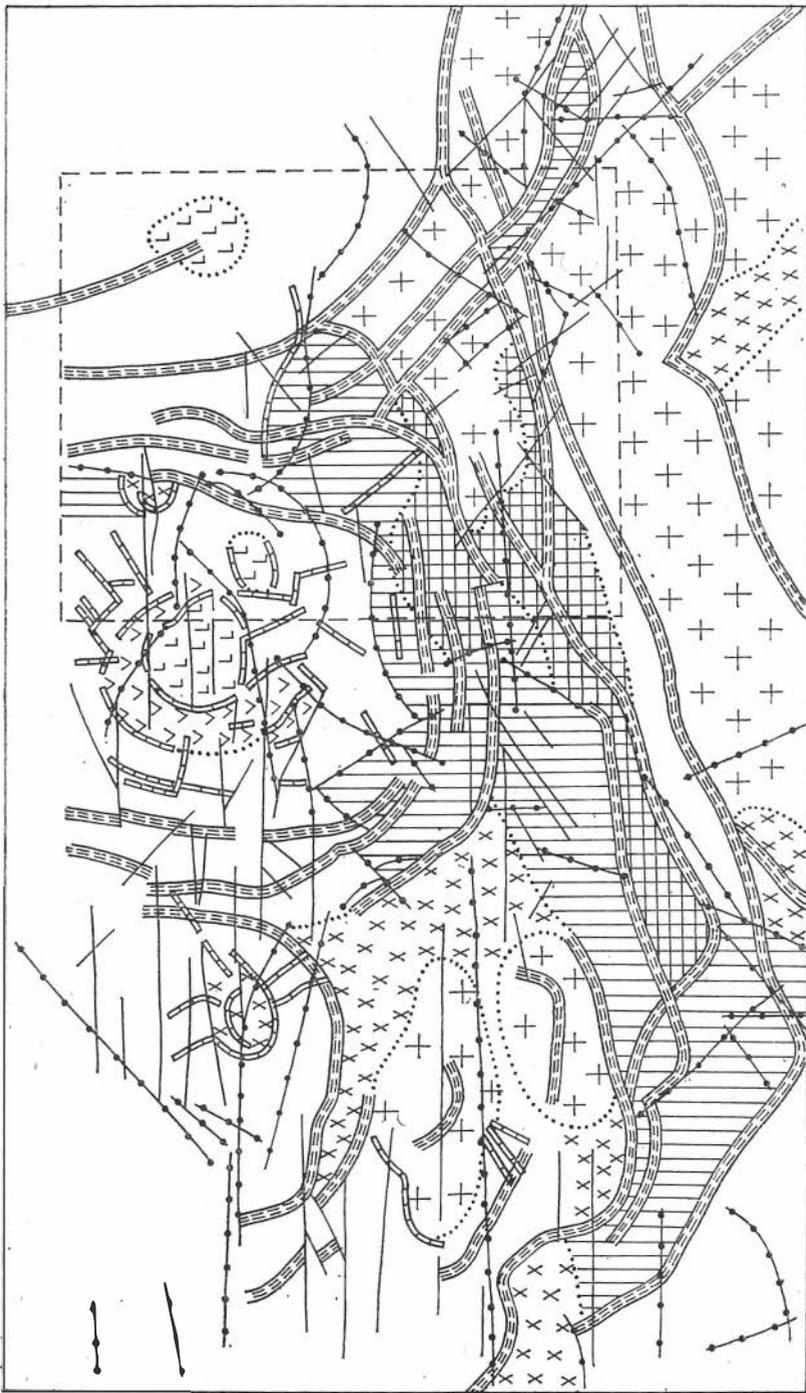
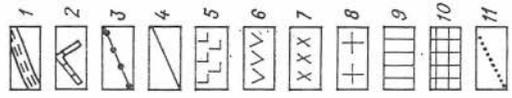
Рис. 2. Схема разломной тектоники. Составили В. М. Басманов и В. Е. Савин.

1 — региональные разломы, выраженные зонами измененных пород шириной более 1 км; 2 — крупные разломы, выраженные зонами измененных пород шириной несколько сотен метров; 3 — локальные разломы, выраженные зонами измененных пород шириной в первые десятки метров; 4 — линейные элементы, выделенные на снимках низкой разрешающей способности. Штриховая линия здесь и на рис. 3 — граница участка детализации (рис. 1).

Космические фотоснимки обладают главным преимуществом — большой обзорностью, которая позволяет видеть генерализованные структурные элементы и тем самым выявлять более древние и глубинные линейные формы. По детальности космическое фотоизображение мелкого масштаба не уступает космоснимкам среднего и значительно проигрывает высотным аэрофотоизображениям. Основным недостатком космофотоснимков является сивелированность рельефа и неравномерность технических свойств (контрастности, обусловленной влиянием прозрачности атмосферы, наличием облачности, разной освещенности, наличием снежного покрова и т. д.).

По протяженности и ширине зон измененных пород дешифрируемые на средне- и мелкомасштабных космоснимках разломы можно подразделить на локальные (десятки километров × десятки метров), крупные (десятки — первые сотни километров × сотни метров) и региональные (сотни километров × единицы километров). Схема их дешифрирования приведена на рис. 2.

чинского, III — Хани-Чульманского, IV — Станового. Разломы: 1 — Имангро-Чебаркасский; 2 — Олекмо-Нюкжинский; 3 — Атбастахский; 4 — Чобиникитский; 5 — Иманграканский; 6 — Тасюряхский; 7 — Дырынмакитский; 8 — Тунгурчаханский; 9 — Верхнечебаркасский; 10 — Намаракский. На врезке дана схема блоковой тектоники (жирная линия — границы между блоками I—IV второго порядка; пунктирная линия — границы между блоками 1—9 третьего порядка).



Локальные разломы преимущественно широтного и северо-восточного (аз. $70-80^\circ$) простирания представлены зонами милонитов и расланцевания пород. Геоморфологически они выражены уступами, перегибами склонов, седловинами и бороздами. В генетическом отношении преобладают взбросы и сдвиги. Некоторые из них подтверждаются гравитационными ступенями и границами разделов в магнитном поле, отдельные — сейсмоактивны. Это наиболее многочисленная группа дешифрируемых на космоснимках разломов, которые заполняют тектонические блоки, ограниченные крупными и региональными разрывными нарушениями. Большая часть их является оперяющимися по отношению к разломам более высокого ранга.

Крупные разломы располагаются под углом к простиранию неотектонических структур, часто секут и смещают региональные разломы. На снимках обычно выглядят осветленными полосками, секущими водоразделы. К ним иногда примыкают подвернутые структурные линии, указывающие направление сдвига.

Региональные разломы создают каркас блоковой структуры территории. По ним происходит торцевое сочленение морфоструктур, некоторые из них (например, Атбастах-Олекминский), начинаясь в рифтовой зоне, пересекают зону мезокайнозойской активизации и относительно стабильные блоки. Дешифровочные признаки таких разломов индивидуальны как для разных зон, так и для отдельных отрезков каждой зоны. Чаще ширина полос позволяет просматривать внутреннюю структуру, а по ее рисунку (линзовидно-пятнистый, штриховатый, микролинзовый, упорядоченный микропятнистый, гофрировка и т. п.) судить о динамометаморфических преобразованиях в зоне разлома.

Региональные разломы наиболее четко выявляются по сканерным снимкам ИСЗ «Метеор» мелкого масштаба и на мелкомасштабных космоснимках. В среднем масштабе прослеживаются лишь фрагменты подобных зон или они совсем теряются среди мелких деталей.

Отдешифрованные крупные и региональные разломы отражают мезокайнозойский этап развития территории и часто не совпадают с положением долгоживущих разломов древнего заложения, установленных по геолого-геофизическим материалам. Это наглядно видно на примере Хани-Нюкжинского участка трассы БАМ, где глубинные разломы позднеархейского заложения типа Темулякитского и Тунгурчинского выявляются на снимках как клиновидные блоки субмеридионального простирания, ограниченные дугообразными зонами blastsмилолитов, обращенными выпуклостью внутрь (рис. 1 и 3). Внутренняя сетка локальных разрывов, заключенных между указанными тектоническими границами, в основном повторяет треугольную мозаику мелких блоков, но угол между сходящимися и пересекающимися разломами северо-восточной и северо-западной ориентировки близок к прямому.

Рис. 3. Геолого-геофизическая схема южной части Чарской кольцевой структуры. Составил О. В. Грабкин (по материалам Западного геофизического треста и ПГО «Иркутскгеофизика»).

1 — зоны крупных и протяженных разрывов, заложившихся в связи с развитием Чарской кольцевой структуры первого порядка (по аэромагнитным данным); 2 — зоны локальных разрывов, связанные с развитием кольцевых структур второго и третьего порядков (по аэромагнитным данным); 3 — линейные и дуговые разрывы (по гравиметрическим данным); 4 — линейные, преимущественно молодые, разрывы, не связанные с развитием древней кольцевой структуры (по геологическим, аэромагнитным и данным дешифрирования фотоснимков); 5 — области высокой намагнитченности и аномально повышенного гравитационного поля, соответствующие ультрабазитам и базитам фундамента; 6 — области пониженной намагнитченности и умеренно пониженного гравитационного поля, соответствующие полям умеренной гранитизации пород архейского основания; 7 — области относительно низкой намагнитченности и повышенного гравитационного поля, преимущественно соответствующие массивам габбро и сленитов; 8 — области низкой намагнитченности и аномально пониженного гравитационного поля, соответствующие преимущественно древним гранитным массивам и крупным гранито-гнейсовым куполам; 9 — участки развития гранулито-базитов (по геологическим и геофизическим данным); 10 — участки развития аортозитов (по геологическим и геофизическим данным); 11 — границы тел и полей.

В региональном плане оба эти разлома вместе с разделяющим их гранитизированным блоком относятся к межовальной (межкупольной?) Темулякит-Тунгурчинской складчатой зоне, сформировавшейся главным образом в докембрийское время [Кудрявцев и др., 1975]. Она заключена между Чарским и расположенным восточнее Нелюкским складчатыми овалами Л. И. Салопа [1972].

Становой структурный шов, разделяющий области распространения ранне- и позднеархейских прогеосинклинальных образований, наиболее отчетливо маркируется зонами хлоритовых сланцев-диафторитов шириной от 3 до 15 км (см. рис. 1), заложившимися, по-видимому, на рубеже архея — протерозоя. К зоне структурного шва приурочены согласные тела анортозитов, сложный, вероятно двухфазный, массив сиенитов, представляющий собой калишпатизированную зону макробрекчирования, мелкие бескорневые тела гипербазитов. Протяженность разлома несколько сотен километров, простирание субширотное, волнистое, падение крутое, преимущественно южное, но по данным геофизических методов на глубине нескольких километров преобладает крутое северное падение.

Внутренняя структура локальной разрывной сетки зоны Станового структурного шва напоминает начальные стадии развития будинажа: массивы анортозитов и особенно сиенитов «обтекаются» пластичными диафторитами, с которыми сопряжены многочисленные взбросы и сдвиги, а поперечные, отрывного характера локальные разломы (Тасюряхский, Дырынмакитский, Олекмо-Нюкжинский, Верхнечебаркассский — см. рис. 1) просекают магматогенные образования перпендикулярно контактам жесткого, некомпетентного «слоя». Влияние Станового структурного шва (точнее — тангенциальных напряжений сжатия, воздействовавших в субмеридиональном, северо-восточном направлении) распространялось в фанерозое на десятки километров за его пределы. С ним сопряжены субширотный региональный Хани-Чульманский сброс-надвиг — внутрикоровый чешуйчатый амагматичный разлом, активно развивающийся в послемезозойское время. Последний срезает Темулякит-Тунгурчинскую складчатую зону и выводит на поверхность Курультинский клинообразный блок древнейших, слабо гранитизированных гранулитов (см. рис. 1, IV на схеме-врезке).

Формально в пределах ограниченного участка площадью до 10 тыс. км² глубинные разломы (Тунгурчинский, Темулякитский, Становой, Хани-Чульманский) образуют ортогональную сеть, ориентированную вдоль меридианов и параллелей. Однако анализ геологической структуры региона западной части Алданского щита показывает, что местоположение их на дневной поверхности обусловлено эндогенными причинами, а крупнейшие системы региональных, крупных и локальных разломов можно коррелировать по возрасту заложения и активной жизни, поскольку все они в региональном плане генетически связаны с развитием крупнейших структурных элементов — овалов, межовальных зон и структурного шва, секущего их в широтном направлении.

Древнейшими структурами, определяющими простирание архейских метаморфических толщ, размещение магматических комплексов, локализацию древних разрывов и прогибов в пределах докола южной части Сибирской платформы, являются овалы в плане группировки структурных форм. Они были заложены в раннем архее и активно развивались по крайней мере до позднего протерозоя. В междуречье Чары и Олекмы выделен и описан в литературе упоминавшийся Чарский гнейсово-складчатый овал, или Чарская кольцевая структура. Диаметр ее оценивается в 350—400 км, длинная ось ориентирована в субмеридиональном направлении.

В основании разреза на Чаро-Олекминском междуречье залегает курультинская серия и ее аналоги, соответствующие низам чарской серии.

Характерными чертами этой толщи являются широкое развитие кристаллосланцев основного состава, метаморфизм гранулитовой фации, сложная полициклическая складчатая структура. Этот древнейший гранулитобазитовый комплекс сохранился в блоках, приуроченных к ядрам крупных антиклиналей и ограниченных зонами бластомилонитов и высокотемпературных диафоритов. Наиболее крупные блоки — Лево-Олекминский, Курультинский и Чарский. Их внешние контуры, ориентировка длинных осей, простираение внутренних структурных элементов позволяют намечать границы древнейшего кольцевого поднятия, позже частично разрушенного. Южная часть этого поднятия показана на геолого-геофизической схеме Чарского овала (см. рис. 3).

В целом гранулитобазитовое поднятие оконтуривает громадную депрессию, основание которой, судя по данным гравиметрии в бассейне р. Хани, лежит под олекмо-становой серией на глубине 4—8 км, отделяя внутреннюю зону депрессии от внешней. Изучение показало, что внутренняя и внешняя зоны кольцевой депрессии существенно отличаются друг от друга по тектоническому режиму и особенно по характеру магматизма, сохраняя эти отличия не только на ранних стадиях эволюции, но и позже, в эпохи становления платформы и развития эпиплатформенной тектономагматической активизации.

В раннем архее становление Чарской кольцевой депрессии было, по-видимому, тесно связано с проявлением основного магматизма. Кристаллические сланцы курультинской серии — метаморфические аналоги основных вулканитов — образованы в условиях высоких температур и давлений, соответствующих современным параметрам нижней части земной коры ($T = 800\text{—}850^\circ$, $P = 8\text{—}10$ кбар). Поскольку предположение о такой огромной величине эрозионного среза по ряду геологических соображений маловероятно, вопрос о происхождении Чарской кольцевой депрессии и о наиболее ранних стадиях ее эволюции остается неясным и заслуживает специального рассмотрения.

В позднем архее шел процесс заполнения внутренней и внешней зон: формировались древнейшие терригенные формации, происходили излияния основных эффузивов, внедрялись интрузии габброидов и пироксенитов. Этот процесс завершился гранитизацией (древнестановой комплекс мигматитов и гранито-гнейсов), поднятием и становлением на Чаро-Олекминском междуречье нелинейной в плане группировки складок, связанных в своем происхождении с процессами сплошного пластического течения вещества пород и гранито-гнейсового диапиризма. Тектоническая сущность этого этапа состоит в формировании Чарского гнейсово-складчатого овала [Салоп, 1972], а позднее — одноименного ядра стабилизации.

На рубеже 2800—2700 млн. лет особенно явно оформились различия между внутренней (протосиалической) и внешней (протофемической) зонами Чарского овала. В предборсалинское, борсалинское время, а также на протяжении всего раннего протерозоя эти зоны эволюционируют по-разному. В фанерозойский этап сохранились существенные различия в проницаемости и активности развития указанных зон.

Таким образом выясняется, что с помощью мелкомасштабных, в первую очередь — сканерных, фототелевизионных снимков рациональнее изучать структурные элементы I порядка, соизмеримые с Чарским овалом, Становым структурным швом, Байкальским рифтом. При этом частично «просвечивает» глубинное строение древних структур и хорошо прослеживается каркас региональных докембрийских глубинных разломов независимо от степени их активизации в фанерозое.

Все остальные структурные элементы имеют подчиненное значение, и их изучение в зависимости от требуемой детальности необходимо проводить комплексно, сочетая дистанционные методы с наземными и имея в

виду, что разломы и системы разломов более высоких рангов лучше выявляются на мелкомасштабных снимках, а наиболее четко прослеживаются на снимках любого масштаба наиболее молодые — мезокайнозойские разломы и локальные разрывы. Изучение домезозойской разрывной тектоники требует особого подхода, в том числе углубленного историко-геологического анализа, и дешифрирование при этом имеет вспомогательное значение.

ЛИТЕРАТУРА

- Глуховский М. З. О кольцевых структурах и линейных разломах Алданского щита и Становой области. — Геотектоника, 1976, № 3, с. 3—10.
- Кудрявцев В. А., Ахметова Р. Н., Бирюлькин Г. В. Структурно-вещественные комплексы докембрия Темулякит-Тунгурчпнской складчатой зоны Алданского щита. — В кн.: Геология докембрия и тектоника Дальнего Востока. Владивосток, 1975, с. 49—60.
- Салоп Л. И. Древние структуры юга Сибири. — В кн.: Развитие взглядов Я. С. Эдельштейна в геологии и географии. Л., 1972, с. 94—107.

Г. А. ТРЕТЬЯКОВ, Ю. Я. МИХАЙЛОВ, И. А. КАЛУГИН

ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ФОТОИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРНОГО КОНТРОЛЯ ЖЕЛЕЗООРУДЕНЕНИЯ ЧАРО-ТОККИНСКОМ РАЙОНЕ ЯКУТИИ

Дешифрирование космических снимков (КС) в применении к дизъюнктивной тектонике открывает новые возможности в изучении структуры рудных районов. Как установлено специальными исследованиями, при геологическом картировании и аэрофотосъемке максимальной генерализации выделяется в 1,5—2 раза меньше разломов, чем по крупномасштабным КС [Брюханов и др., 1977].

Существующие тектонические карты и схемы для западной части Алданского щита были составлены по результатам геологических съемок [Миرونюк и др., 1974; Петров, 1976]. В частности, в работе А. Ф. Петрова приведены основные структурные элементы Чарского блока, которые подтверждаются космофотодешифрированием.

В последние годы вопрос о тектонике западной части Алданского щита, а особенно Чаро-Токкинского междуречья, приобрел актуальность в связи с интенсивной разведкой расположенных здесь месторождений железистых кварцитов, приуроченных к кристаллическим сланцам и гнейсам борсалинской серии верхнего архея.

Как известно, дизъюнктивные нарушения на фотопланах подчеркиваются пониженными формами рельефа, гидрографической сетью, временными водотоками, типами растительности и другими признаками [Фомин, 1979], которые были положены нами в основу дешифрирования КС.

По результатам обработки КС в исследуемом районе выделяется ряд областей с различной плотностью дизъюнктивных нарушений. Наибольшее количество разломов приурочено к метаморфическим образованиям архейского возраста. Менее дислоцированы горизонтально или полого залегающие неметаморфизованные протерозойские породы грабенов и Березовского прогиба. Контуры распространения указанных пород (рис. 1) уточнены по сравнению с выделенными ранее [Петров, 1976].

Северо-Западный блок, в котором находится Чаро-Токкинский железорудный район, имеет среднегорный рельеф и относится к Олекмо-Чарскому плоскогорью. Здесь широкие речные долины, разветвленные исто-



Рис. 1. Морфоструктурная схема западной части Алданского шпта. Составил Г. А. Третьяков по данным дешифрирования КС.

1—4 — структуры кристаллического фундамента: 1 — Северо-Западный, 2 — Ничатский, 3 — Чарский, 4 — Ханинский блоки. 5—8 — наложенные структуры: 5 — ниже-среднепротерозойские прогибы — Угуйский (1), Удоканский (2); 6 — верхнепротерозойский Мало-Торский грабен; 7 — Березовский прогиб Сибирской платформы; 8 — четвертичные впадины — Верхне-Токкинская (3) и Чарская (4); 9 — прочие тектонические блоки. 10 — граница Березовского прогиба. 11 — граница четвертичных впадин. 12 — разрывные нарушения. 13 — железорудные месторождения (Чаро-Токкинский район: 1 — Тарынахское, 2 — Имальское, 3 — Горкитское; Чарский район: 4 — Нижне-Сауканское, 5 — Сулуматское; Ханский район: 6 — Чуландинское).

ки рек и уплощенные горные вершины. Блок иссечен субмеридиональными системами разломов, согласными с простиранием осей складок. Чарский и Ханинский блоки, включающие одноименные рудные районы, характеризуются высокогорным рельефом Станового нагорья с ледниковыми карами и трогеобразными речными долинами. Простирание осей складок здесь совпадает с таковым в Северо-Западном блоке, но системы субпараллельных сближенных разломов отсутствуют. Дизъюнктивы имеют различную ориентировку и простое строение с одним сместителем. В отличие от тектонической карты Алданского шпта [Петров, 1976] на приведенной схеме не отмечена северная ветвь так называемого Чарского разлома, который будто бы контролирует пространственное положение рудоносной борсалинской серии [Миронюк, Петров, 1976]. В действительности здесь вдоль рудных горизонтов прослеживается полоса ультраметаморфических пород, которая в региональном магнитном поле характеризуется слабыми отрицательными аномалиями. В современной структуре Чарский разлом отчетливо выражен лишь на юге территории, хотя

другие тектонические зоны (Токкинская, Чароудинская) подтверждаются даже в деталях. Здесь разлом начинается в 15 км севернее Чарской группы железорудных месторождений, далее прослеживается к северо-востоку на 37 км и оканчивается в 20 км южнее Мало-Торского грабена. В Северо-Западном блоке, на площади Ималыкской группы месторождений каких-либо крупных зон разломов не дешифрируется. Здесь имеются небольшие разрывные нарушения различной ориентировки при некотором преобладании субмеридиональных трещин.

Вызывают возражения также параметры Чарского разлома. Действительно, по петрофизическим условиям образования трещин в земной коре при протяженности разлома 210 км его ширина должна быть 15—20 км, а не 2,5 км, как рисуется на тектонической карте. С учетом сделанной поправки и современных различий в рельефе и в мегатрещиноватости мы предлагаем несколько более дробное, чем предыдущее, расчленение территории запада Алданского щита на блоки. Таким образом, Чаро-Токкинский и Чарский районы с толщами железистых кварцитов оказываются приуроченными к разным тектоническим блокам, а не к одной складчатой зоне.

Архейские породы запада Алданского щита метаморфизованы в условиях амфиболитовой и гранулитовой фаций. Формирование этих толщ происходило, по мнению А. Ф. Петрова [1976], в геосинклинальный и протоорогенный этапы развития земной коры. Породы смяты в линейные складки субмеридионального простирания. Дизъюнктивные нарушения, отмечаемые в этих образованиях, имеют преимущественно согласную со складчатостью ориентировку, а плотность их достигает 0,60 км/км². Для зон крупных разломов, протяженность которых достигает 50—120 км, устанавливается кулисное эшелонированное строение. По этим признакам они могут быть отнесены к геосинклинальным разломам [Гзовский, 1975].

Расстояния между выделенными зонами довольно постоянны и составляют 20—27 км (рис. 2). По тектонофизическим оценкам такой факт может указывать на наличие сингенетичных или разновозрастных трещин в земной коре, связанных с глубинными процессами. Максимальная протяженность этих разломов, по данным С. И. Шермана [1977], не должна превышать 150 км, что согласуется с полученными результатами.

Токкинская зона разлома, развитая в комплексах олекминской серии, имеет своеобразные структуры (будинаж), которые возникли, по всей видимости, одновременно с метаморфизмом в условиях квазипластического течения [Шерман, 1977]. И если формирование олекминской серии относится к среднему архею [Петров, 1976], то заложение разломов Токкинской зоны произошло в послесреднеархейское время, подвижки продолжались здесь и в раннем протерозое, так как в южной части зоны трещины прослеживаются в протерозойских отложениях Угуйского грабена, хотя в центральной части они перекрываются ими.

В палеозойско-протерозойских отложениях, развитых в структурах типа грабенов и относящихся к орогенному этапу развития [Петров, 1976], отмечается значительно меньшее количество разломов, а их плотность не превышает 0,10 км/км². Здесь прослеживаются лишь отдельные нарушения субширотной ориентировки, имеющие одну поверхность сместителя. Протяженность данных линеаментов, устанавливаемая по КС, достигает 100—120 км. Как и в центральной части Алданского щита [Кулиш, 1975], они образуют выгнутые к югу дугообразные структуры. К ним, как правило, приурочиваются мезозойские щелочные интрузии. Возраст субширотных нарушений послепротерозойский с активизацией в мезозойское время.

Определение амплитуд горизонтальных движений по разломам на КС в метаморфических толщах выполнено по смещению более ранних трещин.

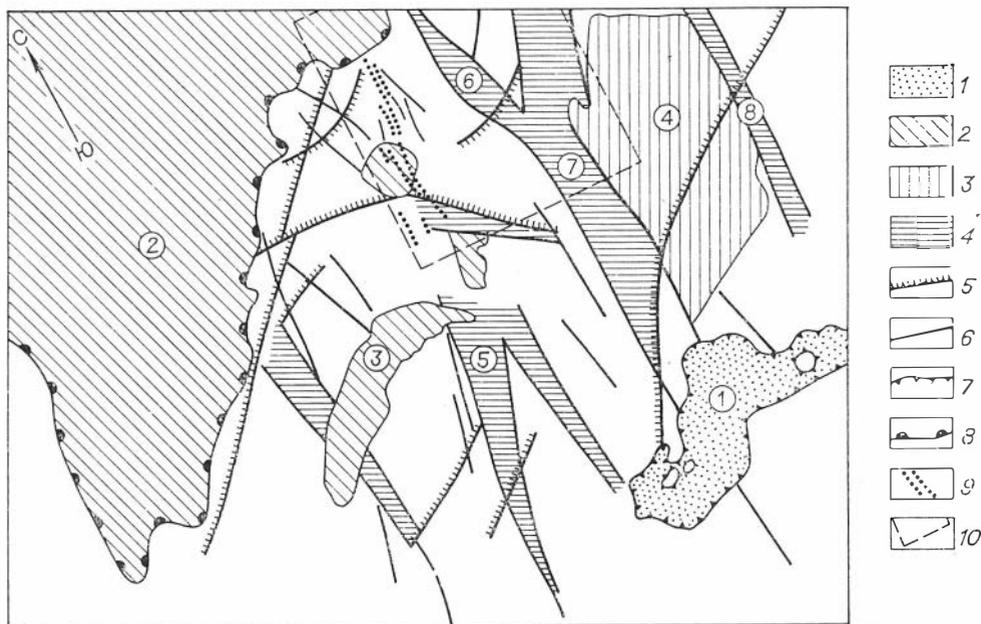


Рис. 2. Схема основных дизъюнктивных структур запада Алданского щита.

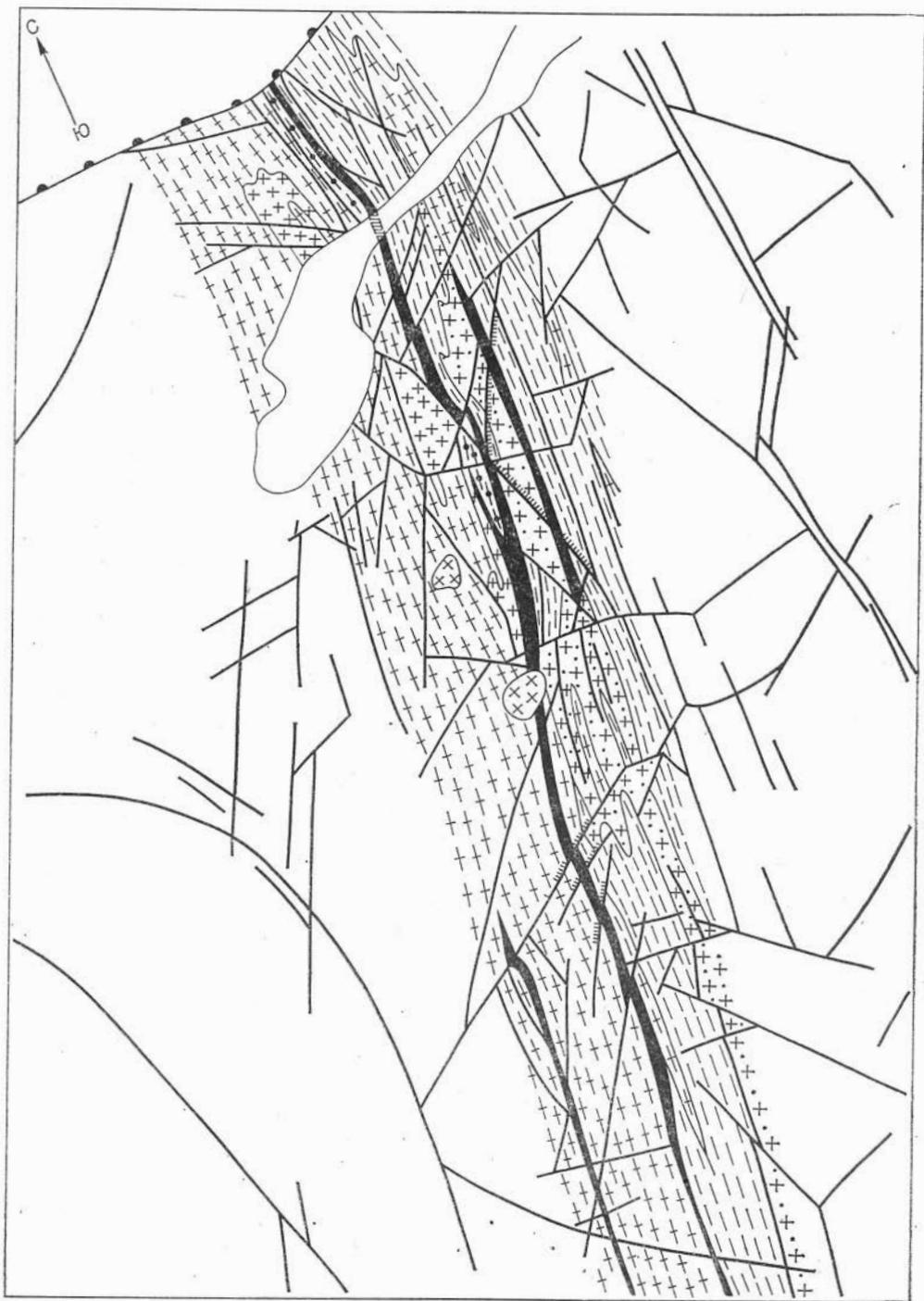
1 — четвертичные отложения; 2 — протерозойско-палеозойские толщи; 3 — отложения Угуйского грабена PR_{1-9} ; 4 — зоны максимального дробления архейских метаморфических комплексов (поле без знака); 5, 6 — разломы (5 — платформенные, 6 — геосинклинальные); 7, 8 — границы четвертичной впадины (7) и Алданского щита (8); 9 — тела железистых кварцитов; 10 — район аэромагнитной съемки. Цифрами на схеме обозначены: 1 — Токкинская впадина; 2 — Березовский прогиб; 3 — Малоторский грабен; 4 — Угуйский грабен; зоны разломов: 5 — Чарская, 6 — Курдикатканская, 7 — Токкинская, 8 — Чароудинская.

Их величины составляют у геосинклинальных разломов первые сотни метров, у платформенных — до 2 км (см. рис. 2).

По данным колонкового бурения на месторождениях железистых кварцитов обнаружены дизъюнктивы, сопровождающиеся дроблением пород и руд с появлением катаклазитов и милонитов. Под воздействием гидротермальных растворов, проникающих по ослабленным зонам, образуются низкотемпературные минеральные парагенезисы. По первичным кварц-куммингтонит-магнетитовым и биотит-рогообманково-кварц-магнетитовым рудам [Калугин и др., 1979] формируются разности с хлоритом, тальком, биотитом, актинолитом, эпидотом. Здесь же широко развита сеть карбонатных прожилок, вблизи которых магнетит, как правило, мартизитизован.

На тектонической карте района [Петров, 1976] зоны диафтореза были обозначены в 3 км к востоку от месторождения в виде меридиональной полосы шириной 2,5 км. Нами выполнена увязка выявленных в разрезах месторождения зон брекчирования и диафтореза с разломами, прослеженными на космических снимках (рис. 3). В числе разломов, секущих под острым углом рудные залежи Тарынахского месторождения, выделяются две группы: меридиональная с простираем $0-10^\circ$ и северо-восточная — $30-55^\circ$. Все они имеют крутое падение, ширину от первых метров до 40 м и протяженность от 0,6 до 7 км. Восемь меридиональных трещин расположены вдоль первой залежи (восточный горизонт), а шесть северо-восточных — преимущественно в южной части второй залежи (Кебектинский участок). Кроме них в центре месторождения (профили 323—359) дешифрирован разлом длиной 5 км с простираем 345° .

Мы сравнили дизъюнктивную тектонику и карту поля ΔTa , составленную по материалам аэромагнитной съемки Чаро-Токкинского района.



- | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| |  |  |  |  | | | |

Магнитное поле на площадях, прилегающих к месторождениям, сложно построено. Будучи в целом положительным, что, в частности, говорит о преимущественном распространении меланократовых разностей пород, оно для аномальных областей имеет ярко выраженный линейный характер и субмеридиональную ориентировку аномалий, осложненных в отдельных случаях субширотными резкоградиентными зонами.

Магнитное поле разделено на участки, зоны и области (степень дробности уменьшается в ряду слева направо). Так, самыми крупными подразделениями являются Западная, Центральная и Восточная области (рис. 4).

Для Западной области отмечаются субмеридиональные простирания аномальных зон, высокоинтенсивная (более 15 мЭ) высокоградиентная полоса и северо-западное направление длинных осей участков пониженных значений поля (менее 3 мЭ).

Центральная область имеет наиболее сложное строение и характеризуется субмеридиональными минимумами, которыми она отделяется от Западной и Восточной областей, ступенеобразным изменением средних значений отсчетного уровня в отдельных зонах, а также варьующим полем на ее окраине.

В Восточной области прослеживается меридиональный максимум, а на севере и юге имеются слабоградиентные зоны, появляются аномалии северо-восточного простирания.

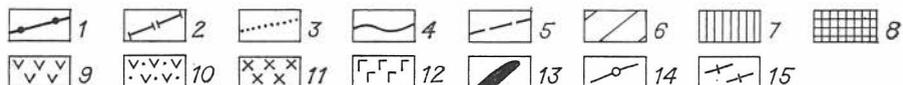
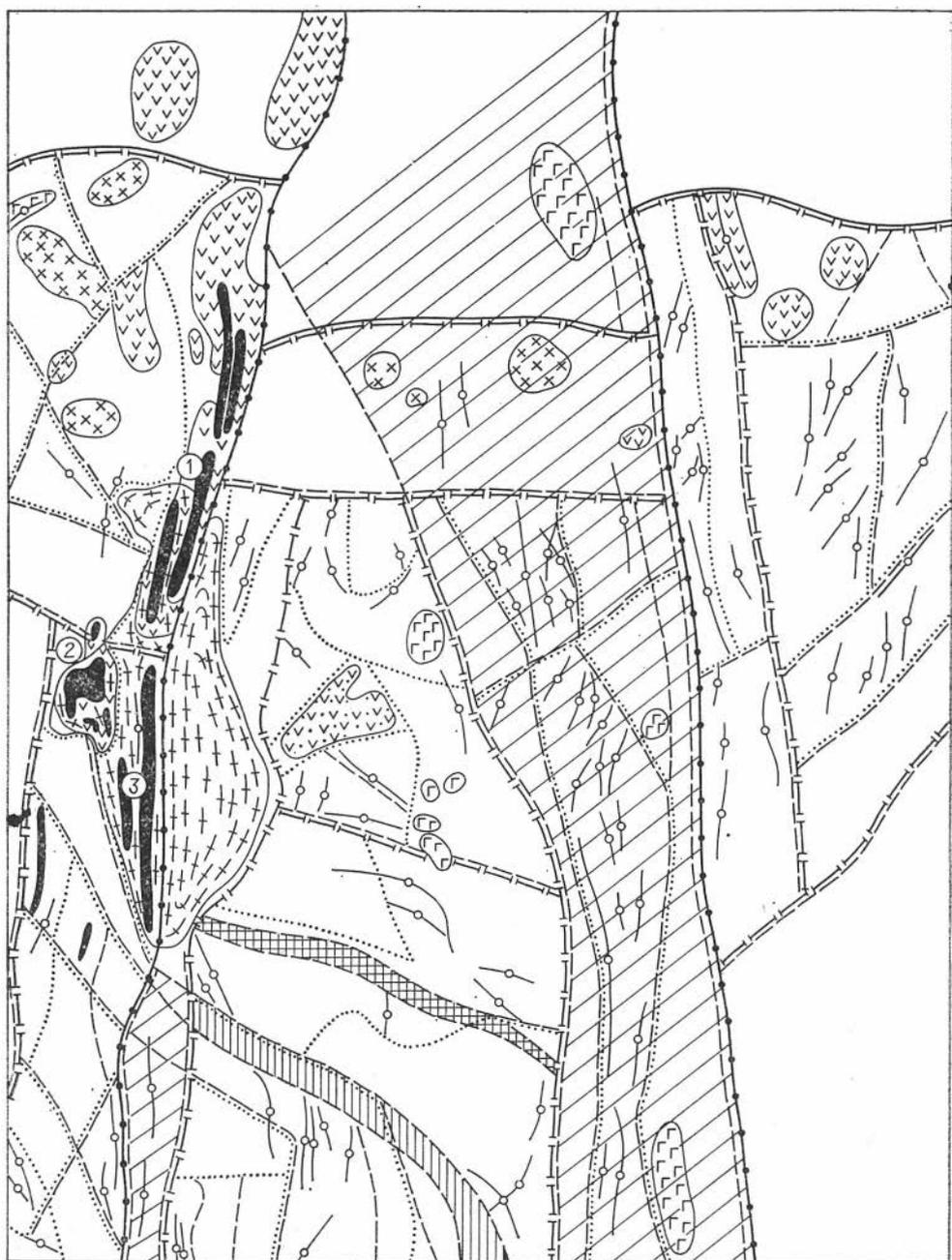
Источниками возмущения магнитного поля являются следующие геологические объекты: 1) железистые кварциты и сланцы борсалинской серии, создающие наиболее интенсивные аномалии (более 15 мЭ); 2) существенно первично-вулканогенная толща борсалинской серии с площадными аномалиями (5—15 мЭ); 3) преимущественно первично-вулканогенно-терригенные породы хойкинской свиты олекминской серии, характеризующиеся значениями поля в 5—10 мЭ, с отдельными крупными массивами горных пород неустановленного состава, фиксируемые уменьшением значений ΔT_a до 1—3 мЭ; 4) мезозойские интрузии щелочного состава, создающие площадные и локальные аномалии с хаотически разбросанными максимумами различной интенсивности (3—15 мЭ); 5) интрузивные тела пород основного и ультраосновного состава, в различной степени метаморфизованные.

В свою очередь уменьшение значений напряженности поля увязывается нами со следующими причинами: 1) с появлением в разрезе на севере и юго-востоке рассматриваемой территории мощных толщ пород верхнего протерозоя и кембрия; 2) с процессами гранитизации, локально проявляющимися на участках размерами не более 20×15 км и захватывающими породы хойкинской свиты в пределах Центральной и Восточной аномальных областей и отчасти породы борсалинской серии в Западной области; 3) с преимущественным распространением в отдельных зонах Центральной области первично-терригенных толщ крестяхской и мордженской свит олекминской серии; 4) с проявлением систем дизъюнктивных нарушений, которые сопровождаются потерей магнитных свойств горных пород архея за счет катаклаза, милонитизации и приразломного диафтореза (например, Токкинская и Курдикатканская зоны).

Рис. 3. Схема геологического строения Тарыхаского месторождения железистых кварцитов (составлена с привлечением материалов А. М. Сафонова, В. Б. Шаммазова, С. А. Горбачевского).

1 — четвертичные отложения. 2—5 — метаморфическая толща борсалинской серии AR₃: 2 — гранито-гнейсы и мигматиты; 3 — кристаллические сланцы и гнейсы; 4 — гранатовые кристаллосланцы; 5 — амфиболовые сланцы и амфиболиты. 6, 7 — железорудные горизонты, выходящие на поверхность (6) и перекрытые четвертичными отложениями (7). 8, 9 — магматические образования: 8 — гнейсо-граниты и лейкократовые граниты; 9 — сенинты (MZ). 10 — дизъюнктивные нарушения и зоны приразломного диафтореза. 11 — согласные геологические границы. 12 — граница Алданского щита.

Области распространения толщ архейского возраста различного первичного состава находят свое отражение в магнитном поле в виде чередования широких и протяженных полос различной ориентировки. Так, площадь распространения первично-вулканогенных пород борсалинской серии, содержащих пласты железистых кварцитов, может быть сопоставлена с Западной областью магнитного поля. Достаточно четкое соответ-



вие наблюдается и между породами хойкинской свиты и магнитным полем в участках ее развития в Центральной и Восточной областях. По мнению А. Ф. Петрова [1976], эти породы преимущественно первично-вулканогенно-терригенные, подвергшиеся в большей степени, по сравнению с другими свитами, воздействию интрузий и процессов мигматизации. В поле ΔTa эта группа пород отображается чередованием значительных по размерам аномалий напряженностью в 5—10 мЭ субмеридионального простирания, осложненных, особенно в Центральной области, крупными неправильной формы площадными аномалиями со средними значениями в 2—3 мЭ. Наконец, площади распространения первично-терригенных толщ олондинской, крестяхской и мордженской свит олекминской серии отождествляются нами с зонами поля ΔTa Центральной области, которые характеризуются развитием минимумов, сопровождающихся слабоинтенсивными, варьирующими аномалиями линейного типа. При сопоставлении результатов регионального расчленения поля с материалами дешифрирования КС и результатами геологического картирования установлено, что границы между указанными подразделениями поля (или блоками пород) имеют как литологический, так и тектонический характер. Наиболее ярким примером последней является граница между Центральной и Восточной областями, где по КС устанавливается протяженный разлом (крайнее восточное нарушение Токкинской зоны) (см. рис. 2, 4), совпадающий с линейными минимумами поля ΔTa . Большинство линейных элементов идентифицируются именно с пониженными значениями магнитного поля, за исключением одного, который выражается линейными положительными максимумами (знак δ на рис. 4). По-видимому, в пределах этого разлома произошло внедрение интрузий основного и ультраосновного состава.

Граница между Центральной и Западной областями более сложная. В южной части ее минимумы поля сопряжены с зоной разломов субмеридионального простирания, которая затухает на южном фланге Нижнегоркитского месторождения, и далее к северу граница имеет литологический характер. Нами она связывается с зоной гранитизации, выражающейся в магнитном поле отрицательными значениями. Поля однотипных отрицательных аномалий наблюдаются на территории Горкитского, Ималькского, Нижнегоркитского и южной части Тарынахского месторождений. По-видимому, они соответствуют единому гранито-гнейсовому куполу, сложенному гранитными мигматитами, обнаруженными при бурении этих участков.

По материалам бурения в пределах Чаро-Токкинской группы месторождений степень метаморфизма руд и вмещающих пород не одинакова. Наиболее метаморфизованы в условиях высокотемпературной зоны амфиболитовой фации руды Ималькского и западной залежи Горкитского месторождений. Восточная залежь Горкитского и часть рудных тел Тарынахского месторождений подверглись метасоматической амфиболизации. Перечисленные участки на юге Чаро-Токкинской группы либо на-

Рис. 4. Схема морфоструктурного районирования карты аномального магнитного поля ΔTa .

1—4 границы, выделяемые по аэромагнитной съемке: 1 — между областями магнитного поля (блоки первого порядка); 2 — между зонами (блоки второго порядка); 3 — между участками (блоки более высших порядков); 4 — обусловленные литологическими разностями пород. 5 — тектонические нарушения, выделяемые по результатам дешифрирования космических снимков. 6 — зоны интенсивного дробления пород. 7 — зона тектонических нарушений, фиксируемых линейными локальными минимумами ΔTa . 8 — зона тектонических нарушений, в которой развиты интрузии основного состава (фиксируется линейным развитием локальных интенсивных положительных аномалий ΔTa). 9 — зона преимущественного развития пород основного состава борсалинской серии (Ar_3), $\Delta Ta = 5-15$ мЭ, 10 — породы основного состава олекминской серии (AR_2), площадные аномалии $\Delta Ta = 5-7$ мЭ. 11 — интрузии щелочного состава мезозойского возраста, сложнопостроенные локальные аномалии $\Delta Ta = 5-10$ мЭ. 12 — интрузии основного и ультраосновного состава протерозойского возраста $\Delta Ta = 5-7$ мЭ. 13 — зоны максимальной концентрации пластов железистых кварцитов, ΔTa более 15 мЭ. 14 — оси линейных магнитных аномалий, обусловленных развитием пластов пород основного состава. 15 — гранито-гнейсовый купол. Цифрами на схеме обозначены железорудные месторождения: 1 — Тарынахское, 2 — Ималькское, 3 — Горкитское.

ходятся в контурах гранито-гнейсов, либо соприкасаются с ними. В северной части района за пределами широкого распространения мигматитов в поле эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма расположены руды Тарынахского месторождения.

ВЫВОДЫ

1. По данным интерпретации КС, на западе Алданского щита выделяется ряд тектонических блоков, к которым приурочены основные железорудные районы. В современной структуре Чаро-Токкинского района не выражены предполагавшиеся ранее протяженные приразломные прогибы, контролирующие пространственное положение железорудных архейских формаций.

2. На исследуемой территории выявлена неодинаковая плотность разрывных нарушений. Наиболее дислоцированы архейские метаморфические комплексы, в которых прослеживаются четыре разновозрастные зоны повышенной трещиноватости субмеридионального простираения. По классификации М. В. Гзовского [1975] они отвечают геосинклинальным разломам. Более поздние платформенные разломы имеют субширотную и близкую к ней ориентировку. С ними связаны горизонтальные смещения до первых километров, а также проявления мезозойского щелочного магматизма.

3. Совместный анализ данных дешифрирования КС и аэромагнитной съемки подтверждает и существенно дополняет представления о блоковой структуре Чаро-Токкинского района. В блоках обнажаются метаморфические комплексы эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций. По характеру магнитного поля выделен гранито-гнейсовый купол в пределах Горкитского, Нижне-Горкитского, Имальского и южной части Тарынахского месторождений. Установлены зоны разломов, секущие железистые кварциты и сопровождающиеся низкотемпературным диафорезом руд.

ЛИТЕРАТУРА

- Брюханов В. Н., Еремья В. К., Можаяв Б. Н. Космические съемки в геологии. — Сов. геология, 1977, № 11, с. 86—94.
- Гзовский М. В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
- Калугин И. А., Лапухов А. С., Третьяков Г. А., Джуринский А. Ф. Элементы внутреннего строения рудных зон и контактовое взаимодействие железистых кварцитов с гранитоидами на Тарынахском месторождении (Южная Якутия). — В кн.: Геология, особенности формирования и типы железисто-кремнистых формаций. Новосибирск: Наука, 1979, с. 37—59.
- Кулиш Е. А. Зоны разломов Алданского щита. — В кн.: Геология докембрия и тектоника Дальнего Востока. Владивосток, 1975, с. 70—73.
- Миронюк Е. П., Любимов Б. К., Магнушевский Э. Л. Геология западной части Алданского щита. М.: Недра, 1971. 238 с.
- Миронюк Е. П., Петров А. Ф. Роль разломов в локализации перспективных залежей железистых кварцитов запада Алданского щита. — В кн.: Разломная тектоника территории Якутской АССР. Якутск: изд. Якутского филиала СО АН СССР, 1976, с. 125—135.
- Петров А. Ф. Докембрийские орогенные комплексы запада Алданского щита. Новосибирск: Наука, 1976. 120 с.
- Фомин В. И. Фотогеологическое изучение вулканических поясов. М.: Недра, 1979. 214 с.
- Шерман С. И. Физические закономерности развития разломов земной коры. Новосибирск: Наука, 1977. 102 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ДЕШИФРИРОВАНИИ КОСМОСНИМКОВ

Интерпретация космического материала неразрывно связана с использованием геолого-геофизической информации. Результаты исследований, проводимых как у нас, так и за рубежом [Башилова и др., 1973; Бехтольд и др., 1979; Макаров, 1978; Флоренский, Петренко, 1978; и др.], однозначно говорят об отображении на космоснимках геологических объектов, в том числе и глубинных. Эти природные образования проявляются и в геофизических полях. Таким образом, мы можем говорить о генетической общности последних с фотоаномалиями снимка, определяющей актуальность задачи поиска и изучения их связей.

При проведении работ по полевому и камеральному дешифрированию космоснимков были выполнены высокоточные магнитные измерения в районах дислокаций выявленных по снимкам геологических структур. Повышение точности указанных измерений способствует значительному увеличению информативности магнитометрического метода в решении задач научного и прикладного характера. Возникает возможность использования более тонких функциональных и вероятностных связей, которые при более грубой аппаратуре и методике не обнаруживаются в результатах измерений. К таким явлениям могут относиться, например, зональность магнитных свойств, возникающая под действием регионального метаморфизма, текстурные особенности пространственного распределения этих свойств как результат воздействия напряженного состояния земной коры, сформировавшего разломную тектонику исследуемых районов. Поэтому измерение модуля геомагнитного вектора T выполнялось с помощью двух протонных магнитометров Т-МП, инструментальная погрешность которых при оптимальных условиях равна 0,1 [Максимовских, Шапиро, 1976].

Для исключения вариации геомагнитного поля измерения выполнялись синхронно двумя приборами, один из которых находился в одном пункте, а другой в это время передвигался по точкам заданных профилей.

В результате исследований в Байкальской рифтовой зоне отдешифрирована густая сеть разломов в дельте Селенги, существенно дополняющая известные нарушения, определенные ранее по геолого-геофизическим данным. Часть из них проявляется и в аномалиях почвенно-расти-

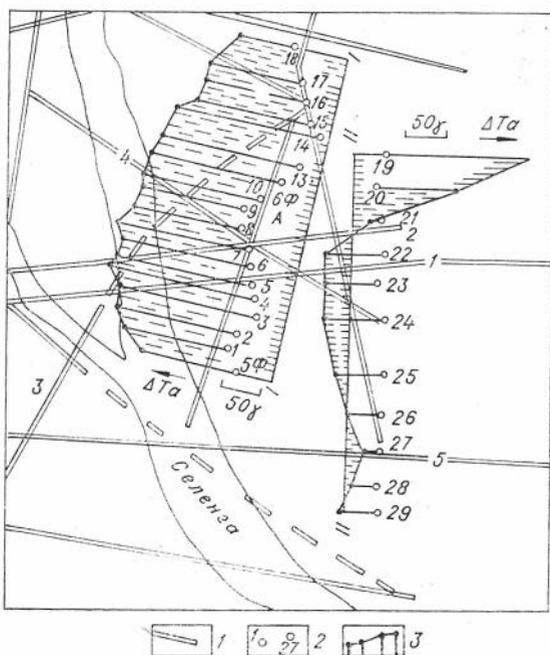


Рис. 1. Разломная тектоника по космоснимкам и графики аномального магнитного поля.

1 — разломы; 2 — пункты магнитной съемки; 3 — профили магнитного поля.

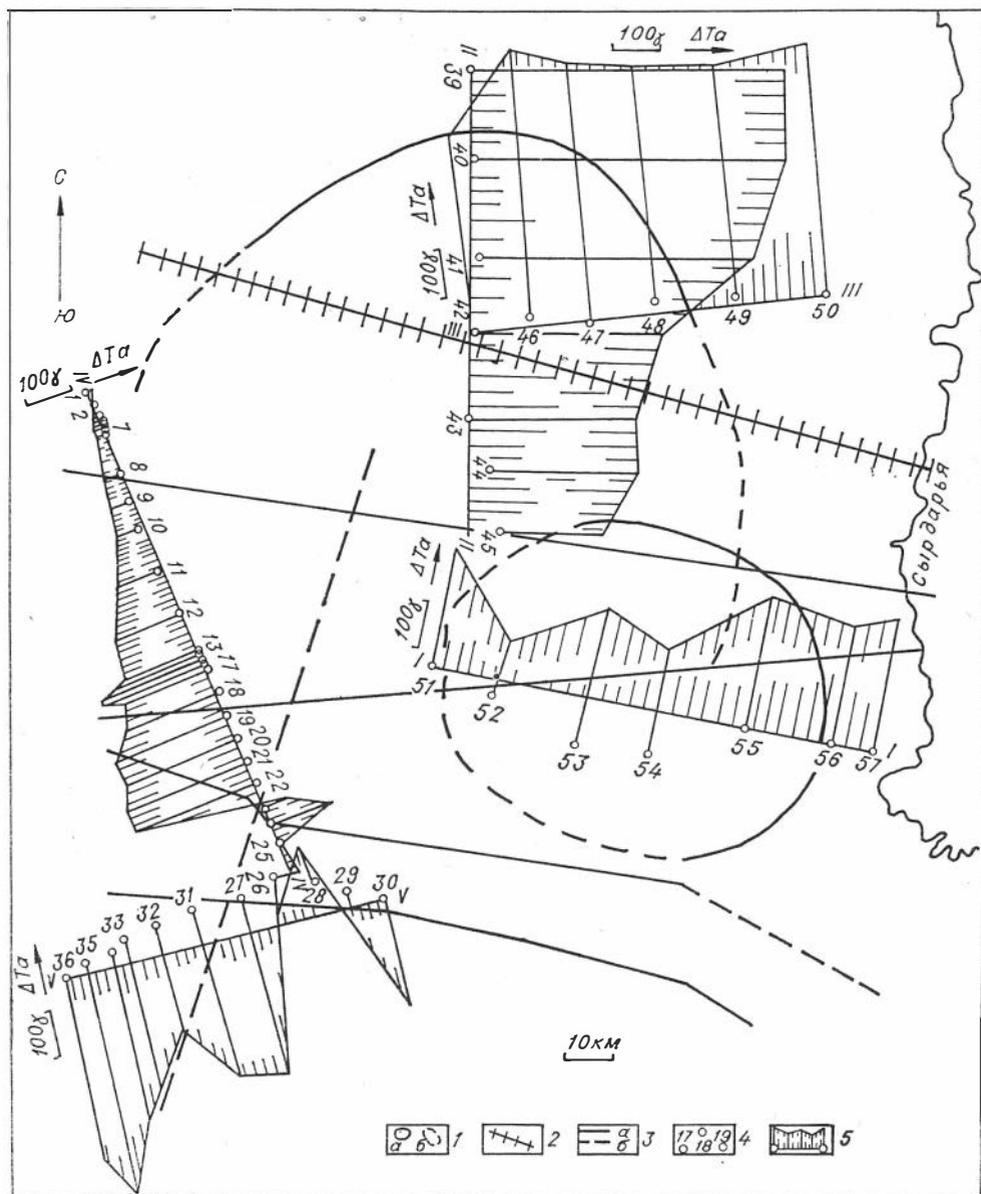


Рис. 2. Изометрические структуры, линейные нарушения сплошности пород и графики магнитного поля.

1 — изометрические структуры, отображающиеся на космоснимке: а — четко, б — нечетко; 2 — зона разломов; 3 — разломы: а — четко читаемые на космоснимке, б — нечетко; 4 — пункты магнитной съемки; 5 — профили магнитного поля.

тельного покрова, обнаруженных при авиавизуальных наблюдениях. Так, район А (рис. 1), ограниченный треугольно расположенными разломами, при всей пестроте красок ландшафта смотрится как бы выпукло-светло на фоне окружающего его пространства. Штриховой сменой красок, хотя и читаемой менее уверенно, проявляются разломы 1, 2 (см. рис. 1). Профиль I—I геомагнитных измерений по границе указанного выше треугольника выявил положительную аномалию ΔT_a , на фоне которой локальные изменения фиксируют положение линий отдельных разломов. Область положительных значений ΔT_a , совпадающих в пространстве с по-

ложением треугольника, можно качественно интерпретировать как область сжимающих напряжений на границе тектонического нарушения. Профиль геомагнитных измерений II—II, расположенный восточнее профиля I—I, также фиксирует локальным изменением ΔT_a положение линий некоторых разломов и их пересечения.

На более обширных районах были выполнены измерения в восточных Кызылкумах Средней Азии. Здесь также пространственное положение полученных аномалий ΔT_a в определенной степени соответствует расположению отдешифрованных структур (рис. 2). При этом резко выраженные знакопеременные аномалии с большим горизонтальным градиентом отражают положение разломов и зоны их пересечений. Изометрические структуры отмечаются на профиле более спокойными отрицательными аномальными полями, нарушаемыми указанными выше локальными аномалиями зон разломов и их пересечений. Особенно отчетливо это проявилось на профиле IV—IV (см. рис. 2), имеющем юго-восточное, близкое к меридиональному, простирание.

Полученные данные позволяют однозначно ответить на вопрос об определенном соответствии фотоаномалий снимка аномалиям магнитного поля. В дальнейшем камеральные и полевые работы позволяют раскрыть физическую сущность их связей. В этом смысле интересно отметить работу Т. А. Акишева и Г. В. Кувшинова [1980], в которой приводятся данные об отрицательных аномалиях магнитного поля над реликтами вулканических аппаратов. Работы в открытых районах Средней Азии позволяют выявить признаки геофизических аномалий, характерных для соответствующих фотоаномалий, порожденных именно природными образованиями. В дальнейшем при интерпретации космического материала в районах Сибири указанные признаки помогут выявить и отделить маркирующую сторону почвенно-растительного покрова, гидрографии. Таким образом, уже сейчас на основании предварительного анализа полученных данных можно с уверенностью сказать о рациональности использования при дешифрировании космоснимков высокоточных геомагнитных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

- Акишев Т. А., Кувшинов Г. В. О связи некоторых отрицательных аномалий магнитного поля с реликтами вулканических аппаратов в Шетском и Токрауском районах.— Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1980, № 5, с. 33—39.
- 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.: Исследования природной среды космическими средствами. Доклады сов. ученых. М.: изд. Комспии по исследованию природных ресурсов с помощью космических средств АН СССР, 1973, с. 102—110.
- Бехтольд И. С., Рейнольдс Дж. Т., Вагнер С. Дж. Использование космических снимков «Скайлэб» для изучения природных ресурсов.— В кн.: Космическая геология. Л.: Недра, 1979, с. 115—123.
- Макаров В. И. Практические аспекты использования космической информации в геологии.— В кн.: Геологическое изучение Земли из космоса. Вып. 317. М.: Наука, 1978, с. 205—207.
- Флоренский П. В., Петренко А. С. Древние платформы.— В кн.: Геологическое изучение Земли из космоса. Вып. 317. М.: Наука, 1978, с. 128—145.
- Максимовских С. И., Шапиро В. А. Высокоточный портативный магнитометр Т-МП и возможности его использования при изучении современных процессов в земной коре.— В кн.: Современное движение земной коры. Новосибирск, 1976, с. 65—69.

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОСМОСНИМКОВ НА ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Способность восприятия геологической информации, заключенной в космофотоснимке, зависит от способов его обработки и субъективной интерпретации ряда фактов, несовершенство получения которых, по всей вероятности, служит причиной появления продукции с чрезмерным количеством отдешифрованных линейных и изометрических структур.

В настоящее время повсеместно используется машинная обработка снимков. Но содержание фотограмм, получаемых с экрана телевизионного монитора и используемых в дальнейшем для дешифрирования, в значительной мере зависит от величины элемента сканирования, числа регистрируемых уровней квантования оптической плотности при вводе снимка. Аналогично при создании фотометрических карт конфигурация эквиденсит, отображающая структуру какого-либо геологического проявления, определяется величиной интервала плотности, используемого при их построении, заданной, как правило, интуитивно. Но даже избежав изложенной неточности и выявив в результате обработки истинное распределение поля оптических плотностей исходного снимка, мы можем не получить полезную информацию, так как снимок всегда несет в себе интегральный эффект — отображение реального объекта и элементов, не связанных с ним. Поскольку геологические образования проявляются также и в гравиметрических, магнитных, геохимических и других полях, то фотограммы, несущие информацию о них, должны в каких-либо измерениях коррелировать с перечисленными априорными данными. Использование указанного условия позволило вести обработку космоснимка в интерактивном режиме. На экран дисплея выводились данные геофизических и других измерений и результаты обработки исходного снимка. Таким образом, геологический объект дополнительно был представлен фотоизображениями магнитных, гравитационных, тепловых и других полей. В случае отсутствия установленной ранее по эталонным снимкам корреляции между полученными изображениями априорных данных и исходного снимка продолжались преобразования последнего, насколько позволял лимит изменения параметров ввода, наличия различных программ по его обработке. Для определения причин появления фотоаномалий, не коррелирующих с априорной информацией, производились дополнительные как камеральные, так и полевые исследования региона с привлечением к анализу дополнительных данных на исследуемый регион.

Главная направленность методических разработок базировалась на теоретических обоснованиях эффективности использования в проводимых исследованиях тех или иных геологических и других измерений. Так, наиболее выраженная связь фотоаномалий с амплитудой неотектонических структур широко излагается в литературе по использованию космической информации в изучении природных ресурсов [Башилова и др., 1973; Грицюк, 1978; Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976; Капустин и др., 1978; Макаров, Трифонов, 1979; Орлов, 1975; Флоренский, Петренко, 1978; Шилкин, Кутрачева, 1979]. Твердо установленная, хотя несколько дискуссионная по генезису, приуроченность понижения естественной радиоактивности к нефтяным месторождениям [Алексеев и др., 1973; Кучерук, Петухов, 1979] позволила поставить работы на предмет поиска связей между фотоаномалиями снимка и радиометрическими данными. Установленные над нефтегазоносными залежами аномальные значения теплового потока [Чекалюк и др., 1974; Яковлев, 1979] позволяют

считать актуальными исследования по определению корреляции последних с фотоизображением. Влияние деформации земной коры на структуры горных пород, элементы ландшафта, излучение и отражение геологическими объектами электромагнитных волн способствует их отображению на космоснимках. В силу этого данные о современных движениях земной коры, используемые, как и неотектонические движения, в качестве меры указанных деформаций, также могут служить материалом, способствующим более глубокому познанию отображенного на космоснимке природного образования.

Особое внимание в данных исследованиях уделялось обоснованию корреляции аномалий магнитного поля Земли с фотоаномалиями снимка. Известно, что атмосфера Земли содержит определенный процент заряженных частиц, происхождение которых в основном обусловлено солнечной радиацией, радиоактивным излучением горных пород, тепловыми движениями, приводящими к ионизации, диссоциации ее компонентов, — O_2 , N_2 , O , NO , H_2O , O_3 , CO_2 . На движение заряженных частиц оказывает влияние напряженность магнитного поля. Поэтому его неоднородности должны влиять на концентрацию указанных частиц, что, естественно, должно отражаться на прохождении электромагнитных волн определенной длины и соответственно на отображении на космоснимке данного региона. Предположительно, не менее важную роль в излагаемом случае должно играть и само электромагнитное излучение молекул, ионов при возбуждении их заряженными частицами, выпадающими из ионосферы, и вторичными электронами ионизации.

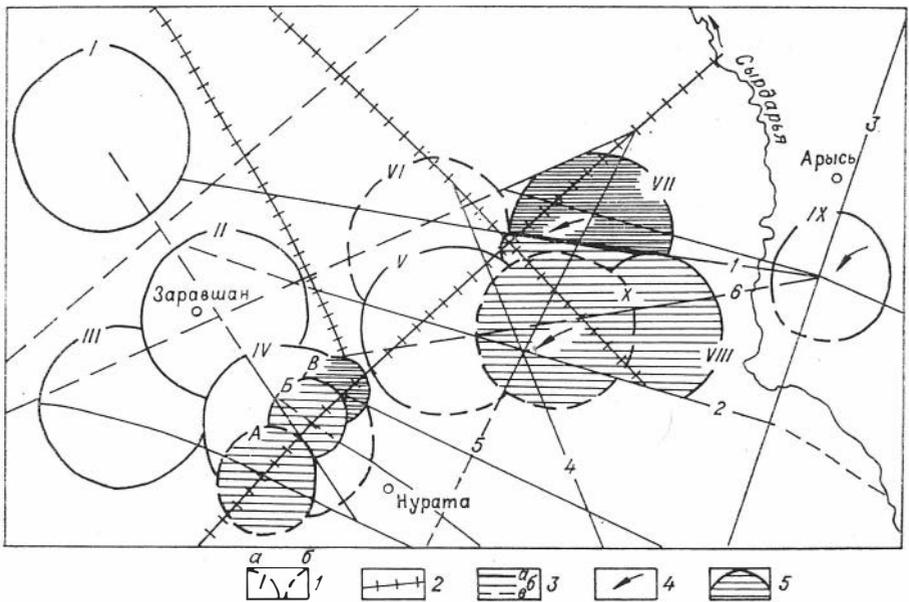
Данное предположение основано на том, что заряженные частицы, подверженные воздействию магнитного поля, будут двигаться потоком, направление и плотность которого, а значит и число столкновений с компонентами атмосферы и вызываемое при этом излучение, будут также взаимосвязаны с неоднородностями поля.

Предполагаемое обоснование требует строгой количественной оценки. Проведенные же практические исследования дали обнадеживающе положительные результаты. Шести изометрическим фотоаномалиям, отдешифрированным на космоснимках, соответствуют крупные аномалии магнитного поля Земли. Наличие указанной корреляции отмечалось неоднократно и другими исследователями [Богословский и др., 1978; Грицук, 1978; Макаров, Трифионов, 1979; Наварнов и др., 1978; Флоренский, 1979; Ян-Йин-Шин и др., 1978]. Не исключено, что приведенные доводы в совокупности с результатами исследований позволят в дальнейшем говорить о возможности фиксирования космосъемкой магнитных аномалий, а значит и о порождающих их природных образованиях, в том числе и глубоко залегающих.

Результаты дешифрирования космоснимков на один из районов наших исследований приведены на рисунке.

Обработка снимков велась по изложенной выше методике. При дешифрировании, интерпретации космоснимков привлекались геофизические и другие данные, использовались как предполагаемые, так и установленные корреляции априорных данных и снимка. Рассматривались десятки телевизионных космоснимков системы „Метеор“, получаемых в диапазонах спектра от 0,5 до 1,1 мкм. Такое количество используемого материала не позволило выбрать снимок, обобщающий всю полученную информацию, и соответственно привести его в работе как исходный.

Разломы, обнаруженные на представленном регионе, имеют в основном субширотное, северо-западное и северо-восточное направление. Отличительная их черта — дифференцированное проявление на снимке. Колоритно выделяются линейные нарушения, секущие породы фундамента, выходящие на поверхность. Это объяснимо. Но вот разломы 1, 2 (см. рисунок), которые разделяет расстояние в 60 км, простираются почти парал-



Структурно-тектоническая схема восточных Кызылкумов.

1 — изометрические структуры, отображающиеся на космоснимке (а — четко, б — менее четко); 2 — зоны разломов; 3 — разломы (а, б, в — градация четкости отображения на снимке); 4 — стрелкой показаны предполагаемые более благоприятные районы на поиск полезных ископаемых; 5 — структуры, проявляющиеся более темным фототонном. Густота штриховки соответствует степени почернения.

тельно друг другу, оба прикрыты на поверхности толщей песков, а видны на снимке по-разному. Примерно в 40 км к востоку от р. Сырдарья первый из них на протяжении 90 км фиксируется колоритной линейной фотоаномалией. Затем происходит достаточно резкое ухудшение его дешифрируемости. В районе Букантау в выходах пород фундамента он снова достаточно четко фиксируется. Второй линеамент проявляется посредственно на всем протяжении. Этому предлагается следующее объяснение.

В расположении изометрической структуры VII (см. рисунок) мощность меловых отложений намного больше, чем в районе структуры V, VI и южной сопредельной с ней области. Палеогеновые отложения соответственно большей мощности в последних участках. В более консолидированном слое меловых отложений линейные нарушения сплошности пород должны закрепляться более жестко, чем в рыхлых. Если учесть, что перекрывающий их палеогеновый слой малой мощности в меньшей мере влияет на его отображение на снимке, то в этом, как представляется, и кроется причина указанного дифференцированного проявления разломов на космоснимке.

Отдешифрованные субмеридиональные и северо-восточные разломы, по мнению ряда авторов [Быков и др., 1966; Гарьковец, 1964; Шульц, 1972], активизировались позднплиоценовыми и антропогенными движениями. К их пересечению с субширотными приурочены гранитоидные интрузии и сопровождающие их минерализации [Гарьковец, 1964], которые проявляются на космоснимке в виде изометрических фотоаномалий А, Б, В, IX (см. рисунок). Менее четкое прослеживание структуры X в пересечении разломов 2, 4, 5, 6 на космоснимке компенсируется обнаруженными здесь тепловой и магнитной аномалиями.

Все выявленные на космоснимке изометрические фотоаномалии также, по всей вероятности, представляют собой отображение областей интрузий с их воздействием на вмещающие породы, структур определенных горизонтов земной коры. При этом последние могут быть унаследованы и в

определенной мере отображать строение соответствующих интрузивных комплексов. Подтверждением служит приуроченность всех отдешифрованных изометрических структур к одному или нескольким разломам, а чаще к их пересечению. Их фототон зависит от наличия и глубины залегания консолидированного слоя, оконтуренного структурой. Фотоаномалиям I—IV соответствуют определенные неоднородности в геофизических полях. Интересна структура V наличием подобной конфигурации магнитной аномалии, неоднородностью теплового и гравитационного поля по отношению к вмещающим ее областям.

Фотоаномалии V—VIII большей частью расположены в Акбайтальской структурно-фациальной зоне (по А. К. Бухарину [Бухарин и др., 1964]), Зауральско-Кураминской (по В. Г. Гарьковцу [1964]), которая характеризуется интенсивной складчатостью и выделением интрузий в карбоне [Бухарин и др., 1964; Вольвовский и др., 1966; Гарьковец, 1964]. Вскрыть эти интрузии и сопровождающую их минерализацию и помогут указанные отдешифрованные структуры совместно с геофизическими и геологическими данными. Своими размерами, структурным планом, геофизическими аномалиями они соответствуют структурам II, III, IV. В районе расположения последних открыты месторождения никеля, меди, вольфрама, ртути и других полезных ископаемых [Вольвовский и др., 1966; Гарьковец, 1964]. При этом по данным космоснимков обнаруживается, что основными зонами оруденения являются пересечения изометрических структур и разломов. Указанное выше соответствие фотоаномалий, а также приуроченность их к одному региону магматизма позволяют предположить, что скрытые под осадочным чехлом структуры V—VIII несут в себе аналогичные полезные ископаемые. Выявленные на космоснимках зоны пересечения их и разломов помогут соответственно определить конкретные районы постановки геологоразведочных работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Отдешифрованные по космоснимкам структуры несут информацию, использование которой позволит откорректировать интерполяционно нанесенное на тектонические карты плановое положение изогипс, оконтурить области отложений соответствующих возрастов, определить границы структурно-фациальных зон.

2. Пересечение изометрических структур и разломов, оказывающее существенное влияние на размещение продуктов магматической деятельности и постмагматической минерализации, определяет местоположение зон оруденения, в связи с чем предлагаемая структурная схема может внести существенный вклад при использовании ее в поисковых работах.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Ф. А., Готтих Р. П., Лебедев В. С. Использование ядерных методов в нефтегазовой геологии. М.: Недра, 1973. 384 с.
- 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.: Исследования природной среды космическими средствами. Доклады сов. ученых. М.: изд. Комиссии по исследованию природных ресурсов с помощью космических средств АН СССР, 1973, с. 102—110.
- Богословский В. А., Ильина Б. Б., Кроткова О. Т. и др. Геофизические исследования при геологической интерпретации космических снимков на Курском полигоне. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10, с. 135—140.
- Бухарин А. К., Пяновская И. А., Пятков К. К. Положение Кызылкумов в системе палеозойских структур Тянь-Шаня и Урала. — В кн.: Сб. научных трудов Главгеологии УзССР. Вып. 4. Ташкент, 1964, с. 21—38.
- Быков Р. И., Гаврилов В. П., Полканова Л. П. Крупные разломы Туранской плиты,

- их классификация.— В кн.: Геология Русской платформы, Прикаспия, Оренбуржья. М.: Недра, 1966, с. 46—50.
- Вольвовский И. С., Гарецкий Р. Г., Шлезингер А. Е., Шрайбман В. И.** Тектоника Туранской плиты. М.: Наука, 1966. 287 с.
- Гарьковец В. Г.** О структурной и металлогенической связи Тянь-Шаня с Уралом.— В кн.: Сб. научных трудов Главгеологии УзбССР. Вып. 4. Ташкент, 1964, с. 5—20.
- Грицюк Я. М.** Опыт региональных структурно-тектонических исследований на основе дешифрирования космических снимков и статистической обработки характеристик рельефа на примере Алтае-Саянской складчатой области.— Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геол. картирование, 1978, вып. 12, с. 1—22.
- Доливо-Добровольский А. В., Стрельников С. И.** Особенности дешифрирования геологических объектов по космическим снимкам.— В кн.: Применение новых видов аэросъемок при геологических исследованиях. Л., 1976, с. 5—10.
- Капустин И. Н., Прижигловский Е. С., Трофимов Д. М.** Применение космической информации при составлении тектонической карты Прикаспийской впадины и ее обрамления (статья 1).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 10, с. 40—47.
- Кучерук Е. В., Петухов А. В.** Использование радиометрии в практике поисково-разведочных работ на нефть и газ.— В кн.: Критерии поисков и закономерности размещения залежей нефти и газа в центральных и северных районах Западной Сибири. Тюмень, 1979, с. 121—125.
- Макаров В. И., Трифонов В. Г.** О возможности использования материалов космической съемки для изучения глубинного строения земной коры.— В кн.: Аэро-космические исследования Земли. М.: Наука, 1979, с. 275—286.
- Наварнов Ю. А., Серебряков Ю. Г., Пыняев А. М., Андреев А. Ф.** Структура Астраханского свода по результатам дешифрирования космофотоматериалов.— Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геол. картирование, 1978, вып. 12, с. 22—25.
- Орлов В. И.** Анализ динамики природных условий и ресурсов. М.: Наука, 1975. 275 с.
- Флоренский П. В.** Использование космических съемок при поисках нефти и газа.— В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. М.: Наука, 1979, с. 286—297.
- Флоренский П. В., Петренко А. С.** Древние платформы.— В кн.: Геологическое изучение Земли из космоса. Вып. 317. М.: Наука, 1978, с. 128—145.
- Чекалюк Э. Б., Федорцев И. М., Осадчий В. Г.** Полевая геотермическая съемка. Киев: Наукова думка, 1974. 103 с.
- Шульц С. С.** Геологическое строение зоны сочленения Урала и Тянь-Шаня. М.: Недра, 1972. 207 с.
- Шилкин А. Н., Кутрачева Л. И.** О дешифрировании космических снимков для решения геологических задач.— Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геол. картирование, 1979, вып. 1, с. 1—10.
- Яковлев Б. А.** Решение задач нефтяной геологии методами термометрии. М.: Недра, 1979. 143 с.
- Ян-Жин-Шин В. А., Балакшин Г. Д., Волкодав А. И. и др.** Опыт использования космической информации в Якутском территориальном геологическом управлении.— Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология; геол. картирование, 1978, вып. 12, с. 26—39.

**Р. И. НАДЫРШИН, Д. А. ТАШХОДЖАЕВ, А. В. ШИМОЛИН,
Т. Т. ШАРИПОВ**

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОСМОФОТОСНИМКОВ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДИННОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Авторами были отдешифрированы космофотоснимки (КФС) на северо-восточную часть Срединного Тянь-Шаня, состоящую из Чаткало-Кураминского поднятия, Ферганской межгорной впадины, частично Сырдарьинской депрессии и Приташкентских чулей. Данный район относится к области проявления герцинского тектогенеза. Основную его часть составляет Курамино-Ферганский срединный массив и в меньшей степени Чаткальская геосинклиналь. Ферганская межгорная впадина, отделяющая западную часть Тянь-Шаня от Алайской горной системы [Шульц, 1948],

имеет протяженность около 300 км при ширине около 170 км. Центральную часть слагают преимущественно современные отложения. Абсолютные отметки не превышают 300—500 м над ур. м. Центральная Фергана окаймляется «адырами», сложенными молодыми третичными и нижнечетвертичными отложениями. Высотные отметки «адыров» колеблются в широких пределах, составляя в среднем около 600—800 м. Ферганская межгорная впадина представляет собой одну из старейших нефтегазоносных областей Средней Азии, окончательно сформировавшуюся в антропогенное время. Геолого-геофизическими методами в пределах впадины выявлено 247 локальных антиклинальных структур. В результате поисково-разведочных работ в них было открыто около 40 месторождений нефти и газа. Чаткало-Кураминская система поднятий состоит из горных хребтов: Чаткальского, Кураминского, Пскемского, Угамского, Сандалашского и гор Каржантау, Моголтау, Бозбутау. Чаткальский хребет, ограничивающий с северо-запада Ферганскую впадину, характеризуется на юго-западе относительно мягкими, округлыми, а на северо-востоке обрывистыми, зубчатыми очертаниями. Соответственно с юго-запада на северо-восток повышаются отметки вершин от 3000 до 5000 м. Южные склоны хребта сильно расчленены, а на северном, относительно пологом, сохранились древние поверхности денудации (абразии).

У Сандалашского хребта относительно пологий северо-западный и крутой юго-восточный склоны.

Кураминский хребет по сравнению с Чаткальским имеет сравнительно мягкие очертания рельефа и более низкие гипсометрические уровни с максимальной отметкой до 3768 м.

Глубокие долины между перечисленными хребтами заполнены молодыми мезозойско-кайнозойскими образованиями. В Чаткало-Кураминском регионе обнажаются породы от архейских до современных включительно, подавляющая их масса генетически относится к изверженным и осадочным породам среднего и верхнего палеозоя. Рассматриваемая территория относится к числу старейших горнорудных районов Средней Азии, в котором известны самые разнообразные месторождения как рудных и нерудных, так и горючих полезных ископаемых.

В процессе работы авторами были рассмотрены и отдешифрированы КФС трех уровней генерализации — глобального, регионального и локального. В общем, соблюдался принцип от общего к частному, так как КФС различного уровня генерализации позволяют получить информацию о различных структурных единицах земной коры, что нашло свое отражение в их названиях.

При дешифрировании использовались КФС черно-белые широкого диапазона спектра и зональные; цветные и спектрзональные снимки применялись при выделении и детализации некоторых линейных и кольцевых структур (КС). Разделение литологических разностей пород по цветным снимкам удавалось в том случае, когда их цвет на КФС был основным дешифровочным признаком.

При составлении геолого-структурных схем и космофотогеологических карт (КФГК) были использованы снимки регионального уровня генерализации оригинального масштаба и увеличенная печать с двукратным коэффициентом увеличения. На КФС увеличенной печати практически сохраняется вся информация, и в то же время увеличивается возможность детально выделить контуры литолого-стратиграфических комплексов. Снимки глобального уровня генерализации были просмотрены на предварительном этапе дешифрирования для представления общей картины района дешифрирования и его взаимоотношения с соседними регионами. Снимки локального уровня генерализации применялись в процессе дешифрирования для детализации и идентификации выделяемых комплексов с традиционными геологическими данными.

Процесс дешифрирования КФС и составления мелкомасштабных космофотогеологических карт и схем можно разделить на несколько этапов. На первом этапе на район дешифрирования подбираются КФС, полностью покрывающие его. Непременным условием является продольное перекрытие снимков, позволяющее получить стереоэффект. Снимки желательно иметь одновременной съемки или близкой по времени. Для данного района оптимальным временем съемки представляются август — сентябрь. Характерно, что в это время отсутствуют облачность и снеговой покров даже в условиях высокогорья. Подбираются мелкомасштабные карты аналогичного уровня генерализации и крупнее.

На втором этапе дешифрируются КФС от глобального уровня генерализации до регионального. А на наиболее сложных и узловых участках дешифрируются снимки локального уровня генерализации.

Параллельно с дешифрированием отбираются КФС для составления фотоплана, аналогичного по масштабу итоговым картам и схемам. В целом данный этап соответствует предварительному камеральному дешифрированию и распадается на отдельные стадии. Сначала производится контурное дешифрирование литолого-стратиграфических комплексов, в конце выделяется структурная информация: линейменты и кольцевые структуры. Перечисленные стадии органически перекрывают друг друга и практически неразделимы. На всех стадиях необходимо производить систематизацию выделенных площадных и линейных объектов по их дешифровочным признакам (рисунок фотоизображения, цвет, структура, форма и размер объекта, гипсометрическое положение и т. д.). Производится сопоставление выделенных объектов между собой.

На третьем этапе составляются предварительные схемы дешифрирования. Результаты дешифрирования переносятся с КФС на изготовленный фотоплан; перенос можно произвести или визуально, пользуясь тем, что фотоизображение на КФС и фотоплане аналогично, или с помощью оптического пантографа (камера Клара), стереоскопа КС-2 или интерпретоскопа. Последнее представляется более оптимальным, так как при хорошо изготовленном фотоплане происходит точное совмещение и перенос отдешифрированных на КФС контуров и линейных объектов на фотоплан. Затем проводятся сопоставление выявленных контуров с традиционными геологическими данными и их идентификация с определенными стратиграфическими и литологическими комплексами. Выделяются тестовые участки для проверки дешифровочных признаков и выделенных границ контуров. Составляется предварительная легенда будущих карт и схем.

На четвертом этапе проводятся аэровизуальные и маршрутные наблюдения на тестовых участках и по всей территории района. При этом обследуются объекты как характерные, так и неясного происхождения. Основную массу выделенных объектов посетить практически невозможно и вопрос об их происхождении и составе решается методом аналогии с известными объектами. В результате на предварительной схеме дешифрирования детализируются и уточняются контуры и границы выделенных комплексов.

На конечном этапе по результатам полевых и аэровизуальных наблюдений и дополнительного дешифрирования локальных КФС составляются авторами варианты космофотогеологической карты и геолого-структурных схем. Уточняется и определяется окончательная легенда к итоговым картам и схемам. В соответствии с условными обозначениями (легендами) авторские варианты КФГК переносятся с фотопланов на фотокарты.

Предлагаемая схема геологического дешифрирования (см. рисунок) (составление космофотогеологической карты и геолого-структурных схем) в процессе работ в различных регионах с различными масштабами снимков в зависимости от поставленных задач может претерпевать значительные изменения.

При составлении КФГК на основе КФС регионального уровня генерализации выделяются контуры комплексов горных пород, объединенных одним или несколькими дешифровочными признаками, которые отражают сходство преобладающего состава пород. Высокая разрешающая способность КФС регионального уровня генерализации позволила выделить при литолого-стратиграфическом контурном дешифрировании на КФГК ассоциации горных пород, отличающихся по генезису: осадочные, интрузивные, метаморфические. Ведущим дешифровочным признаком в данном случае является рисунок фотоизображения, обусловленный различной твердостью пород и их устойчивостью к выветриванию. Фототон служит главным дешифровочным признаком для гораздо меньшего числа литолого-стратиграфических комплексов, он в большинстве случаев представляет собой дополнительный дешифровочный признак. Аномально белым фототонном в районе обладают фотомаркирующие слои известняков и рыхлых молодых отложений (нерасчлененный нижний неоген — верхний палеоген), обнажающихся в сводовых частях антиклинальных структур.

Всему комплексу четвертичных пород (от современных до древнечетвертичных) свойствен равнинный рельеф, холмистый и умеренно расчлененный в предгорьях; гипсометрическое положение низкое. Рисунок фотоизображения из-за широкого развития поливного и богарного земледелия пятнистый. Фототон от серого до светло-серого, области поливного земледелия отражаются темным фототонном. Район развития этих комплексов испытывает интенсивное антропогенное воздействие, и поэтому достоверность выделения контуров наиболее низкая. Мезозойско-кайнозойские породы характеризуются слаборасчлененным рельефом и фототонном от светло-серого до темно-серого. При контурном дешифрировании удалось выделить терригенные породы олигоцен-миоценового возраста. Эти отложения отличаются аномально светлым фототонном и уверенно выделяются на КФС. Меловые отложения имеют слаборасчлененный рельеф, светлый фототон; гипсометрическое положение их невысокое, они развиты в Приташкентских чулях, предгорьях и низкогорьях. В разных районах — различный рисунок фотоизображения.

Комплекс пород юрской системы развит на относительно небольших площадях, имеет нерасчлененный рельеф, серый и темно-серый фототон.

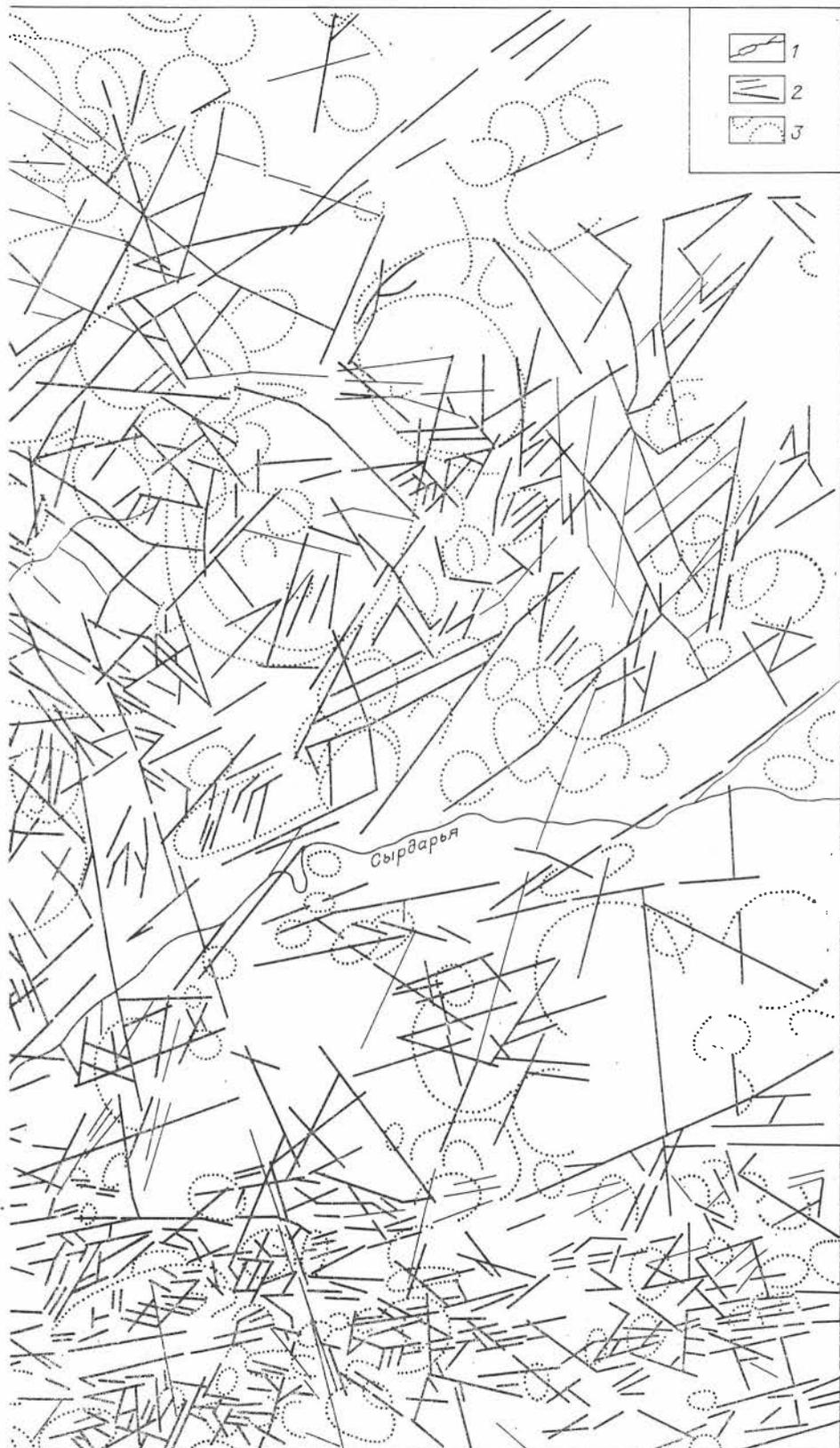
Палеозойские породы на изученной территории распространены широко. Разделяются они на комплексы преимущественно вулканогенных, осадочных и интрузивных образований. Комплексы преимущественно вулканогенных пород обладают расчлененными, но не глубокими формами рельефа; фототон серый, светло-серый. Для вулканогенно-осадочных пород среднего карбона характерен серый, темно-серый, темный фототон, это свойственно и всем средним по составу вулканитам. Комплексы преимущественно карбонатных образований распространены в высокогорных хребтах с крупными сложениями (очертаниями) водоразделов, глубоким расчленением склонов. В них фототон от серого до темно-серого. Комплексы интрузивных пород имеют очень широкое площадное распространение в исследуемом районе, изометричные очертания контуров, сильно изрезанное, но неглубокое расчленение и наибольшее количество дешифровочных признаков. Для пород различного вещественного состава фототон не одинаков, в целом кислые породы отличаются более светлым фототонном. При дешифрировании КФС на рассматриваемой территории основное внимание уделялось получению геолого-структурной информации, так как получение литолого-стратиграфических данных на КФС регионального и локального уровней генерализации затруднительно и сопровождается значительной потерей информации в отличие от геологических карт соответствующего масштаба.

При геолого-структурном дешифрировании основной прирост информации приходится на линеаменты, зоны трещиноватости, кольцевые



Схема геолого-структурного дешифрирования Среднего Тянь-Шаня. Составили

1 — гидрографическая сеть; 2 — линейменты;



Р. И. Надыршин, Д. А. Ташходжаев, А. В. Шимолин, А. Д. Бакланов, Ф. М. Баязитова.

3 — кольцевые структуры.

8 Заказ № 138

структуры или фотоаномалии, в некоторых случаях уверенно идентифицируемые с локальными антиклинальными складками, интрузивами и вулканоплутоническими структурами.

Что касается линеаментов, то следует отметить, что в связи с дешифрированием КФС значимость их резко возросла. Линеаменты стали изучаться с различных позиций для исследования трещиноватости, пликативных и дизъюнктивных нарушений, для поисков и расшифровки погребенных складок и т. д. Однако в зависимости от цели термин «линеамент» получил различное толкование, поэтому прежде чем перейти к изложению результатов дешифрирования КФС, для ясности остановимся на расхождении во мнениях геологов о линеаментах.

Вводя термин «линеамент», Хоббс (1904, цит. по [Шульц, 1973, 1979]) считал что «наиболее значительные линеаменты лика Земли могут быть описаны как гребни хребтов или границы поднятых областей, линии тальвегов, линии побережий и линии границ геологических формаций, петрографических типов и контуров обнажений». В последующем понятие «линеамент» получило в литературе различное толкование: уступы склонов [И. В. Мухометов, Д. И. Мухометов, 1935], мегалинеамент [Хиллс, 1967], микротрещины [Бланше, 1967], мегатрещины [Гольбрайх и др., 1966], отраженные на земной поверхности трещины [Можаев, 1973], линейные формы рельефа [Голд и др., 1975], спрямленные элементы ландшафта [Шульц, 1948, 1969, 1973, 1979], а некоторые идентифицируют линеаменты с глубинными разломами земной коры [Башилова и др., 1973; Хаин, 1963, 1964] и глобальными формами рельефа [Хаин, 1964]. Следует отметить, что более обстоятельный обзор литературы о линеаментах сделан С. С. Шульцем [1969, 1973, 1979], М. Л. Копп, Л. М. Расцветаевым [1976].

М. Л. Копп, Л. М. Расцветаев [1976] термин «линеамент» употребляют для обозначения всех прямолинейных или плавно изогнутых элементов ландшафта, проявляющихся в характере фотоизображения на космических снимках. Под такими элементами они понимают как единичные формы рельефа и гидрографической сети, геоботанические, почвенные и гидрогеологические образования, тектонические, стратиграфические и петрографические контакты, антропогенные сооружения, так и их сочетания в виде относительно узких линейно вытянутых зон. Но, на наш взгляд, антропогенный фактор как элемент ландшафта по возможности необходимо исключить. В большинстве случаев эти элементы являются поверхностным отражением дизъюнктивных структур литосферы, разной глубины и неодинакового возраста заложения.

Таким образом, при выделении линеаментов авторы в основном опирались на геоморфологические признаки, в меньшей степени на геоботанические и т. д. Линии линеаментов подчеркиваются спрямленными долинами рек и их изгибами, прямолинейными очертаниями протяженных водоразделов и горных хребтов.

При сравнении материалов дешифрирования КФС с геологическими картами аналогичного уровня генерализации наблюдается большое совпадение рисунка линеаментов с разломами, выделенными традиционными геолого-геофизическими методами. Линеаменты идентифицируются с различными системами разломов. В частности, линеаменты широтного простирания идентифицируются с Баштавакским, Карабулакским, Колбулакским и другими разломами. С северо-западной (каратауской) системой разломов идентифицируется максимально большое количество линеаментов: на их долю приходится около 20% всех выделяемых на КФС линеаментов. Согласно исследованиям Д. Х. Якубова и др. [1976], разломы данного направления являются наиболее крупными в Чаткало-Кураминском регионе, где они контролируют магматическую деятельность и усложняют блоковое строение района. Хорошо идентифицируются линеаменты северо-северо-западного направления с системой Кумбель-Кен-

коль-Арашанских разломов. Наряду с изложенным отмечается и незначительное несоответствие разломов с выделенными линеаментами, что, очевидно, вызвано эффектом «просвечивания» на глубине.

В результате геолого-структурного дешифрирования КФС все линеаменты Срединного Тянь-Шаня классифицированы на четыре основные группы: широтная, меридиональная, северо-западная — юго-восточная и северо-восточная — юго-западная. Первые две группы линеаментов идентифицируются с «ортогональной» и последние две — с «диагональной» группой линеаментов по С. С. Шульцу [1973].

Геолого-структурная информация, полученная при дешифрировании, была типизирована и сопоставлена по отдельным участкам с традиционными геологическими данными. Прирост геолого-структурной информации по Моголтау отмечается в 1,68 раза, для области развития верхнепалеозойского вулканизма — в 1,5 раза, для нижнепалеозойских карбонатно-терригенных пород — в 1,4 раза.

При попытке металлогенического анализа намечается пространственная связь золотоносного оруденения с линеаментами меридионального направления, серебро-полиметаллическая минерализация часто ассоциируется с линеаментами северо-западного «каратауского» типа.

Выделенные ранее по геофизическим данным скрытые разломы фундамента Шамаджон-Музбельский, Чаркесар-Кугалинский и др. [Шманенко, Роз, 1978], а также Кумбель-Риштанский отождествляются с выделенными при дешифрировании линеаментами.

Для кольцевых структур признаки в целом аналогичны тем, по которым выделяются линеаменты, это дугообразная и круговая смена рисунка фотоизображения и фототона, плавно изогнутые долины рек, водоразделы и хребты. КС диаметром 80—100 км в Чаткало-Кураминском регионе имеют древнее заложение, рассечены различными разломами; по их периферии развиты кольцевые разломы, контролирующие размещение складок, интрузивов центрального типа, рудных полей и месторождений полезных ископаемых. КС меньшего диаметра имеют отчетливую связь с вулкано-плутоническими комплексами: Бабайтагского, Лашкерекского, Кызылнуринского и других типов. В областях развития осадочных пород кольцевые структуры нередко совпадают с антиклинальными складками.

В Ферганской нефтегазозносной межгорной впадине и Приташкентских чулях выделенные при дешифрировании КФС кольцевые структуры приурочиваются к антиклиналям. Совпадение в плане КС с антиклинальными структурами, зафиксированными традиционными геолого-геофизическими методами, составляет 35%. Кроме того, в районах Каракалпакской степи, на участках, расположенных южнее г. Ленинабада, северо-западнее и юго-восточнее г. Опш, дешифрированием нами было обнаружено большое количество ранее неизвестных крупных и мелких по размеру КС, возможно идентифицируемых с погребенными локальными складками и представляющих определенный практический интерес с точки зрения перспектив на поиски нефти и газа. Среди этих площадей авторы рекомендуют три участка для проведения детальных геолого-геофизических работ с целью изучения глубинного геологического строения и подтверждения наличия на глубине погребенных локальных складок, возможно перспективных на нефть и газ.

Суммарная площадь Ферганского нефтегазозносного бассейна составляет 28 730 км²; а общая площадь локальных антиклинальных структур равна 2100 км², что составляет лишь 7,3% всей территории. Кроме того, геофизическими методами намечается еще 58 антиклинальных структур площадью в 1570 км². Таким образом, суммарная площадь антиклиналей на территории Ферганского нефтегазозносного бассейна составляет 12,76% общей площади. Малая площадь распределения антиклинальных структур позволила Ш. Д. Давлятову и др. [1975] предположить методику воз-

можно выявить в Ферганской впадине еще 44 локальных антиклинальных складок. В свою очередь, Б. Б. Ситдилов [1977] отмечает, что обнаружение дополнительных структур в Центральной и Северной Фергане возможно до плотности имеющихся в Южной Фергане.

Исходя из высокого процента совпадения в плане выделенных при дешифрировании КФС фотоаномалий и КС с известными ранее складками, не исключено, что большая часть из них, возможно, является погребенными антиклинальными структурами, перспективными на нефть и газ. Из изложенного выше становится очевидным, что быстрое внедрение дистанционных методов в практику работы геологических организаций не только повысит уровень геологических исследований, но и приведет к скорейшему открытию новых месторождений полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

- Башилова И. И., Махин Г. В., Еремин В. К. Исследование космических телевизионных снимков — средство тектонического районирования. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7.
- Голд Д., Паризек Р., Александер С. Анализ и применение данных ЕРТС-1 для регионального геологического картирования. — В кн.: Геологические исследования из космоса. М.: Мир, 1975.
- Гольбрайх И. Г. и др. Морфоструктурные методы изучения тектоники платформенных нефтегазоносных областей. М.: Недра, 1966.
- Давлятов Ш. Д., Каримов И. К. и др. Перспективы открытия новых антиклинальных ловушек нефти и газа на территории Узбекистана. — В кн.: Вопросы региональной геологии и тектоники нефтегазоносных областей Узбекистана. Ташкент, 1975.
- Кооп М. Л., Расцветов Л. М. О линейных элементах, выявленных по космическим снимкам восточной части альпийского пояса. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 11.
- Можаев Б. Н. К вопросу о природе линейных элементов. — В кн.: Планетарная трещиноватость. Л.: Изд-во ЛГУ, 1973.
- Мушкетов И. В., Мушкетов Д. И. Физическая геология. Т. 1. М. — Л.: ОНТИ, 1935.
- Ситдилов Б. Б. Динамическая связь тектонических структур Ферганской впадины с Таласо-Ферганским сдвигом. Ташкент: Фан, 1977.
- Хаин В. Е. Глубинные разломы: основные признаки, принципы классификации и значение в развитии земной коры (исторический обзор). — Изв. вузов. Геология и разведка, 1963, № 3.
- Хаин В. Е. Общая геотектоника. М.: Недра, 1964.
- Хаин В. Е., Еремин В. К. и др. Современное состояние геологических исследований из космоса. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 11.
- Шманенко Ю. С., Роз Н. К. Разрывная тектоника Чаткало-Кураминского региона. — Сов. геология, 1978, № 12.
- Шульц С. С. Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня. — Зап. Всесоюз. геогр. о-ва. Новая серия, 1948, т. 3.
- Шульц С. С. Некоторые вопросы планетарной трещиноватости и связанных с ней явлений. — Вестник ЛГУ. Серия геол. и геогр., 1969, № 6, вып. 1.
- Шульц С. С. Планетарная трещиноватость. — В кн.: Планетарная трещиноватость. Л., 1973.
- Шульц С. С. Тектоника земной коры (на основе анализа новейших движений). Л.: Недра, 1979.
- Якубов Д. Х., Ахмеджанов М. А., Борисов О. М. Региональные разломы Среднего и Южного Тянь-Шаня. Ташкент: Фан, 1976.

Н. В. ВОСТРЯКОВА

ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ

Хотя объектами исследований гидрологии являются процессы формирования вод на поверхности Земли, главный источник информации до последнего времени составляют точечные наблюдения гидрометеорологических станций, которые из-за ограниченности охвата территории не могут дать

Достаточно полного представления о динамике изучаемых процессов.

Спутниковая информация отличается глобальностью, непрерывностью и комплексностью, так как космические снимки охватывают одновременно значительные по площади территории.

Можно назвать ряд разделов гидрологической науки, заинтересованных в развитии дистанционных методов исследования. К ним, в частности, относятся: расчеты и прогнозы формирования стока; термика водоемов и ледовый покров; динамика снежного покрова и ледников; влагозапасы атмосферы и почвы; загрязнение водоемов; эрозия почвы и берегов речной сети. Даже этот неполный перечень свидетельствует о большом интересе к дистанционным методам исследований. Однако практическое использование новой информации далеко не соответствует имеющимся возможностям.

Остановимся на разработке конкретных методов использования спутниковой информации в наиболее близкой автору области — методике расчетов и прогнозов стока горных рек.

С точки зрения гидролога, который должен предсказать объем половодья и ход уровней воды, снежный покров представляет, пожалуй, самую сложную и трудно измеряемую гидрологическую характеристику. Площадь распространения снежного покрова, его распределения по высотным зонам, запас воды в снеге, влажность снега и плотность — все эти переменные играют большую роль при оценке вклада снежного покрова в сток.

Оценка заснеженности горной территории сопряжена с известными трудностями, обусловленными главным образом недостатком фактических данных. Маршрутные снегомерные съемки проводятся в небольшом числе бассейнов, в основном вдоль рек; высокогорных станций мало. Между тем поля осадков и стока в горах особенно сложны и не могут быть восстановлены интерпретацией вне пределов долины, освещенных наблюдениями. Маршрутные снегомерные съемки проводятся, как правило, в феврале, марте и апреле (в конце каждого месяца). Для исследования динамики снежного покрова во всем диапазоне высот желательно иметь больше данных на весь период половодья. Нам представляется, что практически только по данным съемок со спутников можно в ближайшей перспективе получить необходимую информацию о распределении снежного покрова с требуемым пространственным охватом, частотой и точностью. Аппаратура, устанавливаемая на различных типах ИСЗ, имеет свои возможности и ограничения. Каждому виду съемок, разрешению и масштабу соответствует своя степень генерализации изображения. Помимо разрешающей способности большое значение имеет периодичность съемки. В этом плане возможно использование спутниковой информации с метеорологических спутников Земли.

Исследования, связанные с интерпретацией космических изображений подстилающей поверхности с целью получения сведений о пространственном распределении снежного покрова, стали развиваться на заре спутниковой метеорологии [Кондратьев, 1962; Кондратьев и др., 1966].

К настоящему времени уже накоплен достаточно большой опыт использования спутниковой информации для изучения снежного покрова и весеннего половодья на огромных территориях [Гарелик и др., 1975; Григорьев, Иванян, 1973; Делеур, 1980; Изучение..., 1978; Использование..., 1976; Использование..., 1980; Калинин, 1974; Калинин и др., 1977; Темников, Новичкова, 1972; Темников, 1973].

Исследования снежного покрова по спутниковой информации сводятся к оценке положения сезонной снеговой линии в горах и определению степени заснеженности территории. По телевизионным снимкам, полученным с метеорологических спутников типа «Метеор», установление высоты снеговой линии в горах возможно с ошибкой 200—250 м.

В горных районах вследствие неравномерного залегания снежного покрова по территории нижняя граница его представляет собой не линию, а скорее зону несплошного залегания снега. Поэтому в гидрологических расчетах и прогнозах принимается средняя для бассейна высота снеговой линии, что связано с невозможностью учета всех факторов, определяющих неравномерность схода снежного покрова на склонах различной экспозиции. Полученная по телевизионному снимку высота снеговой линии дает осредненную высоту для речного бассейна. В настоящее время имеются трудности дешифрирования границ снежного покрова и его изменений во времени особенно в лесных районах и в условиях облачности, однако это задача разрешимая.

Высота снеговой линии и степень заснеженности территории входят в некоторые прогностические зависимости, и поэтому дистанционное их определение может оказаться весьма полезным для уточнения и усовершенствования прогнозов стока горных рек.

Что касается исследования водно-физических характеристик снежного покрова, то известны попытки использования многозональной информации для определения дополнительной характеристики снежного покрова — площади одновременного снеготаяния по сопоставлению снимков в зоне 0,5—0,6 и 0,8—1,4 мкм. Площади заснеженности водосборов получаются различными, причем обычно меньше для зоны 0,8—1,4 мкм.

Впервые такая возможность была замечена А. Стронгом и его соавторами [Strong e. a., 1971] по результатам съемок с ИСЗ «Нимбус-2» в зонах 0,5—0,7 и 0,7—1,3 мкм в 1970 г. Они обнаружили, что на изображениях в ближней ИК полосе (0,7—1,3 мкм) иногда нет снега, в то время как синхронные данные видимого диапазона указывают на большое его количество. Это явление отмечается в условиях весеннего снеготаяния в горах. Оно вызвано значительным уменьшением отраженного ближнего ИК излучения, что в свою очередь, видимо, связано с тонкой пленкой воды на поверхности снега или возле нее, которая поглощает излучение в этой полосе. В последующем указанная особенность отмечалась многими другими исследователями.

Нами была предпринята попытка применить многозональную информацию со спутников «Метеор» в зонах 0,5—0,6 и 0,8—1,4 мкм за 1978—1980 гг. для определения площади одновременного снеготаяния в горных районах Алтая. Исследования показали, что при сравнении снимков в этих зонах в весенний период площади заснеженности водосбора получаются различными, причем обычно меньше для второй зоны. Разница составляет 2—5% в середине мая, к концу половодья увеличивается до 22—25% от заснеженности водосбора. Можно говорить о некоторой закономерности, выражающейся в том, что сухой и влажный снег обладает разными спектральными свойствами.

Пока трудно говорить о возможности использования в гидрологической практике многозональных снимков для определения площадей одновременного снеготаяния в горных районах. Эти вопросы требуют дальнейших исследований, возможно ответ на этот вопрос дадут работы по изучению спектральных свойств снежного покрова в более далекой ИК области (до 2 мкм).

Попытки определения высоты снежного покрова по спутниковым данным были предприняты различными исследователями. По яркости изображения удалось получить некоторые, скорее качественные, чем количественные, оценки мощности снежного покрова. Так, на незалесенных территориях наблюдалось увеличение яркости изображения до высоты 15 см, при дальнейшем накоплении снега яркость его изображения не менялась. В залесенных областях связи между мощностью снежного покрова и яркостью изображения не обнаружено. По мнению многих исследователей, пока не найдено достаточно убедительных способов определения высоты

Снежного покрова по материалам спутниковых телевизионных снимков.

Среди возможных методов оценки запасов воды в снежном покрове можно назвать измерения излучения в сантиметровом диапазоне (как пассивная теплорадиолокация, так и активная радиолокация). Такие работы проводятся, но пока ни один из указанных методов не вошел в практику.

ЛИТЕРАТУРА

- Гарелик И. С., Гринберг А. М., Кренке А. Н. Использование материалов со спутников для гляциологических исследований.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1975, №1, с. 93—101.
- Григорьев А. А., Иванян Г. А. Гидрологическая интерпретация космических изображений горных стран.— Изв. АН АрмССР. Сер. Науки о Земле, 1973, т. 26, №5, с. 57—71.
- Делеур М. С. Космические методы изучения снежного покрова Земли. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 76 с.
- Изучение снежного покрова по данным спутниковой информации. Л., 1978, 80 с.
- Использование спутниковой информации в гидрологии. Л., 1976. 196 с.
- Использование аэрокосмической информации в исследованиях вод суши. Л., 1980. 129 с.
- Калинин Г. П. От аэрокосмических снимков к прогнозу и расчетам стока. Л.: Гидрометеопздат, 1974. 40 с.
- Калинин Г. П., Курилова Ю. В., Колосов П. А. Космические методы в гидрологии. Л.: Гидрометеопздат, 1977. 181 с.
- Кондратьев К. Я. Метеорологические спутники. Л.: Гидрометеопздат, 1962. 312 с.
- Кондратьев К. Я., Борисенков Е. П., Морозкин А. А. Практическое использование данных метеорологических спутников. Л.: Гидрометеопздат, 1966. 376 с.
- Кравцова В. И., Лабутина И. А. Использование космических снимков для гляциологического изучения горных районов.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 3. М., 1974, с. 57—68.
- Темников С. Н. О возможности использования спутниковых фотографий при картировании снежного и ледяного покрова.— Океанология, 1973, т. 13, № 3, с. 517—523.
- Темников С. Н., Новичкова И. А. Некоторые вопросы использования спутниковой информации для изучения снежного покрова.— Труды Среднеазиат. регионального науч.-исслед. гидрометеорологич. ин-та, 1972, вып. 65(80), с. 138—149.
- Strong A. E., McClain F. P., McGinnis D. E. Detection of thawing snow and ice packs through the combined use of visible and near-infrared measurements from Earth Satellites.— Weather Review, Wash., D. C., 99(11), Nov. 1971, p. 828—830.

П р а з д е л

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

А. С. ИСАЕВ, Ф. И. ПЛЕШИКОВ

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Интерес к новым средствам получения информации о земной поверхности объясняется тем, что они позволяют быстрее, с меньшими затратами, а в ряде случаев и качественнее решать многие научные и прикладные проблемы природопользования. При изучении Земли из космоса становятся зримыми многие закономерности, которые традиционными методами установить практически невозможно.

В рамках долговременной многоцелевой программы «Сибирь» ученые Красноярского филиала СО АН СССР выполняют ряд фундаментальных и научно-прикладных исследований с использованием информации, получаемой с самолетов и космических аппаратов. В Институте леса и древесины им. В. Н. Сукачева осуществляется комплексная программа аэрокосмических исследований лесных ресурсов Сибири. Ученые из Института физики им. Л. В. Киренского разрабатывают методы дистанционной индикации биологической продуктивности водоемов и растительных сообществ суши с целью создания математической модели динамики распределения хлорофилла в биосфере. В Вычислительном центре филиала созданы программы автоматизированной обработки высотных фотографий, которые успешно используются в Институте леса и древесины для тематической классификации лесных территорий.

Результаты аэрокосмических исследований природных ресурсов, проводимых институтами филиала, широко освещались на тематической выставке в Новосибирске во время работы Всесоюзной научной конференции по развитию производительных сил Сибири.

К дистанционным исследованиям подключились сейчас геологи, специалисты сельского хозяйства, гидрологи, метеорологи. Этому способствовало создание при Научном совете крайкома КПСС секции по дистанционным методам исследования, которая координирует работы по использованию материалов аэрокосмического зондирования земной поверхности для решения широкого круга народнохозяйственных задач, связанных с развитием производительных сил края и охраной окружающей среды.

Разработанная в Институте леса и древесины СО АН СССР комплексная программа дистанционных исследований лесных ресурсов выполняется в два этапа. В десятой пятилетке реализована первая часть этой программы, направленная на разработку методических вопросов использования различных видов дистанционных съемок для тематического картирования природных комплексов, инвентаризации лесов, изучения их динамики, состояния и продуктивности.

Проблема рационального использования лесных ресурсов Сибири имеет первостепенное значение. Здесь сосредоточено свыше 60% союзных

запасов древесины, в то время как объем лесопользования составляет лишь 24%. Помимо лесосырьевой функции таежные леса выполняют важную экологическую. От правильной их эксплуатации зависит не только удовлетворение потребностей народного хозяйства в древесине, но и решение таких задач, как повышение продуктивности биосферы, рациональное использование земельных и водных ресурсов, получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, обеспечение благоприятных условий для жизни человека.

Интенсивное освоение таежных территорий, связанное со строительством крупных промышленных комплексов и каскада ГЭС на сибирских реках, привело к резкому увеличению нагрузки на лесные биогеоценозы, что может вызвать необратимое нарушение природного равновесия, ухудшение гидрологического режима рек, развитие процессов почвенной эрозии, заболачивание и другие нежелательные явления. Рациональное лесопользование может осуществляться лишь на базе комплексной экологической оценки лесных территорий, определяющей объем допустимого воздействия человека на таежные ландшафты с учетом народнохозяйственного и средообразующего значения лесов. Эта задача может успешно решаться дистанционными методами.

Программа дистанционных исследований института предусматривает разномасштабное (послойное) изучение и картографирование лесных территорий, опирающееся на космическую информацию, самолетную съемку и наземные исследования. Наличие опытных полигонов с детальным описанием всех природных компонентов позволяет проверять правильность дешифрирования природных объектов и явлений и находить возможность экстраполяции установленных закономерностей и взаимосвязей на сопредельные территории.

Объектами наблюдения из космоса являются природные территориальные комплексы (ПТК) различной величины и сложности. Эти структурные элементы территории рассматриваются как закономерно сложившиеся географические образования, возникшие и развивающиеся в результате взаимодействия основных компонентов природы: атмосферы, вод, растительности, литогенной основы и животных. Для выявления, экологической оценки и классификации ПТК разработан структурно-аналитический метод дешифрирования и интерпретации космических изображений, который позволил провести ландшафтное районирование Западной и Средней Сибири и составить серию разномасштабных ландшафтных карт, являющихся природной основой для различных тематических и ресурсных исследований ПТК тайги.

В институте накоплен опыт составления на ландшафтной основе серии сопряженных разномасштабных тематических карт: типов леса, потенциальной растительности, почвенной, послепожарной динамики лесов, типов условий местообитания, планов лесонасаждений и др. Диапазон дистанционных исследований на ландшафтной основе непрерывно расширяется. Перспективными представляются работы по выявлению, картированию и оценке на ландшафтной основе очагов энтомофагов, определению запасов продовольственных и технических ресурсов, изучению путей миграции промысловых животных, оценке угодий и охотоустройству территорий. Тематические карты составляются при минимальных полевых исследованиях на разных масштабных уровнях, обеспечивающих различную дробность и информативную нагрузку: на уровне ландшафтов, видов местностей, урочищ и фаций.

На ландшафтных принципах дешифрирования аэрокосмических снимков разработаны ландшафтно-статистические методы инвентаризации и комплексного лесохозяйственного картографирования лесов. Их сущность состоит в расчленении территории инвентаризации по материалам высотных съемок на природные территориальные комплексы, в форми-

ровании из них лесохозяйственных участков и таксационных выделов, в их классификации по таксационным показателям, снимаемым непосредственно со снимков, и выявлении средних запасов древесины статистическими способами. Образованные таким образом лесохозяйственные участки и выделы однородны по литогенной основе, фитоценозу, почве и зооценозу. При определении характера и режима лесопользования учитываются экологические особенности каждого природного комплекса, что позволяет провести специализацию лесного хозяйства на различных территориальных уровнях.

Система ландшафтно-статистических методов позволяет составлять лесохозяйственные карты трех видов:

1) уточненные региональные карты лесов и схемы лесоэксплуатационного районирования для перспективного планирования на основе инвентаризации и картографирования ландшафтов;

2) региональные карты лесов на основе картирования природных комплексов в ранге местности для оперативного планирования лесного хозяйства в крупных ПТК;

3) планы лесонасаждений для текущего планирования и ведения лесного хозяйства на основе инвентаризации и картирования урочищ.

Принцип единой системы инвентаризации и картирования лесов прошел опытно-производственную проверку и передан для внедрения в Гослесхоз СССР. Эффективность предлагаемого метода в 2,5 раза выше существующих, а стоимость работ снижается в зависимости от разряда лесостроительства на 25—65%.

На ландшафтно-экологической основе выполнены исследования, связанные с гидроклиматической оценкой лесных территорий. В рамках этой проблемы большую практическую значимость имеют работы по изучению влияния пожаров, вырубки лесов и других антропогенных воздействий на изменение гидроклиматического режима территорий, выявлению роли леса в регулировании накопления и таяния снега. Потребность в этих исследованиях остро ощущается при определении оптимальной лесистости территорий, прогнозировании интенсивности паводкового стока, планировании наиболее целесообразного режима работы крупных ГЭС на Ангаре и Енисее и решении других прикладных задач.

Дифференциация ландшафтов по аэрокосмическим снимкам с учетом гидроклиматических признаков позволила составить карты основных элементов водного баланса средней и южной тайги Западной Сибири. Разработаны методические рекомендации по использованию аэрокосмической фотоинформации для картографирования снеготазов на водосборах и изучения режима жидкого стока в связи с почвенно-растительным покровом и геоморфологическим строением. Оценка гидроклиматических параметров структурных единиц ландшафта имеет существенное значение для определения водорегулирующей роли лесов и степени хозяйственной нагрузки на лесную территорию.

Один из ведущих компонентов таежных территорий — болота и заболоченные леса. Накапливая огромное количество влаги, они имеют большое водорегулирующее значение и оказывают заметное влияние на климат региона.

В связи с проработкой проекта поворота сибирских рек на юг особенно актуальны вопросы экологической оценки болот в общем гидрологическом режиме лесной территории. Интерпретация аэрокосмических снимков дала важную информацию о направлении болотообразовательного процесса и динамике лесоболотных комплексов Западной Сибири, на основе которой разрабатываются общие принципы лесоболотного районирования и оценки роли болот в водном балансе речных водосборов и в

речном стоке. Разработана типологическая классификация и методика картографирования болот и заболоченных лесов на ландшафтной основе с использованием разномасштабных аэрофотоснимков, которые позволили оценить структуру болот на разных таксономических уровнях и выявить регионы, перспективные для проведения гидролесомелиоративных работ.

Важным элементом комплексной оценки лесных территорий служит характеристика почвенного покрова. Изучение лесных земель традиционными методами представляет очень сложную задачу, требующую много сил и средств, которыми лесное хозяйство не располагает в настоящее время.

Лесные почвы являются дефициентными компонентами ландшафта. Поэтому их изучение по материалам высотных съемок возможно лишь на основе индикационного дешифрирования, которое базируется на природных связях почв с другими структурными элементами ПТК, прежде всего с рельефом и растительностью, получающими дифференцированное изображение на снимках.

При изучении почв приенисейской части Сибири установлена четкая приуроченность почвенных образований к определенным территориальным комплексам. Материалы мелкомасштабной космической съемки эффективно используются для обзорного почвенного картирования крупных регионов. Почвенные карты, составляемые по материалам средне- и крупномасштабной съемки на ландшафтной основе, оказались достаточно информативными для широкого использования в лесном хозяйстве.

Большой эффект от использования аэрокосмических средств получен при изучении естественных и антропогенных динамических процессов, протекающих в лесах. Изучены закономерности сезонных циклов, сопряженных с изменением отражательной способности лесных образований и, следовательно, с изменением информативности материалов дистанционной регистрации.

При дистанционных исследованиях о фенологическом состоянии территории можно судить лишь по ее окраске. Поэтому на первом этапе исследований основное внимание уделялось выявлению для отдельных ландшафтов Средней Сибири феноиндикаторов различной степени яркости, которые хорошо отражались бы на аэрокосмических снимках. Число феноиндикаторов и обилие информации, которую они несут, зависит от многообразия морфологических элементов территории и структуры растительного покрова. На основе метода феноиндикаторов и представления о синхронном развитии совместно произрастающих растений разработаны принципы составления по материалам дистанционных съемок оперативных фенологических карт, включающих элементы прогноза различной длительности. Информация этих карт может иметь универсальное значение или быть узкоспециализированной.

Знание сезонной динамики природных комплексов крайне необходимо для сбора целевой информации о продуктивности и состоянии лесных экосистем, оценки биомассы и прогнозирования урожайности лесных растений. Фенологические индикаторы можно использовать для прогнозирования оптимальных сроков проведения лесохозяйственных работ и сроков созревания зерновых культур, что делает реальным оперативное маневрирование людскими ресурсами и техникой на уборке урожая.

Дистанционные методы положили начало качественно новому этапу в решении проблемы охраны таежных лесов от пожаров. За последние 15 лет ассигнования на охрану лесов от пожаров увеличились в 4 раза, возросла численность подразделений лесопожарной службы, их техническая оснащенность. Однако эти меры не привели к резкому снижению повреждаемости лесов огнем, что связано с отсутствием надежного контроля за лесной территорией. Существующие методы охраны лесов от пожаров имеют ограниченные возможности. Авиапатрулирование осуществ-

ляется тихоходными самолетами Ан-2, разведка пожара осуществляется визуально. Большая площадь тайги вообще не охватывается контролем. При крупных пожарах и интенсивном задымлении территории противопожарная служба оказывается практически парализованной. Дистанционное зондирование подстилающей поверхности с летательных аппаратов использовано для решения трех ключевых лесопожарных задач:

1) наблюдение за сходом снежного покрова, влажностью горючих материалов в лесу и нарастанием пожарной опасности обширных территорий;

2) обнаружение и оценка параметров лесных пожаров при любом состоянии атмосферы;

3) прогнозирование распространения огня по элементам лесного ландшафта.

С помощью самолетной съемки установлена тесная корреляция радиояркостных температур лесного ландшафта с уровнем грунтовых вод и влагосодержанием напочвенного покрова, являющихся показателями пожарной зрелости лесной территории. Эта информация положена в основу составления оперативных карт пожарной опасности таежных лесов.

Для обнаружения и картирования лесных пожаров использована сканерная съемка инфракрасной системой в диапазоне 8—14 мкм. Она дает возможность обнаружить горящую кромку пожара сквозь дым и полог леса, оценить интенсивность горения и выделить различные очаги внутри крупных контуров пожара. Математические модели распространения горения по элементам лесного ландшафта позволяют с помощью ЭВМ получать прогнозные данные, необходимые для принятия тактических решений.

На основе этих разработок создается бортовая автоматизированная система «Прогноз». Она предусматривает получение данных о текущей пожарной опасности территории и параметрах возникших пожаров, предварительный их анализ на борту самолета и передачу по радиоканалам на диспетчерский пункт лесоохраны. Там они вводятся в ЭВМ, с помощью которой намечаются оптимальные варианты авиапатрулирования, прогнозируется распространение пожара и принимается решение о тактике и стратегии борьбы с огнем.

Система «Прогноз» на базе самолета Ту-134 или Ан-30 способна заменить 10—12 самолетов Ан-2, используемых сегодня в лесоохране.

В таежной зоне Сибири пожары оказывают постоянное и мощное воздействие на процессы разрушения, восстановления и формирования лесов. Периодически повторяясь на одной и той же территории, они существенно влияют на породный состав лесов и их возрастную структуру, определяя в конечном итоге направление лесообразовательного процесса в пределах крупных таежных регионов. Поэтому анализ послепожарной динамики лесов очень важен для обоснования общих принципов ведения лесного хозяйства в таежной зоне.

В институте разработана методика картирования послепожарной динамики лесов на ландшафтном основании. Установлено, что послепожарные стадии растительности имеют четко выраженные физиономические (морфоструктурные) различия, что особенно важно для их выделения на аэрокосмических снимках. Детальность изучения и круг решаемых задач при дистанционном выявлении и картировании послепожарной динамики лесов зависят от масштаба аэрокосмической съемки. На крупномасштабных снимках определение послепожарных стадий может быть использовано для оценки динамики сообществ в таксационном плане и организации хозяйства по секциям с учетом динамических процессов. При использовании карт мелкого масштаба возможны ландшафтно-экологическая оценка роли пожаров в формировании лесов, районирование таежных территорий по

степени их потенциальной повреждаемости пожарами и пожароустойчивости, планирование лесоводственных и противопожарных мероприятий с учетом восстановительно-возрастных послепожарных смен.

Одной из практически важных задач, решаемых с привлечением спектральной съемки, является оценка послепожарного состояния насаждений. Этот метод прошел опытно-производственную проверку и передан в Гослесхоз СССР для внедрения. Расчеты технико-экономической эффективности показали, что спектральная съемка обеспечивает снижение затрат при определении ущерба от пожаров по сравнению с наземными методами в 20 раз, а стоимости работ — более чем в 4 раза.

Важное значение для практики лесного хозяйства имеет разработанная в институте система учета, надзора и прогнозирования массового размножения вредителей леса с использованием современных средств получения информации. Особенностью защиты таежных лесов от насекомых-вредителей, которые наносят лесному хозяйству большой ущерб, является необходимость контролировать их активность на громадных территориях. Решение этих задач невозможно с использованием только наземных обследований. Наиболее эффективными для этих целей оказываются методы дистанционной регистрации состояния лесных экосистем по изменению спектральной яркости поврежденных деревьев. Аэрокосмические методы дают возможность выделения природных территориальных комплексов, наиболее благоприятных для возникновения очагов массового размножения хозяйственно опасных видов насекомых. По материалам анализа структур таких комплексов возможно составление прогнозных карт активности вредителей, что резко сокращает объем наземных обследований.

В настоящее время в практике надзора за вредителями леса аэрокосмическая съемка практически не используется. Без объективных данных аэросъемки наземные обследования часто оказываются малоэффективными. Разработанный в институте ландшафтно-ключевой метод контроля численности сибирского шелкопряда обеспечивает своевременное обнаружение очагов массового размножения этого наиболее опасного вредителя таежных лесов.

Предложенная технология лесозащитно-биологических обследований с использованием аэрокосмических снимков снижает объем наземных работ в 2—3 раза, а их стоимость в 5—6 раз. Дальнейшее совершенствование этого метода надзора применительно к другим видам вредителей леса и его широкое внедрение в практику позволят существенно улучшить состояние защиты лесов Сибири.

Приведенные примеры не исчерпывают всего многообразия лесобиологических задач, которые решались в десятой пятилетке с помощью аэрокосмических средств. Дистанционная информация эффективно использовалась для выделения и бонитировки охотничьих угодий, изучения морфологической структуры и продуктивности древостоев, контроля за использованием лесного фонда заготовительными организациями. Проведены работы по автоматизации процесса дешифрирования аэрокосмических снимков.

Отмечая достигнутые результаты, следует сказать и о трудностях в развитии дистанционных исследований природных ресурсов. Быстрое использование различных видов высотных съемок сдерживается из-за отсутствия автоматизированных комплексов для обработки изображений, особенно периферийных устройств. Осваиваемая с помощью трудоемких ручных методов незначительная часть аэрокосмической фотографии не обеспечивает потребностей решения сложных задач дешифрирования природных объектов и не позволяет осуществлять в широких масштабах контроль динамических природных процессов на огромных таежных пространствах.

Программа второго этапа аэрокосмических исследований природных ресурсов и явлений (1981—1985 гг.) направлена на дальнейшее развитие и использование дистанционных методов для решения фундаментальных и научно-прикладных задач лесобиологической науки.

В области фундаментальных исследований будет разрабатываться проблема взаимодействия электромагнитного излучения с растительным покровом с целью математического моделирования этого процесса. В качестве одной из важнейших задач рассматривается разработка научно-методических основ и принципов автоматизированной обработки аэрокосмической информации для решения вопросов тематического картирования и классификации лесных территорий.

Особое внимание уделяется созданию аэрокосмического мониторинга за состоянием и рациональным использованием лесных ресурсов. В частности, предусматривается разработать методические приемы использования высотных снимков и самолетных измерений для оценки реакции лесной растительности на загрязнение промышленными выбросами, определения характера и масштабов воздействия на леса рекреационных нагрузок, контроля за рациональным использованием лесосечного фонда. Ключевой целью этих исследований является выдача потребителям диагнозов состояния природных территориальных комплексов по текущим значениям спутниковой и самолетной информации.

С Всесоюзным объединением «Леспроект» заключен договор на внедрение в практику лесоустройства разрабатываемых в институте новых методов изучения лесов. Главная задача совместных работ заключается в составлении серии ресурсных и тематических карт Ангаро-Енисейского региона и некоторых районов Западной Сибири, где в одиннадцатой пятилетке планируется интенсивное развитие производительных сил. Эти материалы будут положены в основу создания перспективных программ освоения лесных ресурсов, совершенствования территориального планирования, организации и ведения лесного хозяйства, оптимизации размещения лесозаготовок с учетом народнохозяйственного и средообразующего значения лесов.

**И. А. ТЕРСКОВ, А. Ф. СИДЬКО, В. И. СОКОЛОВ,
В. С. ФИЛИМОНОВ**

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЯРКОСТИ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ

Изучение спектральной яркости — одной из основных оптических характеристик растительных покровов суши — имеет большое практическое значение для разработки методов и аппаратуры дистанционного контроля за состоянием растительных сообществ и прогнозирования их биологической продуктивности [Кондратьев, Федченко, 1980а, б; Сидько Ф. Я., Апопасенко и др., 1980; Сидько Ф. Я., Соколов и др., 1980; Сидько А. Ф. и др., 1978, 1979; Фу и др., 1969].

Весьма существенным представляется анализ возможности определения оптическими дистанционными методами (в первую очередь, путем изучения спектрального состава и интенсивности света, отраженного растениями) видового состава, физиологического состояния и биологической продуктивности растительных ценозов суши. На первом этапе этих работ представлялось целесообразным установить наиболее информативные

области спектра яркости растительных покровов, благоприятное для их спектрофотометрирования время суток, влияние на спектральную яркость растительных объектов условий освещения. С 1976 г. нами проводятся исследования спектральных коэффициентов яркости (СКЯ) растительных покровов, коэффициентов пропускания и отражения и индикатрис рассеяния отдельных фитоэлементов. На протяжении нескольких лет на территории центральных и южных районов Красноярского края и Тувинской АССР изучалась спектральная отражательная способность листовых и хвойных древостоев, кустарников, посевов сельскохозяйственных культур и травяных покровов.

В данной статье рассматриваются некоторые результаты исследований спектральной отражательной способности посевов пшеницы как наиболее важной зерновой культуры и некоторых видов древесных сообществ. Регистрация спектров яркости сельскохозяйственных посевов и древостоев осуществлялась с помощью полевого дифференциального спектрофотометра (ЦДСФ), устанавливаемого в приборном отделении передвижной оптической лаборатории, созданной на базе автомобиля ГАЗ-66. Использование передвижной оптической лаборатории обеспечивает возможность проведения спектральных исследований растительных ценозов, расположенных на значительном удалении друг от друга, а также практически одновременное получение спектров яркости многочисленных объектов, расположенных на небольшой территории. Последнее обстоятельство, как будет показано далее, имеет большое значение для обработки получаемой информации.

Для изучения связи спектральных коэффициентов яркости растений, определяемых отношением

$$\rho_{\lambda} = \frac{B_{\lambda}}{B_{\lambda_0}}$$

(B_{λ_0} и B_{λ} — яркости эталонной горизонтально расположенной идеально отражающей поверхности и исследуемого объекта соответственно), с их биологической продуктивностью было выбрано три поля пшеницы сорта «Скала» с предположительно различной урожайностью в учебном хозяйстве «Миндерлинское» Красноярского сельскохозяйственного института. Данные поля спектрофотометрировались в среднем 2—3 раза в неделю. Число спектральных кривых, получаемых при каждом спектрофотометрировании одного поля, составляло 20—30. На основе полученных данных рассчитывался средний спектр яркости данного поля. Такой статистический подход был вызван необходимостью устранения влияния неоднородности посева по всему полю, вызванной различными причинами (неравномерное внесение удобрений, различная влажность отдельных участков поля, разная плотность посева и т. д.). Коэффициенты вариации для разных полей составили при этом 10—12%. Спектры яркости записывались в период с 11 до 15 ч, когда влияние высоты стояния солнца на спектры яркости растений минимально. Спектрофотометрирование участков посева проводилось каждый раз с одних и тех же точек поля, при этом угол между направлением визирования рабочего объектива ПДСФ и горизонтом составлял 25—60°.

Спектрально-отражательную способность пшеницы на одном из полей в начале ее развития — во второй декаде июня — показывает кривая 3 на рис. 1. Растения имеют ярко-зеленую окраску, колос у них отсутствует. По мере развития растений в них накапливается хлорофилл, каротиноиды и другие фотоактивные пигменты. Вследствие этого яркость растений в областях спектра 400—520 и 650—700 нм по сравнению с начальным этапом развития уменьшается, а в области спектра 540—560 нм увеличивается (кривая 2 на рис. 1). В процессе дальнейшего развития растений спектральная яркость во всех областях постепенно возрастает (кривые 1, 4

на рис. 1). Однако вместе с общим увеличением яркости происходит более быстрое увеличение яркости в спектральной области с длинами 620—720 нм, что обусловлено уменьшением содержания хлорофилла в растениях. В этот период листья растений начинают желтеть, у растений развивается колос, который тоже постепенно желтеет. В завершающей фазе развития растения полностью пожелтели, в колосе налилось зерно, хлорофилл почти полностью отсутствует (незначительные следы пигмента). Спектральная яркость растений в этот период характеризуется кривой 5 на рис. 1.

На рис. 2 представлена с указанием интервалов достоверности сезонная динамика нескольких коэффициентов спектральной яркости растений пшеницы для полей с различной урожайностью. Между значениями СКЯ растений с разных полей существуют различия, причем начиная с середины периода вегетации они становятся достоверными (с уровнем значимости $p = 0,95$). Этого не происходит для значений СКЯ в области спектра с длиной волны $\lambda = 800$ нм, что обусловлено влиянием на величину СКЯ в данной спектральной области влаги, присутствующей в растениях, содержание которой подвержено значительным колебаниям на протяжении всего периода вегетации.

В поисках количественной зависимости между спектральными коэффициентами яркости растений и их биологической продуктивностью мы ввели в рассмотрение параметр $S = \sum \Delta\rho \cdot h \cdot \Delta t$, где $\Delta\rho = \rho_{550} - \rho_{680}$ — разность СКЯ на длинах волн 550 и 680 нм; h — полуширина спектральной полосы поглощения хлорофилла ($\lambda = 550 \div 730$) нм с максимумом поглощения на длине волны $\lambda = 680$ нм; Δt — временной интервал суммирования. Данный параметр S характеризует потенциальную возможность растений поглощать за некоторый временной интервал определенную порцию солнечной радиации в спектральной области с длинами волн 550 \div 730 нм. Проследившая изменение величины данного интегрального

параметра для разных полей на протяжении периода вегетации, мы обнаружили наличие определенной связи этого параметра с урожайностью растений. Эта связь характеризуется пропорциональной зави-

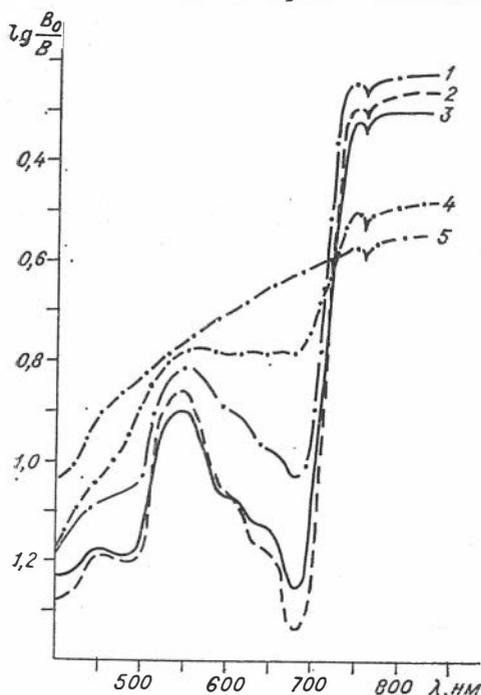


Рис. 1. Спектры яркости пшеницы в первой половине июня (3), в начале (2) и конце июля (1), в начале (4) и конце августа (5).

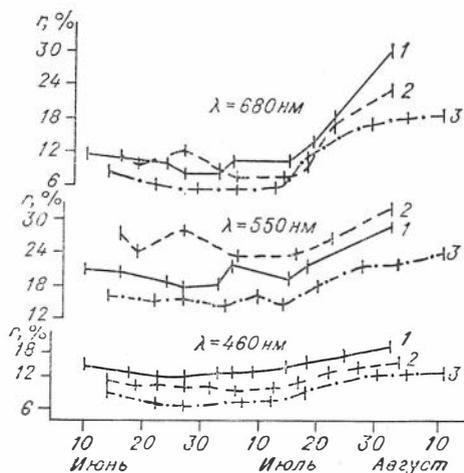
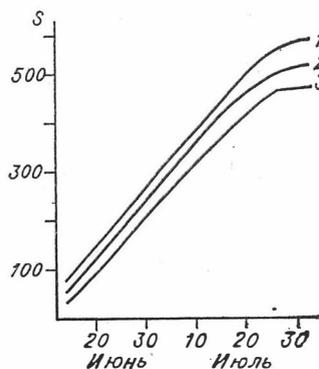


Рис. 2. Сезонное изменение спектральных коэффициентов яркости пшеницы на поле с урожайностью 15,3 ц/га (1); 17,1 (2) и 21,1 ц/га (3).

Рис. 3. Сезонное изменение параметра S для посевов пшеницы на поле с урожайностью 15,3 ц/га (3); 17,1 (2) и 21,2 ц/га (1).



симостью между величиной параметра S и урожайностью поля (рис. 3). Кривые $S = S(t)$ по характеру зависимости можно условно разбить на участок линейной зависимости S от времени и участок насыщения, когда значения параметра S выходят на постоянный уровень. Это объясняется изменением во времени величины произведения $\Delta\rho \cdot h$, которая показывает уровень селективного поглощения хлорофилла в спектральной области 550—730 нм. При возрастании светопоглощательной способности растений (за счет накопления хлорофилла) значения произведения $\Delta\rho \cdot h$ пропорционально возрастают, что и обуславливает линейный характер зависимости от времени параметра S . На завершающей стадии вегетации хлорофилл в растениях начинает интенсивно разрушаться, что приводит к быстрому уменьшению поглощения солнечной радиации в спектральной области 550—730 нм. Это отражается на величине произведения $\Delta\rho \cdot h$, которое также быстро уменьшается. Этому моменту соответствует участок изменения характера зависимости $S = S(t)$. В дальнейшем, после почти полного исчезновения хлорофилла из растений, селективное светопоглощение растений в спектральной области 550—730 нм отсутствует — величина S остается практически неизменной.

Таким образом, анализ экспериментального материала показывает определенную связь спектрофотометрических характеристик растений с их физиологическим состоянием на протяжении вегетационного периода и с их биологической продуктивностью. Используя интегральный параметр S для слежения за состоянием растений, можно оценивать потенциальную продуктивность посевов и устанавливать с большой точностью момент наступления зрелости растений. В параметр S вместо Δt может быть введена величина энергии солнечной радиации, приходящей к посеву растений в спектральной области 550—730 нм за данный временной интервал Δt . Однако вследствие того, что поля находились сравнительно близко друг от друга и поэтому влиянием облачности на освещенность полей можно было пренебречь, мы ограничились суммированием по временным интервалам Δt .

Основными объектами изучения спектральной отражательной способности лесных ценозов являлись береза, осина, сосна, ель, кустарниковые фации. С целью выявления наиболее информативных диапазонов спектра в области ФАР и определения наибольших спектральных контрастов, характерных для хвойных и лиственных пород леса, нами исследовалась динамика сезонных изменений спектральных коэффициентов яркости в период активной вегетации этих пород леса (май — октябрь). Параллельно с исследованием спектральной яркости хвойных и лиственных древостоев в период вегетации для более детального суждения о динамике сезонных изменений оптических свойств древесных пород, связанных с изменением содержания пигментов, проводились измерения спектральной отражательной способности свежесрезанных ветвей и отдельных фитоэлементов (листьев, хвои) с помощью спектрофотометра СФ-14 с интегрирующей сферой. Исследования спектрофотометрических характеристик лесных сообществ показали, что сезонные изменения спектральной яркости хвойных и лиственных пород леса в активный период вегетации можно разделить на три периода: весенний, летний и осенний.

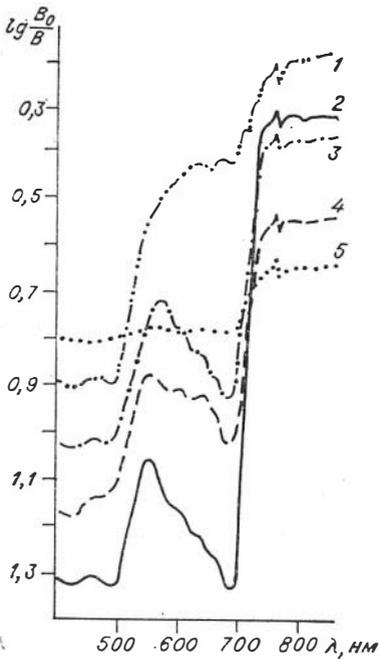


Рис. 4. Спектры яркости березы в первой декаде мая (5), в последней декаде мая (4), во второй декаде июня (2), в последней декаде августа (3) и во второй декаде сентября (1).

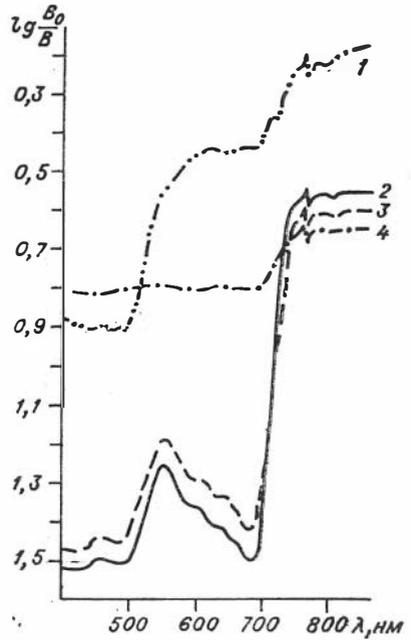
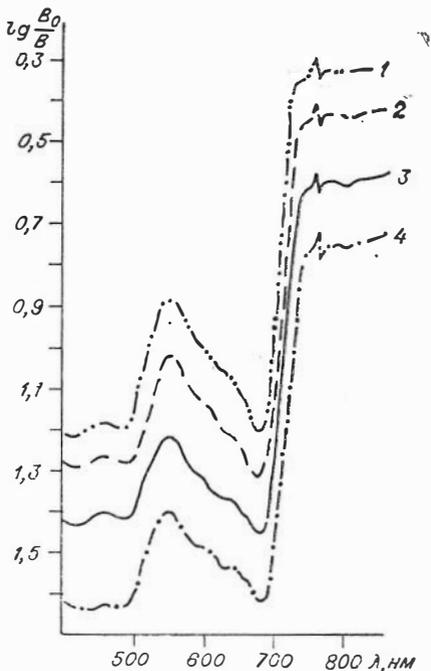


Рис. 5. Спектры яркости сосны в первой декаде мая (3) и во второй декаде июня (2) и спектры яркости березы в конце мая (4) и в последней декаде сентября (1).

Начальный период вегетации (первая половина мая) характеризуется наличием почек и отсутствием распутившейся листвы у деревьев, кривые спектральной яркости имеют сглаженную форму, полосы поглощения фотоактивных пигментов отсутствуют (кривая 5 на рис. 4). Отражательная способность листовых пород деревьев в ранний период вегетации определяется оптическими свойствами коры ветвей и стволов деревьев. Разность значений коэффициентов яркости (Δr_{ik}) для изученных листовых лесов в области длин волн 400—800 нм не превышает 6—7%. Для хвойных пород (сосна, ель) весенний период характеризуется процессом накопления хлорофилла и началом прироста молодых побегов, ветвей и хвои (кривая 3 на рис. 5). На кривой четко просматриваются полосы поглощения пигментов в области 400—500 и 680—690 нм. Максимумы отражения приходятся на области спектра с $\lambda = 550$ нм и $\lambda = 800$ нм. По мере распускания листа (последняя декада мая) у листовых пород деревьев начинает изменяться форма спектральной кривой (кривая 4 на рис. 5), что обусловлено резким увеличением поглощения света в области спектра 550—730 нм из-за интенсивного роста листьев и накопления в них фотоактивных пигментов (хлорофилла, каротиноидов, ксантофиллов и др.). В этот период вегетации растения имеют светло-зеленую окраску, которая по мере развития листа сменяется на зеленую. В летний период вегетации по мере накопления пигментов в фитоэлементах растений уменьшаются различия между СКЯ хвойных и листовых пород деревьев. Спектральные коэффициенты яркости хвойных и листовых пород достигают минимальных значений, которые остаются примерно на одном уровне вплоть до последней декады августа. Поскольку содержание хлорофилла на единицу площади у хвои примерно в 3 раза выше, чем у листа ($C_{хл}$

Рис. 6. Спектры яркости березы (1), осины (2), сосны (3) и ели (4) в середине июля.



березы = 2,5 мг/дм², $C_{\text{хл}}$ сосны = 8,4 мг/дм², то спектральная яркость хвойных древостоев в летний период ниже, чем лиственных (рис. 6). Спектры яркости древостоев в летний период описываются одинаковыми по форме кривыми, различающимися только по абсолютным значениям. Для фитозлементов древостоев всех пород в видимой области спектра в поздний весенний и летний период развития максимумы яркости находятся в зеленой ($\lambda = 550$ нм) и длинноволновой области ($\lambda = 750$ нм), а минимумы — в областях полос поглощения хлорофилла и каротиноидов ($\lambda = 400 - 500$ нм и $\lambda = 680$ нм). В осенний период (конец августа — сентябрь), когда завершается процесс вегетации у лиственных пород деревьев, происходит резкое изменение яркостных контрастов у лесных ландшафтов. Для кривых спектральной яркости лиственных древостоев в данный период развития характерно монотонное возрастание величин СКЯ от коротковолновой области спектра к длинноволновой, отсутствие полосы поглощения в области спектра с длиной волны $\lambda = 680$ нм (кривая 1 на рис. 4).

Отношения средних значений спектральных коэффициентов яркости лиственных и хвойных древостоев ($U_{\lambda} = \rho_{\lambda \text{листвы}} / \rho_{\lambda \text{хвои}}$) в областях экстремальных точек спектральных кривых $\rho_{\lambda}(\lambda = 460, 550, 680$ и 800 нм) для весеннего, летнего и осеннего периода развития принимают следующие значения:

	U_{800}	U_{680}	U_{550}	U_{460}
Весна	0,85	5,00	2,30	4,90
Лето	2,20	2,70	2,10	2,00
Осень	3,00	8,50	4,70	3,70

Анализ СКЯ хвойных и лиственных пород деревьев в процессе активной вегетации показывает, что наибольшие различия оптических свойств, связанные с физиологическими и фенологическими особенностями развития этих пород, наблюдаются в осенний период. По спектральной яркости лесных ценозов представляется возможным судить об их физиологическом состоянии и определять виды однородных лесов. Полученные данные могут быть положены в основу разработки метода дистанционного определения видового состава смешанных лесных ценозов.

ЛИТЕРАТУРА

- Кондратьев К. Я., Федченко П. П. Опыт распознавания некоторых сельскохозяйственных культур по их спектрам отражения. — Исследование Земли из космоса, 1980а, № 5, с. 50—55.
- Кондратьев К. Я., Федченко П. П. Дневной ход спектральной отражательной способности растительности и почв. — Исследование Земли из космоса, 1980б, № 3, с. 40—47.
- Сидько А. Ф., Филимонов В. С., Сидько Ф. Я. и др. Полевой двухлучевой дифференциальный спектрофотометр. — Ж. прикладной спектроскопии, 1978, т. 29, вып. 5, с. 943—948.

- Сидько А. Ф., Филимонов В. С., Соколов В. И. Сравнительное изучение спектральной яркости посевов пшеницы в лабораторных и полевых условиях. — Изв. СО АН СССР, 1979, № 15. Сер. биол. наук, вып. 3, с. 86—90.
- Сидько Ф. Я., Апонасенко А. Д., Филимонов В. С. и др. Оптические методы изучения растительных ценозов суши и моря. — Исследование Земли из космоса, 1980, № 3, с. 41—50.
- Сидько Ф. Я., Соколов В. И., Сидько А. Ф., Филимонов В. С. Изучение спектральной яркости некоторых сельскохозяйственных культур. — Изв. СО АН СССР, 1980, № 5. Сер. биол. наук, вып. 1, с. 103—108.
- Фу К. З., Ландгребе Д. А., Филиппе Т. Л. Информационная обработка сельскохозяйственных данных, полученных путем дистанционных измерений. — Труды ИИЭР, вып. 57, № 4. М.: Мпр, 1969, с. 300—315.

Ф. Я. СИДЬКО, А. Д. АПОНАСЕНКО, Н. А. ФРАНК,
В. А. СИЛКИН, Л. А. ШУР, А. Ф. СИДЬКО

ГИДРООПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (Японское море)

Важными характеристиками фитопланктона водоемов являются концентрация и пространственное распределение хлорофилла водорослей. По содержанию хлорофилла можно оценить биомассу [Винберг, 1960; и др.] и продуктивность фитопланктона. Из-за циркумконтинентальной зональности распределения в прибрежных районах Мирового океана наблюдаются наиболее высокие значения его концентрации и продуктивности. На эти же районы в большой мере оказывает влияние производственная деятельность человека. Для оценки этого влияния очень важно иметь информацию о всей гидробиологической картине этих регионов и о динамике ее изменения. Такую информацию можно получить при использовании оперативных дистанционных и экспрессных безэкстрактных гидрооптических методов и аппаратуры.

Настоящая статья посвящена комплексному изучению пространственного распределения хлорофилла фитопланктона залива Петра Великого. Работы выполнялись с 3 по 18 сентября 1977 г. с использованием полевого дифференциального спектрофотометра ПДСФ [Сидько и др., 1978], дифференциального спектрофотометра для гидрооптических исследований ДСФГ [Апонасенко и др., 1976], погружаемого флуориметра ПФл-2 [Франк и др., 1979], позволяющих безэкстрактными методами определять пространственное распределение хлорофилла в акваториях.

В заливах Петра Великого, Амурском, Уссурийском, Посыета организовано 35 станций. На каждой станции определялись спектральная яркость водной поверхности (B), условная прозрачность по стандартному белому диску (T), вертикальное распределение хлорофилла фитопланктона ($C_{хл}$) (по интенсивности фотолуминесценции хлорофилла, регистрируемой погружаемым флуориметром ПФл-2), температура поверхностного слоя воды (t°) и др. С горизонтов с минимальными и максимальными концентрациями хлорофилла 5-литровым батометром отбирались пробы воды, в которых безэкстрактным абсорбционным методом на ДСФГ определялась концентрация хлорофилла фитопланктона; записывались также спектры ослабления воды.

Периодически для контроля из некоторых проб фитопланктона экстрагировались пигменты и по стандартной методике определялись их состав и концентрация. Между станциями на ходу судна записывалась спектральная яркость моря и через 2—4 мили отбирались пробы воды с поверхности для спектрофотометрирования. Прибрежная часть залива Петра

Рис. 1. Спектры ослабления поверхностного слоя воды. Здесь и далее цифры у кривых указывают номер станции.

Великого имеет небольшие глубины, температура поверхностного слоя воды 19—22°C, условная прозрачность воды T достигает 5—8 м и возрастает до 20 м и более при выходе в открытое море.

На рис. 1,2 показаны спектры ослабления воды и спектральная яркость поверхности моря. Морская вода содержит значительные концентрации взвешенных частиц, в том числе больших гидрозольных частиц биологического и терригенного происхождения. Максимум яркости находится в области 520—550 нм. При возрастании прозрачности воды максимум яркости смещается в коротковолновую область (400—450 нм). Поверхностное содержание хлорофилла не всегда соответствует его подповерхностному. Коэффициент линейной корреляции между этими величинами меньше 0,1. Это объясняется прежде всего разницей глубин прибрежных и открытых районов залива и особенностями вертикального распределения хлорофилла фитопланктона (рис. 3). В мелководных районах при высоком поверхностном содержании фитопланктона кривые его вертикального распределения имеют узкие области максимума, находящегося на глубине 10—15 м. Для открытых районов кривые вертикального распределения фитопланктона имеют широкий максимум на глубине 50—60 м. Хотя поверхностная концентрация хлорофилла для значительной части открытых районов ниже, чем для мелководных прибрежных, однако из-за больших глубин подповерхностное содержание фитопланктона в этих открытых районах нередко более высокое, чем в прибрежных.

Неравномерность распределения фитопланктона по заливу, по-видимому, связана в большей степени с типологией вод. Воды мелководного залива Петра Великого делятся на три подтипа: эстуарные, прибрежные

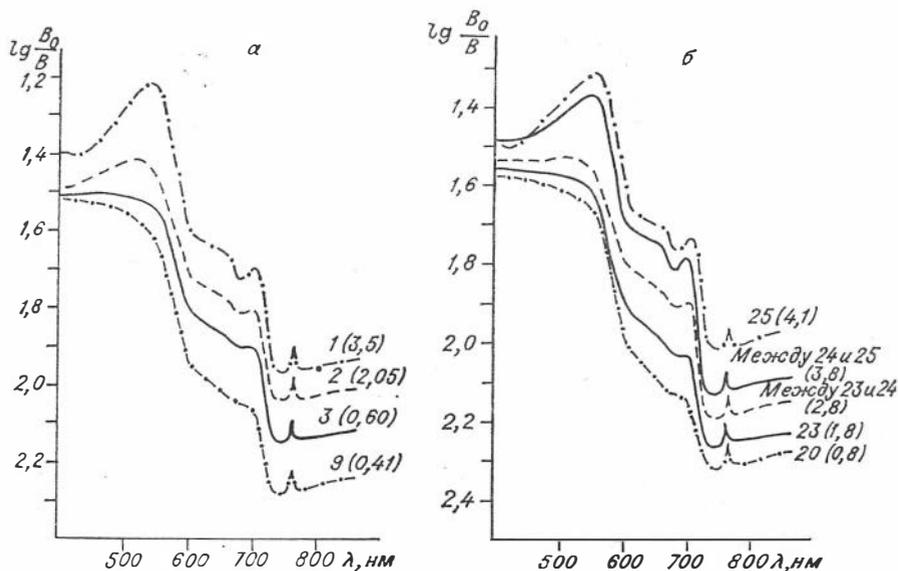
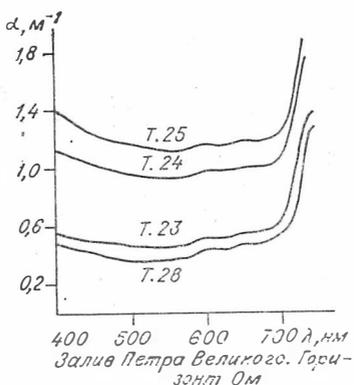


Рис. 2. Спектры яркости водной поверхности в районе пролива Старка (а) и в заливе Посьета (б). В скобках у номера станции указана поверхностная концентрация хлорофилла в $\text{мг}/\text{м}^3$.

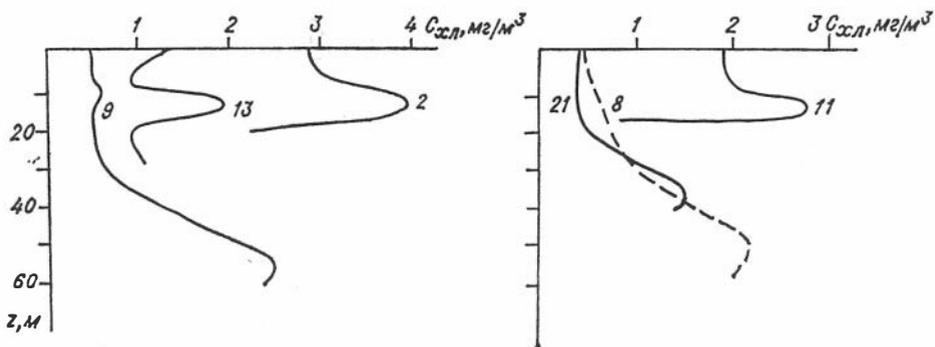


Рис. 3. Кривые вертикального распределения хлорофилла фитопланктона. Цифры у кривых — номера станций.

поверхностные и подповерхностные. Подповерхностное содержание биомассы фитопланктона по заливу колеблется от 0,2 до 18 г/м². Низкие концентрации фитопланктона вдоль западного побережья Амурского залива (0,2—0,9 г/м²) вызваны взаимодействием эстуарных и прибрежных поверхностных вод, которое приводит к колебаниям солености и температуры. Под влиянием этих факторов создаются неблагоприятные условия продуцирования. Наиболее продуктивной является центральная часть залива (2—6 г/м²). Такая же картина наблюдается в центральной части Уссурийского залива, только с более высокой концентрацией фитопланктона (8—18 г/м²). Основными видами в планктоне этих заливов были диатомовые *Chaetoceros* sp., *Acterionella japonica*, *Navicula* sp., *Nitzschia* sp. с небольшим дополнением перидиниевых *Ceratium fusus*, *Ceratium* sp., *Dinophysis* sp., *Peridinium* sp. и др. и мелкие формы этого типа водорослей.

Залив Посыета несколько отличается от двух предыдущих. Здесь по акватории всего залива фитопланктон распределяется равномерно (от 2 до 5 г/м²). Такая равномерность, очевидно, связана с небольшими колебаниями температуры (19—20°C). Большое влияние на содержание фитопланктона оказывает величина эвфотического слоя, которая зависит от прозрачности. Низкие концентрации фитопланктона в единице объема (0,05—0,12 г/м³) при большой прозрачности (14—20 м и более), повышенная концентрация фитопланктона (0,2—0,25 г/м³) при низкой прозрачности (5—10 м) создают относительную равномерность распределения фитопланктона под единицей поверхности. В фитопланктоне преобладали виды: *Chaetoceros* sp., *Asterionella japonica*, *Skeletonema* sp., *Leptocylindrus*, *Ceratium fusus*, *Ceratium* sp., *Dinophysis* sp., *Peridinium* sp. и др. На величину биомассы залива Посыета большее влияние оказывали перидиниевые, которые в связи с крупными размерами при небольшой численности дают значительный общий вес.

Результаты исследований фитопланктона залива Петра Великого позволяют сделать следующие выводы.

1. Оптические характеристики воды (спектральная яркость поверхности моря, показатель спектрального ослабления) существенно зависят как от удаленности от берега, так и от глубины моря.

2. В мелководных и прибрежных районах поверхностное распределение хлорофилла не всегда отображает подповерхностное.

3. Содержание хлорофилла фитопланктона в заливе Петра Великого изменяется от 0,2 до 3 мг/м³ в поверхностном слое воды и от 10 до 100 мг/м² в подповерхностном, что позволяет отнести этот район к эвтрофному.

4. На распределении хлорофилла и биомассы водорослей в большой степени сказывается типология вод. Низкопродуктивны эстуарные и от-

крытые районы залива ($0,2-1 \text{ г/м}^2$), более продуктивны — центральные части Амурского и Уссурийского заливов ($8-18 \text{ г/м}^2$).

5. Применение оптических дистанционных и безэкстрактных (абсорбционных и люминесцентных) методов позволяет в течение непродолжительного времени исследовать горизонтальное и вертикальное распределение хлорофилла фитофлоры на значительной акватории.

ЛИТЕРАТУРА

- Апонасенко А. Д., Франк Н. А., Сидько Ф. Я. Спектрофотометр для гидрооптических исследований.— *Океанология*, 1976, т. XVI, № 5, с. 924—927.
- Вийберг П. Г. Первичная продукция водоемов. Минск, 1960. 329 с.
- Сидько А. Ф., Филимонов В. С., Сидько Ф. Я., Рубцов И. Д. Полевой двухлучевой дифференциальный спектрофотометр.— *Ж. прикладной спектроскопии*, 1978, т. 29, вып. 5, с. 943—948.
- Франк Н. А., Сидько Ф. Я., Луканев А. В., Апонасенко А. Д. Погружные одно- и двухлучевые флуориметры ПФЛ-1, ПФЛ-2.— В кн.: *Оптические методы изучения океанов и внутренних водоемов*. Новосибирск: Наука, 1979, с. 300—303.

С. Н. БЕЛОВ, Л. Г. ВАРТАПЕТОВ, В. В. НИКОЛАЕВ,
Ю. С. РАВКИН, С. М. ЦЫБУЛИН, В. И. ШАДРИНА, Б. С. ЮДИН

ОХОТНИЧЬЕ-ПРОМЫСЛОВЫЕ РЕСУРСЫ И ОСОБЕННОСТИ ЖИВОТНОГО НАСЕЛЕНИЯ (на примере Среднего Приобья)

Аэрокосмические методы изучения природных ресурсов в настоящее время широко применяются в ландшафтоведении, геоботанике, лесоведении и в ряде других отраслей науки и народного хозяйства. Эти методы имеют ряд неоспоримых преимуществ. За счет одновременного охвата обширных территорий с помощью аэро- и космической съемки можно сократить объем, а следовательно, и стоимость наземных работ, проводимых для учета природных ресурсов. Сопоставление аэро- и космических снимков, тематических карт (геоморфологических, лесоустроительных, геоботанических и др.) и результатов наземного обследования позволяет выявить индикаторные признаки природных комплексов и опознавать их на снимках. Выявленные связи между неоднородностью географической среды и распределением животных позволяют в свою очередь проводить вторичное зоогеографическое дешифрирование аэрокосмических снимков и экстраполировать результаты учета животных с типичных (ключевых) участков на большие территории.

Аэрокосмическая информация в сочетании с данными наземных и авиаучетов дает возможность зафиксировать современное состояние и размещение животных ресурсов и проследить их дальнейшие изменения, связанные с естественной и антропогенной трансформацией местообитаний. Большая часть таких изменений определяется сменой конфигурации, соотношения площадей и всей пространственной структуры природных комплексов и потому может считываться с аэрокосмических снимков. Следовательно, при организации экологического, в частности зоологического, мониторинга их использование весьма перспективно.

Подобная работа проведена нами в среднетаежном Приобье. Для оценки ресурсов населения позвоночных использована карта групп типов рельефа и количественная характеристика площадей, занимаемых основными лесообразующими породами. Карта составлена сотрудниками лаборатории лесоведения Института леса и древесины и лаборатории четвертичной геологии Института геологии и геофизики СО АН СССР на основе аэро-

Численность и распределение диких копытных животных по основным группам типов рельефа среднетаежного Приобья зимой 1979 г.

Группа типов рельефа	Протяженность маршрута, км	Площадь учета, км ²	Лось		Северный олень	
			Групп следов на 100 км маршрута	Особей на 100 км ²	Групп следов на 100 км маршрута	Особей на 100 км ²
Пойма Оби	307,6	153,8	2	1	—	—
Озерно-ингрессионная терраса	599,4	299,7	15	4	0,8	—
Междуречные пространства	1169,4	584,7	10	2	0,2	—
Водораздельные болота	318,6	159,3	23	15	19	22

и космических снимков (научный руководитель темы А. С. Исаев, ответственные исполнители И. А. Волков и В. Н. Седых). Ими выделено четыре группы типов рельефа, каждой из которых присущ определенный уровень высот, характер растительности, эрозионного расчленения и гидрографической сети. Результаты учетов наземных позвоночных животных в каждом из широко распространенных ландшафтных урочищ нами пересчитаны по группам типов рельефа с учетом соотношения их площадей.

Пойма Оби, лесистость которой не превышает 10—15%, образует наиболее низкую ступень рельефа. Преобладают травяные ассоциации лугов и низинных болот. Озерно-ингрессионная терраса представляет собой более высокую по сравнению с поймой ступень рельефа, слабо расчлененную озерными котловинами и долинами рек. Более половины поверхности террасы занято верховыми болотами. Леса занимают приречные и слабозвышенные поверхности, расположенные среди болотных массивов.

Междуречные пространства еще выше. Они характеризуются сложным эрозионным расчленением и хорошо дренированы. Леса занимают не менее 80% площади междуречных пространств, остальную территорию занимают болота, в основном верховые. Водораздельные болота расположены на наиболее высоких участках междуречий. Большую часть территории занимают громадные массивы верховых болот.

Оценка численности и размещения диких копытных проведена в феврале 1979 г. с самолета Ан-2 по общепринятой методике. Обследованная территория ограничена на севере поймой Оби, на западе — озерно-болотной террасой р. Куль-Еган, на юге — верховыми болотами водоразделов, на востоке — поймой р. Ильяк. Площадь района работ 12 тыс. км² (протяженность маршрута и учетная площадь по различным ландшафтам показаны в табл. 1).

Оценка численности птиц, мелких млекопитающих и земноводных проводилась на двух ключевых участках. Первый из них располагался в долине Оби в окрестностях пос. Ларино Александровского района Томской области, второй — на Обь-Иртышском междуречье, около пос. Каюково Сургутского района Тюменской области. Птиц учитывали с 16 мая по 31 августа 1970 и 1977 гг., а мелких млекопитающих и земноводных лишь во второй половине лета с 16 июля по 31 августа. Пересчет результатов учета на площадь проведен по ранее опубликованным методикам [Равкин, Лукьянова, 1976]. За время работ с учетом птиц пройдено 2295 км, для отлова мелких млекопитающих и земноводных отработано 4178 цилиндро-суток и только мелких млекопитающих — 10 750 давилко-суток.

Ресурсы диких копытных. Самые низкие показатели плотности и числа встреч следов лосей отмечены в пойме Оби. Учет проводился только

над открытыми пространствами поймы (луга, кустарниковые заросли). При этом подсчитывались сами животные и количество групп следов копытных в связи с затруднительностью подсчета с самолета индивидуальных следов в каждой встрече. Лоси и их следы встречались лишь вблизи смешанных и хвойных лесов по коренному берегу Оби.

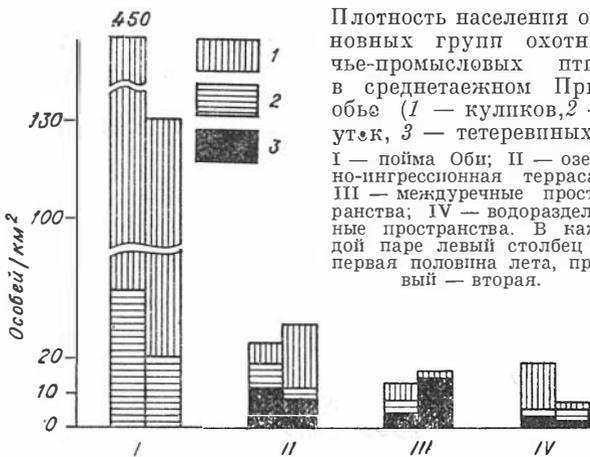
Озерно-ингрессионная терраса заселена лосем в большей степени, чем пойма. Предпочитает он здесь долины мелких и средних рек с зарослями кустарников и смешанными лесами, особенно кромки леса по руслам рек и на границе с болотами. Открытые пространства озерно-болотных террас, занятые преимущественно верховыми болотами, меньше заселены лосем. На них учтены только одиночные следы и два лося.

На междуречных пространствах этот вид встречается реже. Показатель частоты встреч следов ниже, чем на предыдущем участке, в 1,5 раза, а плотность меньше почти вдвое. Леса малопригодны для лося в зимний период из-за глубокого снега и бедной кормовой базы, так как большая часть лесных площадей занята спелыми и перестойными смешанными лесами со слабым подростом. Все встреченные звери и их следы отмечены на сравнительно открытых местах (небольшие болота, гари, долины ручьев и мелких речек).

Для водораздельных болот характерны наиболее высокие показатели обилия лося и частоты встреч его следов. Хорошие кормовые условия и небольшая глубина снежного покрова позволяют животным переживать здесь самый трудный период зимовки. Кроме того, водораздельные болота наименее доступны для человека.

Дикий северный олень в лесной зоне Западной Сибири в зимний период приурочен к верховым водораздельным болотам. В лесах междуречий не учтено ни одного животного, а следы свидетельствуют лишь о случайных заходах. Пойма Оби в среднем течении посещается оленем тоже крайне редко. Такое распределение объясняется меньшим, чем в лесах, глубиной и плотностью снежного покрова, что определяет доступность основных зимних кормов оленя — лишайников, растительной ветоши и ягодных кустарничков. Сходные условия имеет озерно-ингрессионная терраса, тем не менее оленей здесь не было, и только в среднем течении р. Куль-Еган отмечены их свежие следы.

Ресурсы охотничье-промысловых птиц. В пойме Оби суммарная численность промысловых птиц составляет 450 и 130 особей/км² в первой и второй половине лета (см. рисунок). До середины лета доминируют пролетные виды куликов — чернозобик и галстучник (55 и 13% общего количества охотничье-промысловых птиц), а после середины лета — фифи и турухтан (29 и 22%). Тетеревиные в пойме не встречены; на долю уток приходится лишь 8 и 15% (40 и 20 особей/км²). Среди них в начале лета преобладают шилохвость, хохлатая черныш и свиязь (27, 23 и 18% общего числа уток), а в конце лета — чирок-трескунок (60%). Авиачеты в конце мая 1976 г. [Брауде, Дубовик, 1979] дали в 1,5 раза большие показатели численности уток. Преобладали те же виды, что и по нашим данным, и, кроме того, чирки: свистунок и трескунок.



Плотность населения основных групп охотничье-промысловых птиц в среднетажном Прп-обье (1 — куликов, 2 — уток, 3 — тетеревиных). I — пойма Оби; II — озерно-ингрессионная терраса; III — междуречные пространства; IV — водораздельные пространства. В каждой паре левый столбец — первая половина лета, правый — вторая.

На озерно-ингрессионной террасе суммарное обилие охотничье-промысловых птиц в среднем за лето почти в 12 раз меньше, чем в пойме Оби (25 и 30 особей/км²). В первой половине лета доминируют белая куропатка и трескунок (32 и 20%), а во второй — рябчик (12%) и кулики (дупель, бекас и фифи — 23; 13 и 12%). По сравнению с поймой Оби на озерно-ингрессионной террасе становится заметным участие в населении тетеревиных птиц и значительно ниже доля куликов и особенно уток. Последнее, видимо, связано с олиготрофностью водоемов на верховых болотах.

На междуречных пространствах плотность населения охотничье-промысловых птиц в среднем за лето в 20 раз меньше, чем в пойме Оби, и вдвое ниже по сравнению с озерно-ингрессионной террасой. Доминирует рябчик (25 и 76% — здесь и далее соответственно для первой и второй половины лета), и только в первой половине — чирок-свистунок (25%). В отличие от предыдущих типов ландшафтов среди промысловых птиц на междуречьях преобладают тетеревиные при значительно меньшем участии уток и куликов.

Для водораздельных болот характерна минимальная плотность охотничье-промысловых птиц (19 и 4%). До середины лета преобладает белая куропатка (16%) и гнездящиеся здесь кулики (фифи, большой улит, чибис, средний кроншнеп и малый веретенник — по 16 и 11%). Откочевка большей части куликов за пределы водораздельных верховых болот сразу после окончания гнездования определяет столь резкое падение здесь суммарного обилия промысловых птиц во второй половине лета.

Итак, ресурсы охотничье-промысловых птиц неуклонно уменьшаются от поймы Оби к водораздельным верховым болотам, особенно резко при переходе от поймы к озерно-ингрессионной террасе (см. рисунок). Для вододлавающих и околоводных птиц это связано со значительным уменьшением числа высококормных водоемов на внепойменных территориях.

Кулики являются объектом спортивной охоты и играют незначительную роль в промысловых ресурсах. Без их учета исходное уменьшение суммарного обилия от поймы Оби к междуречьям идет более плавно. Тем не менее численность одних лишь уток в пойме Оби, как правило, выше, чем суммарное обилие всех промысловых птиц на остальных территориях. На озерно-ингрессионной террасе и междуречных пространствах основная доля принадлежит тетеревиным (в основном рябчику, а на верховых болотах — белой куропатке). Для водораздельных верховых болот характерна нестабильность ресурсов из-за ранней откочевки куликов. Участие тетеревиных и особенно уток здесь ничтожно, хотя по данным учетов летом 1979 г. численность тетеревиных птиц на верховых болотах среднетаежных водоразделов при высоком урожае клюквы может локально возрастать в среднем за лето до 6 особей/км².

При анализе распределения отдельных видов птиц в среднетаежном Приобье привлекает внимание особенность их размещения. Кулик-сорока, дупель и перевозчик особенно характерны для поймы Оби, хотя последний и проникает на междуречья по долинам ее притоков. Большая горлица, лесной дупель, красноголовый нырок и травник, большая часть ареалов которых лежит к югу от среднетаежного Приобья, чаще встречаются в долине и особенно в пойме Оби и, видимо, избегают междуречных пространств. С другой стороны, виды, большая часть ареалов которых лежит севернее, в лесотундре и тундре (краснозобая гагара, средний кроншнеп, малый веретенник), распространены на междуречьях и водоразделах. Особенно это относится к двум последним видам, которые экологически викарируют с более крупными близкими видами в долине Оби (большой кроншнеп и большой веретенник). Следовательно, продвижение южных форм к северу происходит в основном по долинам крупных рек. Северные формы проникают к югу по водораздельным верховым болотам. Последнее определяется меньшей теплообеспеченностью водоразделов по сравнению с долинами крупных рек из-за большего промерзания болот зимой и от-

Плотность и видовое разнообразие населения позвоночных среднетаежного Приобья летом 1970 и 1977 гг.

Группа типов рельефа	Плотность, особей/га				Отмечено видов			
	Всего	В том числе, %			Всего	В том числе, %		
		птиц	мелких млекопитающих	земноводных		птиц	мелких млекопитающих	земноводных
Пойма Обь	467	1	4	95	91	88	11	1
Озерно-ингрессионная терраса	115	2	13	85	106	82	14	3
Междуречные пространства	116	3	16	81	98	83	14	3
Водораздельные болота	5	14	31	55	53	87	9	4

сутствия утепляющего влияния вод Оби. Поэтому среднетаежные водораздельные болота экологически близки к гнездовым биотопам ряда лесотундровых и тундровых птиц.

Основные особенности пространственных изменений летнего населения позвоночных. В сообществах наземных позвоночных по плотности и биомассе повсеместно преобладают земноводные, особенно в пойме Оби. Гораздо меньшая доля суммарного обилия приходится на мелких млекопитающих и еще меньшая — на птиц (по биомассе наблюдается обратное соотношение) (табл. 2, 3). По количеству трансформируемой энергии и видовому разнообразию доля птиц повсеместно выше. Меньшие энергетические затраты и видовое разнообразие свойственны мелким млекопитающим, а минимальные — земноводным.

Фаунистический состав летнего населения позвоночных в пойме Оби — европейский (определяется абсолютным доминированием остромордой лягушки), а в остальных местообитаниях — сибирско-европейский. Участие транспалеарктов заметно в сообществах наиболее открытых местообитаний — пойм и водораздельных болот (2 и 4%). Доля европейских видов по числу особей неуклонно уменьшается от пойм к озерно-ингрессионной террасе, междуречным пространствам и водораздельным болотам (от 97 до 66%), т. е. совпадает со снижением теплообеспеченности территории. Участие сибирских видов в том же направлении возрастает (от 0,2 до 28%). Энергетические потребности позвоночных удовлетворяются в основном за счет беспозвоночных животных. Роль вегетативных частей в их рационе заметно ниже, но возрастает по направлению к пойме (при соответствующем уменьшении участия беспозвоночных). Доля семян

Т а б л и ц а 3

Биомасса и биоэнергетика населения позвоночных среднетаежного Приобья летом 1970 и 1977 гг.

Группа типов рельефа	Биомасса, кг/га				Трансформируемая энергия тыс. ккал/сут.га			
	Всего	В том числе, %			Всего	В том числе, %		
		птиц	мелких млекопитающих	земноводных		птица-ми	мелкими млекопитающими	земноводными
Пойма р. Обь	3	14	12	75	0,4	58	36	6
Озерно-ингрессионная терраса	1,4	16	10	74	0,2	56	37	6
Междуречные пространства	2,0	10	8	82	0,2	54	40	7
Водораздельные болота	0,1	64	10	26	0,04	80	19	0,8

и сочных плодов увеличивается в ландшафтах с преобладанием или заметным участием лесов (на междуречных пространствах и озерно-ингрессионной террасе).

При сравнении суммарных показателей летнего населения птиц, мелких млекопитающих и земноводных (плотность, биомасса, биоэнергетика и видовое разнообразие) прослеживается уменьшение показателей от долины Оби к водоразделам, особенно резкое при переходе от междуречных пространств к верховым водораздельным болотам (см. табл. 2, 3). По-видимому, эта тенденция связана с уменьшением общей продуктивности биоценозов в том же направлении, определяемым особенностями геохимического выноса и фильтрации, ухудшением теплообеспеченности и резко выраженной олиготрофностью водораздельных болотных массивов.

Для показателей плотности зимнего населения копытных прослеживается обратная тенденция — увеличение численности от поймы к водоразделам, связанное, видимо, с лучшими условиями добывания корма на обширных верховых болотах и минимальным промыслом на диких копытных.

Аэрокосмическая информация о площадях, характере растительности и увлажнений местообитаний благодаря оперативности получения значительно превосходит по надежности сведения, считываемые с ландшафтных и других природно-географических карт. Поэтому расчеты суммарных запасов, выполненные по дешифрированным снимкам, более точны.

Зимние запасы диких копытных среднетаежного Приобья составляют примерно 180—190 голов в пойме Оби; 740—780 на озерно-ингрессионной террасе; 410—430 на междуречных пространствах и около 1 тыс. голов на водораздельных болотах. В сумме по территории среднетаежного Приобья их около 2300—2500 голов.

Летние запасы уток в тех же группах типов рельефа примерно равны 500, 100, 25 и 3 тыс. особей. Тетеревинные, как отмечалось выше, в пойме Оби не встречены. На остальных территориях их соответственно 165, 170 и 6 тыс. особей. В целом по рассматриваемой территории запасы промысловых птиц составляют примерно 950 тыс. особей.

ЛИТЕРАТУРА

- Брауде М. И., Дубовик А. Д. Ресурсы водоплавающих птиц Нижней и Средней Оби.— В кн.: Вопросы зоологии Сибир. Томск, 1979, с. 110—115.
Равкин Ю. С., Лукьянова И. В. География позвоночных южной тайги Западной Сибир. Новосибирск, 1976. 360 с.

В. В. ФУРЯЕВ

ОПЫТ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПОЖАРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

В комплексе задач по изучению лесов с использованием аэрокосмических средств важное значение придается разработке методов оценки последствий лесных пожаров и динамики вековых сукцессионных циклов [Исаев, 1979].

При наземных методах последствия пожаров обычно анализируются применительно к локальным участкам леса или лесным биогеоценозам. Однако известно, что лесной пожар — это явление прежде всего территориальное, одновременно охватывающее значительные, а иногда и очень

большие площади лесного фонда. Кроме того, лесные пожары со времени появления хвойных лесов и климата, близкого к современному, периодически повторяясь, оказали глубокое и многостороннее влияние на формирование и облик растительности практически на всей таежной территории [Clements, 1910; Ткаченко, 1911; Мелехов, 1948, 1962; Курбатский, 1964; Колесников и др., 1973]. Современные исследования и обобщения, выполненные в области лесоведения, геоботаники, почвоведения и биогеографии растений, дали специалистам принципиальные основания рассматривать лесные пожары как важный эволюционно-экологический фактор формирования лесов и среды их обитания [Ugla, 1960; Одум, 1968, 1975; Санников, 1973]. По заключению С. Н. Санникова, в девственных лесах таежной зоны Северного полушария пожары от молний в доисторический период были одним из важнейших экологических факторов их формирования. В агрокультурную эпоху частые лесные пожары, в большинстве случаев антропогенного происхождения, также являются важным фактором почвообразования и динамики растительности, накладывая отпечаток на облик фитоценозов и целых ландшафтов. В настоящее время более или менее глубоко изучено влияние пожаров на отдельные элементы местообитания и компоненты лесных биогеоценозов. Для многих районов показана существенная роль пожаров в естественном возобновлении и сменах состава, в формировании возрастной и ярусной структуры насаждений, в процессах роста и развития древостоев, в регулировании соотношения древесных пород. Вместе с тем стало очевидным, что проблема долговременных взаимоотношений в системе пожар — растительность не может удовлетворительно решаться на уровне изучения его влияния на отдельные особи и элементарные древостои, а должна рассматриваться как минимум применительно к локальным популяциям древесных пород.

Аналогичные выводы позднее были получены и нами на основании анализа работ отечественных и зарубежных исследователей, а также собственного опыта изучения влияния пожаров на формирование лесов Западно-Сибирской равнины и Средне-Сибирского плоскогорья [Фуряев, 1977]. Но мы полагаем, что особенности «послепожарной экологии» формирования лесов во времени и по территории в наиболее полном объеме проявляются лишь на фоне достаточно крупных участков таежных ландшафтов и могут быть объективно оценены с учетом взаимообусловленного существования и динамики природных территориальных комплексов различного ранга [Фуряев, Киреев, 1979].

Необходимо отметить, что попыток оценить лесоводственные и экологические последствия пожаров применительно к формированию лесов на крупных участках таежных территорий, где в течение длительных отрезков времени действовали лесные пожары, до настоящего времени практически не было. Трудности в территориальной и временной экстраполяции послепожарных изменений параметров среды и сообществ заключаются в отсутствии методики единовременной оценки последствий пожаров с учетом их влияния на формирование лесов за длительные промежутки времени на обширных площадях лесного фонда.

На наш взгляд, перспективным методом решения этой проблемы является изучение послепожарного лесообразовательного процесса на ландшафтной основе.

С точки зрения современных ландшафтных представлений, послепожарное восстановление лесов — взаимосвязанное и взаимообусловленное изменение растительности и среды ее обитания, приводящее к формированию последовательно сменяющихся производных биоценозов, образующих ряды восстановления условно-коренных и коренных типов леса. Такие ряды В. Б. Сочава [1959] называет пирогенными модификациями фаций. Ряды состоят из различных по характеру биогеоценологических взаимоотношений и масштабу времени стадий, являющихся типами

насаждений в рамках лесообразовательного процесса в понимании Б. П. Колесникова [1956] и др. Изучение послепожарного лесообразовательного процесса на ландшафтной основе предполагает анализ механизма воздействия огня не только на отдельные компоненты, но и на экологические режимы природных территориальных комплексов (ПТК). В качестве компонентов ПТК рассматриваются литогенная основа и почва, атмосфера, воды, животный мир и растительность. Экологический режим — один из главных интегральных факторов, определяющий специфику ПТК [Киреев, 1977]. При экологической интерпретации длительных последствий пожаров и их роли в послепожарной динамике сообществ, очевидно, должны анализироваться такие показатели экологического режима, как проточность, аллювиальность или наносность, поемность или затопляемость, длительность верховодки и подтопления почвенными и грунтовыми водами, относительное богатство субстрата и водомерзлотность грунтов.

Как показали исследования, восстановительно-возрастные стадии послепожарного формирования лесов имеют четко выраженные биогеоценотические, экологические и морфологические особенности. Прежде всего, каждая стадия характеризует время формирования сообщества, в течение которого в его составе доминирует определенный лесообразователь, оказывающий эдификаторное и регуляционное воздействие на внутриценозную среду и биогеоценотические процессы. При этом экологические особенности стадий являются результатом как прямых, так и косвенных длительных последствий пирогенного воздействия, в значительной степени обусловленных послепожарными изменениями в составе и структуре фитоценозов. Наконец, стадии имеют хорошо выраженные морфологические признаки, позволяющие достаточно уверенно выделять их в природе и опознавать на аэрокосмических снимках. Принципиальное значение имеет тот факт, что стадии послепожарного формирования лесов в интегрированном виде содержат информацию о длительно реализующихся комплексных последствиях пожаров. Таким образом, располагая данными о размещении восстановительно-возрастных стадий в пределах конкретного ландшафта, можно наиболее полно оценивать многообразное проявление пирогенного воздействия на формирование лесов и его влияние на экологическую характеристику природной среды. Опыт показал, что методической основой для оценки экологической роли пожаров в формировании лесов таежной зоны и их влияния на экологические режимы природных комплексов могут служить карты послепожарной динамики лесов. Они разрабатываются нами на ландшафтно-типологической основе. В качестве ландшафтной используются ПТК различного ранга (фации, урочища, местности, ландшафты). В основу типизации растительности положены принципы географо-генетической классификации типов леса и положения о восстановительно-возрастной динамике насаждений, развиваемые Б. П. Колесниковым [1956] и др. [Попов, 1967; Седых, 1974]. Пространственное выявление и картирование послепожарных стадий производится путем анализа аэрокосмических снимков различных масштабов с использованием ландшафтного и структурно-экологического методов их дешифрирования.

Методика выявления, картирования и картографирования послепожарных стадий формирования лесов была рассмотрена нами ранее.

Экспериментальные работы по картографированию послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе с использованием материалов аэрокосмической съемки проведены на территории Обь-Енисейского междуречья. Они показали практическую возможность разработки четырех типов карт. При этом каждый тип карты определяется кругом решаемых лесоводственно-пирологических задач и возможностями разномасштабной аэрокосмической съемки.

Легенда к карте послепожарной динамики лесов части ландшафта Касской равнины

Номер урочища	Урочище	Классы фаций	Коренные типы леса	Послепожарные восстановительные возрастные стадии
1	2	3	4	5
1	Прирусловая молодая пвняково-еловая высокая гривистая пойма Енисея	Ельники пойм свежие и влажные	Ельники хвощово-зеленомошные, крупнотравные и травяно-болотные	III, IV, VI
2	Притеррасная старая темнохвойно-таежная высокая пойма Енисея	Кедрачи днищ заболоченные и мерзлотно-бугристые, обводненные; ельники пойм торфянистые, сырые; пихтарники с сосняком на маломощных супесях, свежие	Кедровники хвощово-осочковые, мелкотравно-зеленомошные, вейниково-осочково-кочкарные; ельники зеленомошные, хвощово-зеленомошные, вейниково-зеленомошные, осочково-кочкарные	VI, VII, VIII
3	Евтрофные болота староречий	Болота хвощово-осоковые и осоковогипновые		
4	Пологобугристая поверхность I и II террас с ельниками и заболоченными кедрачами	Пихтарники на покровных суглинках свежие и на покровных суглинках влажные; ельники с кедрачом на суглинках торфянистые, сырые; кедрачи на суглинках торфянистые, заболоченные; кедрачи днищ мерзлотно-бугристые, обводненные	Кедровники хвощово-сфагновые, чернично-сфагновые, вейниково-сфагновые, осочково-сфагновые, хвощово-зеленомошные и чернично-зеленомошные; ельники чернично-зеленомошные, хвощово-зеленомошные, вейниково-зеленомошные, хвощово-политриховые и чернично-политриховые	V, VI, VII, VIII
5	Мезотрофные болота замкнутых западин	Болота кустарничково-сфагновые, травяно-сфагновые, осочково-сфагновые и багульниково-сфагновые		
6	Болота темнохвойно-таежных днищ речек	Ельники пойм, влажные и торфянистые, сырые; ельники внепойменных днищ речек, заболоченные	Ельники зеленомошные вейниково-зеленомошные; кедровники зеленомошные сфагновые, осочково-сфагновые, мелкотравно-зеленомошные и поллитрихово-зеленомошные	VII, VIII
7	Пологобугристая поверхность высоких III террас с пихтачами, ельниками с кедрачами	Пихтачи на покровных суглинках, влажные; ельник с кедрачом на суглинках, торфянистые, сырые; кедрачи на суглинках торфянистые, заболоченные; кедрачи днищ мерзлотно-бугристые, обводненные; ельники пойм торфянистые, сырые; ельники внепойменных днищ	Ельники чернично-политриховые, мелкотравно-зеленомошные, крупнотравные, травяно-болотные; кедровники чернично-политриховые, хвощово-сфагновые, осочково-сфагновые	IV, V, VI, VII, VIII

1	2	3	4	5
8	Склоны террас с пихтачами и ельниками	Пихтачи на покровных суглинках, свежие; пихтачи на покровных суглинках, влажные; ельники с кедрачом на суглинках, торфянистые, сырые; ельники с пихтачом днищ на суглинках, сырые	Пихтачи осочково-зеленомошные, хвощово-политриховые и хвощово-зеленомошные; ельники хвощово-зеленомошные; кедровники хвощово-зеленомошные	V, VI, VII, VIII
9	Узкие плакоры с ельниками, пихтачами, производными осинниками	Пихтачи на покровных суглинках свежие; пихтачи с ельниками на покровных суглинках, влажные	Пихтачи мелкотравно-зеленомошные; ельники мелкотравно-зеленомошные	V, VI, VII, VIII
10	Склоны с темнохвойными лесами	Пихтачи на покровных суглинках, свежие; пихтачи на покровных суглинках, влажные; ельники с кедрачом на суглинках, торфянистые, сырые; ельники с пихтачом днищ на суглинках, сырые	Пихтачи мелкотравно-зеленомошные; кедровники мелкотравно-зеленомошные и чернично-зеленомошные	III, V, VI, VII

Для ландшафтно-экологической оценки последствий пожаров и их роли в формировании лесов в качестве примера мы используем фрагмент карты послепожарной динамики темнохвойных сообществ, разработанной на территории ландшафта Касской равнины (см. рисунок). Как видно из легенды, каждый из ее разделов начинается с названия урочищ, которые в данном случае используются в качестве главной учетной лесохозяйственной единицы (табл. 1). В рамках разделов легенды приведены названия основных классов фаций, слагающих урочища, и доминирующие в нем коренные типы темнохвойных сообществ. В заключительной рубрике каждого раздела показаны условные индексы послепожарных восстановительно-возрастных стадий, формирующихся в границах урочища. Наличие одной или нескольких стадий обусловлено давностью действия пожаров, их повторяемостью и особенностями распространения. В соответствии с принятым масштабом формирование коренных темнохвойных лесов в данном случае передается через обобщенные стадии послепожарной динамики производных сообществ. Указанные стадии, как ранее отмечалось, характеризуют наиболее общие эколого-биогеоценотические этапы формирования коренных темнохвойных лесов изучаемого ландшафта [Фурьяев, Киреев, 1979].

Ландшафт Касской озерно-аллювиальной слабозаболоченной с долинными болотами, южнотаежными темнохвойными и сосновыми лесами равнины представляет собой сильно расчлененную дренированную плоскогорядовую ступенчатую территорию на горизонтально лежащих коренных горных породах [Киреев, 1977]. Территория ландшафта с поверхности сложена лессовидными суглинками и песками по древним ложбинам стока и высоким террасам. По экологическим условиям в ландшафте должны доминировать кедрачи хвощово-зеленомошные (III класс бонитета), долгомошные IV и кустарничково-сфагновые V класса бонитета. На дренированных плакорах и склонах формируются пихтачи и ельники мелкотравно-осочковые и зеленомошные II—III класса бонитета. На водно-ледниковых песках, подстилаемых суглинками, произрастают преимущественно кедровые субори багульниково-бруснично-зеленомошные III—IV класса бонитета.

Соотношение площадей, занимаемых различными стадиями послепожарной динамики темнохвойных лесов

Индекс стадии	Характеристика стадии	Соотношение площадей, занимаемых стадиями, %
I	Свежие пожарища	Нет
II	Травяно-кустарниковые ассоциации с распадом материнского древостоя и формированием лиственных молодняков	»
III	Сомкнутые лиственные молодняки с формированием подроста темнохвойных	3
IV	Лиственные насаждения с формированием второго яруса темнохвойных	4
V	Лиственные насаждения с выходом темнохвойных в первый ярус	17
VI	Смешанные темнохвойно-лиственные насаждения. На протяжении всей стадии лиственные породы в составе первого яруса преобладают по количеству и запасу	21
VII	Смешанные лиственно-темнохвойные насаждения. В составе пород преобладают темнохвойные	30
VIII	Коренные и условно-коренные темнохвойные насаждения. Лиственные встречаются лишь единично	25

Темнохвойные сообщества ландшафта Касской равнины широко представлены фациями пихтарников на покровных суглинках свежих, ельников на покровных суглинках влажных и ельников с кедром на суглинках торфянистых сырых. Перечисленные фации отличаются наибольшей относительной горимостью и повреждаемостью пожарами по сравнению с другими фациями темнохвойных лесов и фактически определяют масштабы послепожарной смены пород в пределах ландшафта.

Часть ландшафта, представленная на фрагменте карты послепожарной динамики лесов, включает 10 видов урочищ (см. рисунок). По данным наземных исследований, почти в каждом из них на протяжении прошедших 300 лет действовали крупные пожары, обусловившие современное размещение по территории восстановительно-возрастных стадий формирования коренных темнохвойных лесов.

Расчеты показали, что в пределах рассматриваемой части ландшафта только 25% площади занято коренными и условно-коренными темнохвойными сообществами, в которых пожары действовали более 200 лет назад. Преобладающая часть площади занята восстановительно-возрастными стадиями послепожарного лесообразовательного процесса (табл. 2).

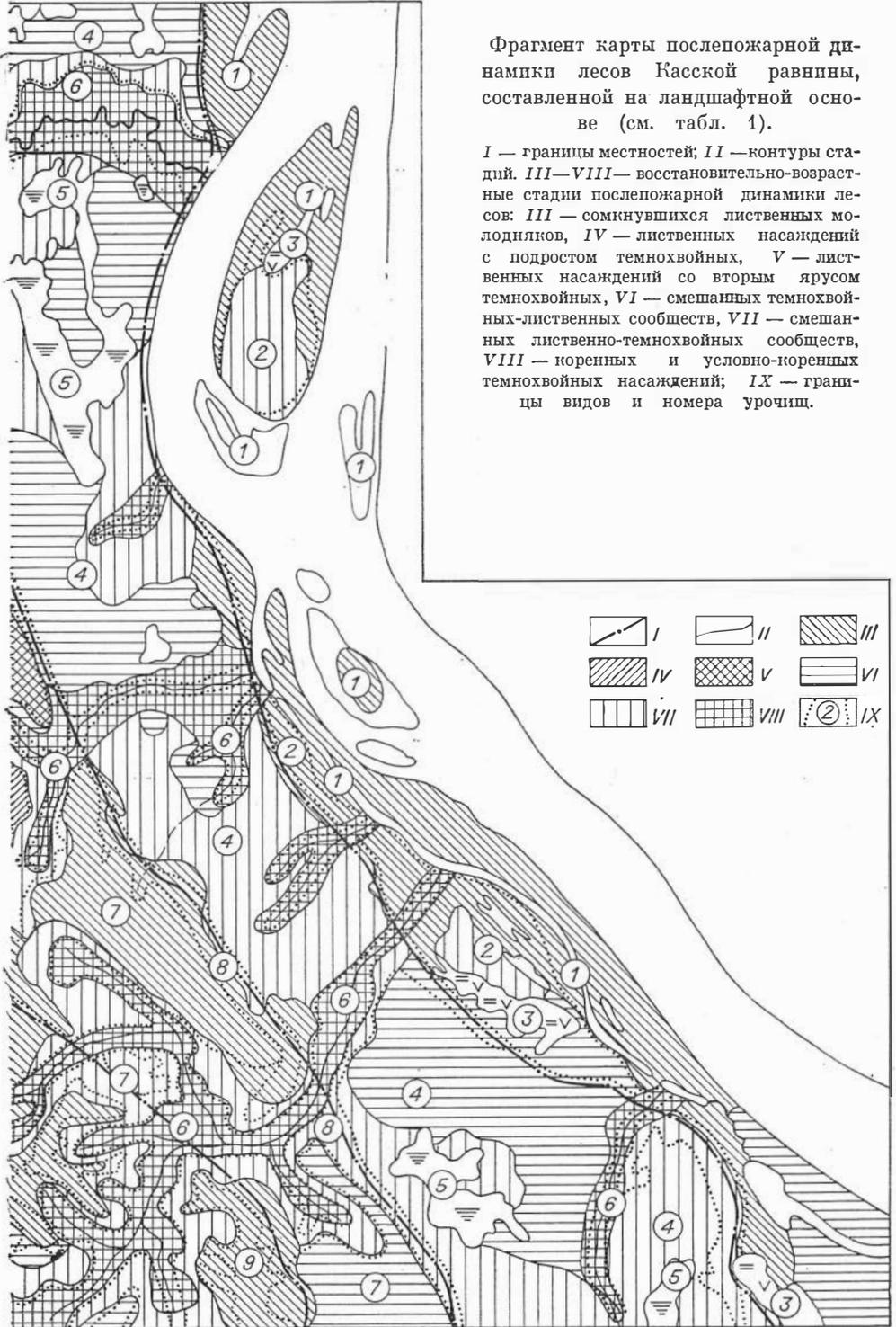
Характерно, что в соотношении производных послепожарных насаждений доминирующее положение занимают VI и VII стадии, на долю которых приходится 51% площади. Эти стадии представлены сообществами смешанного состава с преобладанием темнохвойных пород. Значительно меньшую площадь занимают насаждения IV и V стадий с формирующимся вторым ярусом темнохвойных и частичным выходом их в основной полог древостоев (21%). Только 3% площади занято лиственными молодняками с подростом темнохвойных (III стадия). На рассматриваемой части ландшафта не выявлено свежих пожарищ и травяно-кустарниковых ассоциаций с формированием лиственных молодняков (I и II стадии), что свидетельствует об отсутствии крупных пожаров за последние 10—15 лет.

Карта послепожарной динамики лесов позволяет прогнозировать особенности размещения и формирования стадий в связи со структурой и экологическими режимами отдельных урочищ. Как видно из легенды и карты, для каждого из них характерно определенное соотношение восстано-



Фрагмент карты послепожарной динамики лесов Касской равнины, составленной на ландшафтной основе (см. табл. 1).

I — границы местностей; *II* — контуры стадий. *III—VIII* — восстановительно-возрастные стадии послепожарной динамики лесов: *III* — сомкнувшихся лиственных молодняков, *IV* — лиственных насаждений с подростом темнохвойных, *V* — лиственных насаждений со вторым ярусом темнохвойных, *VI* — смешанных темнохвойных-лиственных сообществ, *VII* — смешанных лиственно-темнохвойных сообществ, *VIII* — коренных и условно-коренных темнохвойных насаждений; *IX* — границы видов и номера урочищ.



вительно-возрастных стадий, свидетельствующее об уровне горимости урочищ в прошлом, повторяемости пожаров и обусловленных ею темпах восстановления коренных сообществ. Так, например, в урочище прирусловой ивняково-еловой высокой гривистой поймы Енисея распространены относительно молодые производные сообщества, представленные III, IV и VI стадиями. В данном случае это обусловлено не только характером экологических режимов фаций, слагающих урочище, и их фактической горимостью, но и вероятностью появления источников огня. По характеру экологических режимов фаций урочище должно было бы обладать исключительно низким уровнем горимости и незначительной частотой повторяемости пожаров. Однако в связи с постоянно высокой антропогенной нагрузкой и наличием большого количества источников огня в этом урочище относительно чаще возникают пожары вследствие периодически появляющегося состояния пожарной зрелости горючих материалов, что в конечном итоге обуславливает уровень горимости леса, размещение восстановительно-возрастных стадий по площади и темпы их перехода из одной в другую во времени. Поэтому не случайно здесь абсолютно доминирует III стадия — лиственных молодняков без подроста темнохвойных, а IV и VI стадии представлены незначительными по площади участками. Нелесная площадь в пределах урочища распахана или используется под сенокос.

Урочище притеррасной старой темнохвойно-таежной высокой поймы Енисея представлено относительно небольшими фрагментарными участками. В его пределах сформировались насаждения V, VI, VII, VIII стадий. Возникновение и формирование указанных стадий обусловлено крупными пожарами, действующими в 1915, 1870 гг. и в более ранние периоды при исключительно высокой засухе. В обычные годы экологические режимы слагающих урочище фаций характеризуются высоким уровнем грунтовых вод и в большинстве случаев не затрагиваются пожарами.

Аналогичный анализ особенностей размещения и формирования послепожарных стадий можно провести применительно и к другим урочищам ландшафта.

Таким образом, использование материалов аэрокосмической съемки в конечном итоге позволяет осуществлять ландшафтно-экологическую оценку долговременных последствий пожаров и их роли в формировании лесов таежной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

- Исаев А. С. Задачи изучения лесов с использованием аэрокосмических средств.— В кн.: Исследование таежных ландшафтов дистанционными методами. Новосибирск: Наука, 1979, с. 3—10.
- Киреев Д. М. Методы изучения лесов по аэроснимкам. Новосибирск: Наука, 1977. 212 с.
- Киреев Д. М. Структура таежных ландшафтов и методы ее дистанционного изучения.— В кн.: Исследование таежных ландшафтов дистанционными методами. Новосибирск: Наука, 1979, с. 11—44.
- Колесников Б. П. Кедровые леса Дальнего Востока. М.— Л., 1956. 261 с. (Труды Дальневосточной базы им. В. Л. Комарова АН СССР. Сер. бот., т. II(IV)).
- Колесников Б. П., Санникова И. С., Санников С. Н. Влияние низового пожара на структуру древостоя и возобновление лесных пород в сосняке-черничнике и бруснично-черничном.— В кн.: Горение и пожары в лесу. Красноярск, 1973, с. 301—321.
- Курбатский Н. П. Проблема лесных пожаров.— В кн.: Возникновение лесных пожаров. М., 1964, с. 5—60.
- Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. М.— Л., 1948. 126 с.
- Мелехов И. С. Рубки главного пользования. М.: Гослесбумиздат, 1962. 329 с.
- Одум Е. Экология. М., 1968. 152 с.
- Одум Е. Основы экологии. М., 1975. 740 с.
- Попов Л. В. Динамика южнотаежных лесов Средней Сибири.— В кн.: Сибирский географический сборник. М.— Л., 1967, с. 151—196.
- Санников С. Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье.— В кн.: Горение и пожары в лесу. Красноярск, 1973, с. 236—277.

- Седых В. Н. Динамика кедровых лесов среднетаежного Приобья. Автореф. канд. дис. Свердловск, 1974. 31 с.
- Сочава В. Б. Исходные положения типизации земель на ландшафтно-геоботанической основе. — В кн.: Доклады Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. Вып. 2. Иркутск, 1959, с. 3—20.
- Ткаченко М. Е. Леса Севера. Спб., 1911. 91 с.
- Фураев В. В. Лесные пожары как экологический фактор формирования тайги. — В кн.: Вопросы лесоведения. Вып. 4. М.: Наука, 1977, с. 210—218.
- Фураев В. В., Киреев Д. М. Изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе. М.: Наука, 1979. 160 с.
- Clements F. F. The life history of long gerole burn forest. — U. S. Forest Serv. Bull., Washington, 1910, N 79. 186 p.
- Uggle E. A. Ecological effects of fire on north swedish forests. — In: Fifth World Forestry Congress. Seattle, 1960, p. 120—139.

С. М. ОВЧИННИКОВ

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

Почвенный покров как один из основных компонентов природных ресурсов Земли может изображаться на аэрокосмических снимках непосредственно — в случае пахотных угодий или засоленных почв в сухой, а также в сухостепной зонах. Методика использования аэрокосмических снимков при изучении почв отмеченных территорий отработана наиболее полно [Зонн, 1977; Андронников, 1979] и находит широкое применение. Что касается территорий, покрытых естественной растительностью или культурными посевами, то здесь уже основное значение для индикации почвенного покрова будет иметь установление дешифровочных корреляций между растительностью, литологией и рельефом, которые четко дешифрируются на аэрокосмических фотоснимках. Методики по использованию аэрокосмических снимков при изучении почвенного покрова в таежной зоне Западной Сибири на данный период еще нет или она находится в стадии разработки.

Исходя из этих соображений, Институт почвоведения и агрохимии СО АН СССР совместно с геоморфологами, лесоведами, геоботаниками и болотоведами принял участие в работе на эталонных ключевых участках с целью выявления взаимосвязей и взаимообусловленностей почвенного покрова с рельефом местности, литологией почвообразующих пород и растительностью для пространственной интерпретации главнейших его компонентов и отдельных структур, а также последующей экстраполяции на другие близкие по строению территории.

Объектом исследования был выбран Обь-Иртышский водораздел в пределах бассейнов рек Ильяк, Ларь-Ёган, Юган и Куль-Ёган, входящий в среднетаежную подзону и имеющий сплошную залесенность, значительную протяженность и слабую доступность для непосредственного наблюдения.

Исследуемая территория характеризуется континентальностью климата с преобладанием осадков над испарением, отрицательными среднегодовыми температурами, равнинностью, сильной обводненностью и заболоченностью территории, олигомиктовыми моренными, флювиогляциальными, озерно-аллювиальными, аллювиальными отложениями, наличием длительно-сезонной и островной многолетней мерзлоты.

Отмеченные условия почвообразования способствуют формированию нескольких групп почв бореального пояса. При проведении наземных полевых работ с применением аэрокосмических снимков нами был положен в основу принцип ландшафтной индикации [Исаченко, 1964; Лукичева, 1972; Киреев, 1977; и др.].

Для изучения внутреннего содержания отдельных частей ландшафтов и выяснения приуроченности лесных сообществ к определенным почвенно-геоморфологическим элементам местности закладывались на ключевых участках профили, которые достаточно подробно характеризовали все разнообразие коренных и производных лесов.

В работе использовались телевизионные зимние черно-белые снимки со спутника «Метеор» и осенние аэрофотоснимки. При таком подходе дешифрирование почв и почвенного покрова можно вести с использованием индикационных признаков растительности и рельефа, обладающих высокой физиономичностью.

Изменение различных компонентов почвенного покрова в пространстве сопряжено довольно четко со сменой элементов рельефа, микроклимата, водного режима и растительности. Таким образом, определенному почвенному району соответствуют свойственные именно ему гидро-морфологические, гидрологические, геоботанические и климатические особенности. Подобная взаимообусловленность компонентов ландшафта дает возможность широко использовать аэрофотокосмическую информацию для целей почвенного картографирования, наблюдения за состоянием ландшафта в целом и составления прогноза возможных изменений природной среды в районах интенсивного освоения Западной Сибири.

Фактический материал, полученный при проведении комплексных работ, и дешифрирование аэрокосмических снимков позволили выделить единый последовательный ряд исторически сформировавшихся участков территории, в пределах которых геологическое строение и рельеф обладают определенной общностью в отношении строения, генезиса и возраста, что позволяет наметить основные рубежи формирования геолого-геоморфологической основы ландшафтов рассматриваемой территории. Одной из характерных черт рельефа является его ярусное строение.

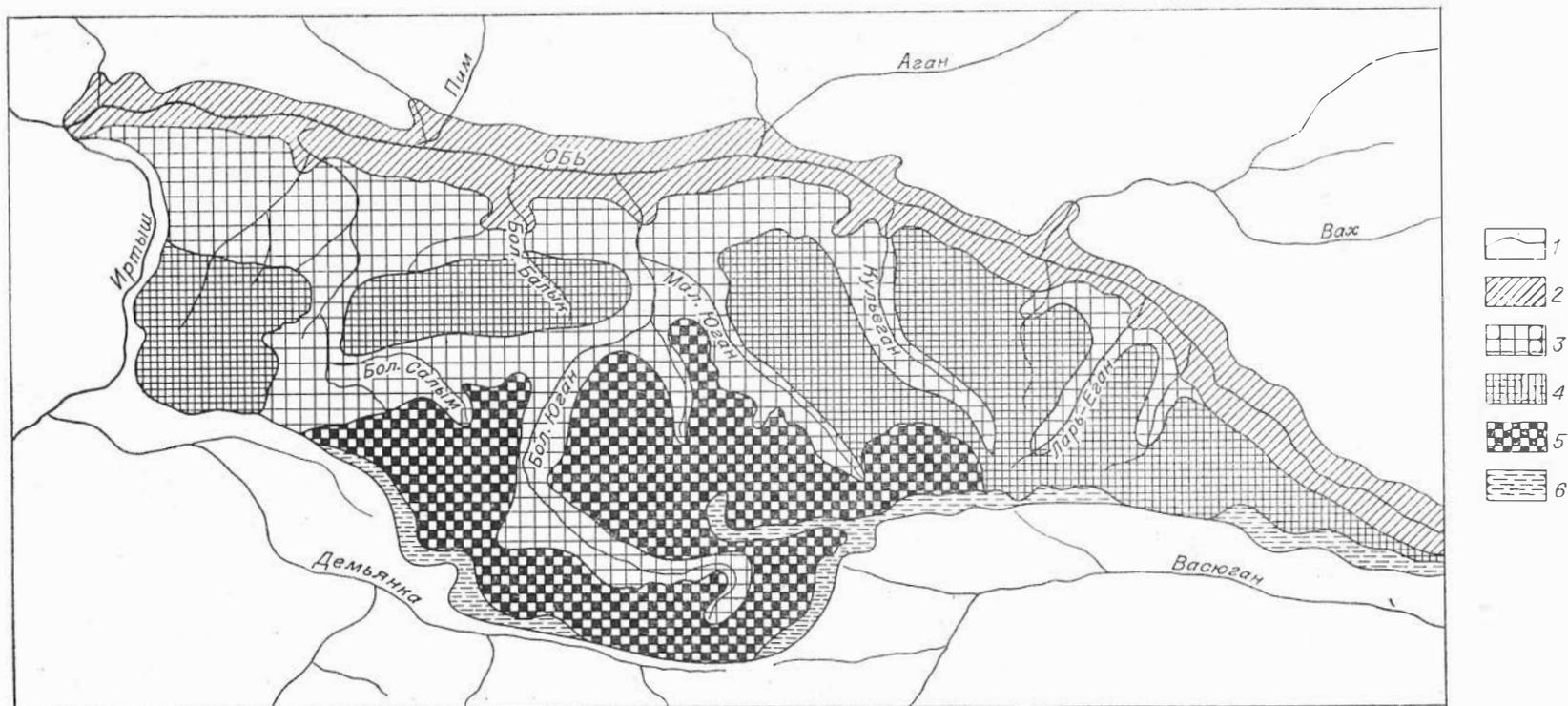
Каждому участку (ярусу) характеризуемой территории соответствует определенный геоморфологический выдел, который отделяется от другого заметным уступом (см. рисунок)*.

Наиболее низкую ступень рельефа образуют русло, протоки, поймы и речные I надпойменные террасы. Эта поверхность объединяет самые молодые формы рельефа. Она представляет собой неглубоко расчлененную позднеледниковую и голоценовую равнину, сложенную песчаными и супесчаными, а также суглинистыми осадками руслового и пойменного типа. Поймы исследуемой территории отображаются на космическом снимке в виде светлого, местами почти белого тона.

На самой молодой ступени рельефа, к которой относятся новейшая, низкая молодая и древняя поймы, формируется сочетание различных пойменных почв. Эти почвы образовались под влиянием аллювиального геологического и почвообразовательного процессов, которые протекают одновременно, но на разных стадиях развития пойменных почв играют различную роль.

Почвообразование в целом на территории пойм зависит главным образом от возраста и механического состава аллювиальных отложений, а также степени дренированности отдельных элементов рельефа. Различный

* Геолого-геоморфологические исследования проведены И. А. Волковым, лесные — В. Н. Седых.



Почвенно-геоморфологическая картосхема среднетаежного Обь-Иртышья.

1 — границы почвенно-геоморфологических выделов; 2 — пойменные дерновые глееватые и глеевые в сочетании с пойменными болотными почвами низкой, основной, древней поймы; 3 — торфяно-болотные и торфяники озерково-мочажинных комплексов и подзолистые поверхностно-глееватые почвы в сочетании с торфянисто-подзолистыми поверхностно-глееватыми приречными дренированными частями озерной ингрессионной террасы; 4 — подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-железисто-гумусовые в сочетании с торфянисто-подзолистыми иллювиально-гумусовыми краевых хорошо дренируемых частей междуречий; 5 — подзолистые поверхностно-глееватые в сочетании с болотно-подзолистыми и торфяно-болотными почвами основной части междуречий; 6 — торфяные болотные на средних и глубоких верховых торфах в сочетании с торфянисто-подзолистыми поверхностно-оглеешными и торфяно-болотно-глеевыми почвами центральной слабо дренированной ступени междуречий.

характер поёмности обуславливает размещение отдельных компонентов почвенного покрова.

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

Вторая возрастная ступень рельефа (основная пойма) отличается значительной расчлененностью поверхности. На верхних частях гряд и нешироких грив под тополевыми формируются пойменные слоистые дерновые лесные супесчаные или легкосуглинистые почвы. Морфологический облик профиля отличается неоднородностью по механическому составу и, как правило, представлен тяжелым суглинком или глиной. Отчетливо прослеживаются по всему профилю признаки оглеения.

Пойменные дерновые глеевые почвы занимают переходные части к отрицательным формам поверхности и формируются под лугово-болотной растительностью в условиях устойчивого поверхностного переувлажнения.

Пойменные болотные почвы довольно широко распространены и занимают больше одной трети площади пойм. Приурочены они к притеррасной и пониженной равнинной части основной поймы. Этим почвам свойственно интенсивное торфообразование, высокое стояние почвенно-грунтовых вод.

Кроме отмеченных почв в пределах древней поймы под темнохвойными насаждениями формируются почвы с близкими чертами зональных почв. Под пологом пойменных темнохвойных насаждений развиваются пойменные дерновые оподзоленные, пойменные торфянисто- и торфяно-глеевые слоистые почвы. В верховьях долины Ларь-Ёгана и других, где прослеживается отмирание речной гидросети, в днищах их выделяются и хорошо дешифрируются на аэрокосмофотоснимках торфяные почвы переходных и низинных болот.

Следующей по высоте поверхностью является озерная ингрессионная терраса. Вблизи осевой части долины Оби она возвышается над рекой всего на 5—7 м, но в краевых частях ее поверхность поднимается до абсолютных отметок 50—60 м. Терраса имеет монотонный состав осадков. Преобладают неслоистые и горизонтальные суглинки, часто со слабым ожелезнением по плоскостям напластования.

Более чем на 70% поверхность террасы покрыта верховыми олиготрофными болотами. Леса приурочены только к приречным и слабо возвышенным поверхностям, расположенным среди болотных массивов. Вдоль речек леса простираются в виде узких полос, что в сочетании с болотными массивами создает полосчатость структуры озерной террасы на космических снимках.

На озерной ингрессионной террасе распространены главным образом торфяно-болотные почвы, торфяники озерково-мочажинных комплексов и только на приречных слабо возвышенных участках встречаются подзолистые поверхностно-глееватые почвы, формирующиеся под кедровыми зеленомошниковыми лесами на суглинистых отложениях.

Междуречные пространства описываемой территории в совокупности образуют три высотные ступени. Внешняя (краевая) сниженная часть междуречий обособляется в виде самостоятельной ступени высотой 60—75 м и отграничена пологим, не всегда четко выраженным уступом, основание которого располагается на отметках, близких к 70—75 м. Основная (периферическая) часть междуречья имеет преобладающие отметки 80—90 м. С этой ступенью связаны верховья местных речных систем, а цент-

ральные участки, покрытые верховыми водораздельными болотами, образуют третью высотную ступень, достигающую 100-метровых отметок.

На аэрокосмических снимках междуречных пространств темным тоном отображаются места, покрытые лесом, а светлыми пятнами — водораздельные болота. Общий уклон поверхности и ее эрозионная изрезанность предопределили характер гидрологического режима различных ступеней, чем и обусловлен состав растительного покрова. Наиболее производительные сосняки, отсутствующие в пойме и на озерной террасе, здесь распространены и приурочены в основном к наиболее расчлененным участкам. Так, внешняя (краевая) хорошо дренированная ступень междуречий, примыкающая к долинам средних и крупных рек, сложенная супесями или песками, занята сосновыми лесами лишайниково-зеленомошниковых групп.

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

При хорошо расчлененном рельефе почвенно-грунтовые воды находятся глубже 2 м, и воздействие факторов, вызывающих грунтовое переувлажнение, в значительной мере снимается. В этих условиях формируются иллювиально-железистые подзолы. На плоских возвышенных участках, где грунтовые воды находятся на глубине 1,5—2,0 м, уже формируются иллювиально-железисто-гумусовые подзолы с признаками глубинного оглеения в нижней части профиля.

Кроме отмеченных почв на породах легкого механического состава северной части Обь-Иртышского междуречья значительную часть по площади занимают почвы полугидроморфного и гидроморфного ряда. Они развиваются под чистыми редкостойными заболоченными борами и кедрово-сосновыми лесами с примесью березы и хорошо развитым долгомошно-сфагновым покровом. Занимают они средние и пониженные части склонов невысоких грив, плоские и выположенные части террас, межгривные понижения и невысокие ровные приподнятости среди болот, сложенные песками или супесями.

Наиболее распространенными почвами среди полугидроморфного и гидроморфного ряда развития являются сочетания торфянисто-подзолистых, иллювиально-железисто-гумусовых глееватых, иллювиально-гумусовых глеевых, торфяно-болотных и торфяных верховых или переходных глеевых почв.

Для всех названных почв характерны оглеение, связанное с увлажнением за счет почвенно-грунтовых вод различной степени застойности, значительное накопление растительных остатков в виде оторфованного горизонта в верхней части почвенного профиля, кислая реакция среды, слабое насыщение основаниями и элювиально-иллювиальное распределение окислов.

Основная (периферическая) умеренно дренированная ступень междуречий занимает наибольшую площадь водораздельных пространств. Эта часть междуречий характеризуется глубоким и сложным эрозионным расчленением; здесь выделяется волнисто-гривистый и полого-бугристый рельеф с заболоченными днищами мелких местных долин.

Верхние части пологих бугров и нешироких грив, сложенных сугли-

нисто-легкоглинистыми почвообразующими породами, заняты кедровыми лесами зеленомошниковых групп или их производными, под которыми формируются подзолистые поверхностно-глееватые почвы.

На плоских гривах, нижних частях склонов основной ступени междуречий, сложенных суглинками, распространены кедрово-сосново-сфагновые и редкостойные сосново-сфагновые леса, под которыми развиваются торфянисто-подзолистые поверхностно-глееватые, торфянисто- или торфяно-глеевые почвы.

Пространство центральной слабо дренированной ступени междуречий с плоским или, реже, мелкогрядовым рельефом, так же как и низкая ингрессионная озерная терраса, занято верховыми олиготрофными болотами, на которых чаще всего под рябовыми сфагновыми сосняками развиваются торфянисто- или торфяно-болотные, а также торфяные почвы на средних или глубоких торфах. Эти почвы сильно переувлажнены за счет атмосферных осадков.

Вследствие слабой дренированности центральной части междуречий почвенный покров может быть представлен одним ареалом болотных почв обширных болотных массивов или сочетанием торфянисто-подзолистых поверхностно-глееватых почв, расположенных на верхних частях плоских бугров, с торфянисто-глеевыми и торфяными почвами на нижних частях склонов и неглубоких межгрядных понижениях.

Таким образом, направленность процесса почвообразования на исследованной территории зависит в основном от гидротермических условий, которые определяются степенью расчлененности рельефа и механическим составом почвообразующих пород. Структура же почвенного покрова определяется уровнем различных ступеней основных ассоциаций или групп типов рельефа и различно отображается на аэрокосмических снимках по тону, форме и конфигурации самого рисунка.

Закономерности пространственного распределения некоторых типов почв изучаемой территории указывают, что наибольшее распространение имеют гидроморфные и полугидроморфные почвы. Среди автоморфных почв наиболее часто встречаются подзолистые поверхностно-глееватые, на которых произрастают кедровые леса и их производные. Образование этих почв связано с наличием повсеместного покрова суглинистых пород. Песчаные подзолы в районе среди автоморфных почв распространены меньше, хотя они обладают наивысшей продуктивностью среди всех отмеченных почв.

Лесорастительные свойства почв имеют тесную связь с высотным положением различных ступеней, величиной общего наклона поверхности и уровнем ее эрозионного расчленения. Почвы с лучшими лесорастительными свойствами приурочены, как правило, к повышенным хорошо дренированным формам рельефа. Полугидроморфные почвы с менее продуктивными лесорастительными свойствами занимают преимущественно менее дренируемые плоские и вогнутые формы рельефа, расположенные среди бугров, на участках, которые лишены мощной торфяной залежи. Плоские повышенные слабодренированные участки, межгрядные понижения заняты гидроморфными почвами с еще худшими лесорастительными свойствами.

Аэрокосмические снимки при наличии сведений о взаимосвязях между растительностью и рельефом, полученных на ограниченных по площади ключевых участках, могут быть использованы для качественной оценки почвенного покрова. В частности, исследование почвенного покрова, проведенное на геоморфологической основе с помощью аэрокосмических снимков, позволило при небольшом объеме наземных работ выявить основные закономерности пространственного распределения основных типов почв и частично установить их структуру для такого довольно обширного региона, как среднетаежное Обь-Иртышье.

- Андроников В. Л. Аэрокосмические методы изучения почв. М.: Колос, 1979. 280 с.
- Зонн С. В. Результаты и перспективы изучения природных ресурсов аэрокосмическими методами. — Изв. АН СССР. Сер. бпол., 1977, № 5, с. 673—682.
- Исаченко А. Г. Физико-географическое картирование. Ч. 3. Л.: Изд-во ЛГУ, 1961. 268 с.
- Киреев Д. М. Методы изучения лесов по аэроснимкам. Новосибирск: Наука, 1977. 213 с.
- Лукичева А. Н. Северотаежная растительность Сибирской платформы в связи с геологическим строением. Л.: Наука, 1972.

В. Н. СЕДЫХ, С. В. ВАСИЛЬЕВ, В. Г. МОЗАЛЕВСКИЙ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И РЕЛЬЕФА ПРИ ДЕШИФРИРОВАНИИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Исходя из возрастающих требований тематического картирования, предъявляемых к разработке методов использования аэрокосмических материалов, наряду с получением качественных характеристик ставится задача получения количественных и объективных критериев выделения дешифрируемых объектов. Успех решения этой задачи обеспечивается изучением корреляционных связей [Гарелик и др., 1976] между информативными признаками ландшафтов и различными показателями природных образований, не регистрируемых на изображениях земной поверхности.

Так, из числа информативных показателей, характеризующих лесной покров того или иного таежного ландшафта, можно определить с высокой степенью достоверности лесистость — долю участия покрытой лесом площади во всей площади территории. Лесистость является одним из ведущих показателей экономики лесного района [Васильев, 1963], а также фактором, определяющим ряд важнейших экологических свойств природно-территориальных комплексов (ПТК) [Молчанов, 1973]. Поскольку леса относятся к элювиально-устойчивым типам растительности и преимущественно занимают склоновые формы рельефа [Пономарева, 1970], то лесистость при наличии связи между лесом и рельефом может быть также индикатором степени расчленения рельефа, одного из главных показателей геолого-геоморфологического строения территории.

Геоморфологический фактор, как указывает Ф. Н. Мильков [1970], может проявляться в двух качествах — как изменение абсолютной высоты поверхности и как расчлененность или сложность рельефа этой поверхности. В равнинных ландшафтах влияние абсолютной высоты не столь существенно, поэтому изучение было направлено на выявление связей между лесом и расчлененностью рельефа, на существование которых указывалось и ранее, однако до сих пор это предположение не подвергалось сколько-нибудь серьезной проверке. С появлением космических снимков и представившейся в связи с этим возможностью обзора больших территорий возникла необходимость уяснить значение показателя лесистости в качестве информативного индикатора для дешифрирования геолого-геоморфологического строения территорий и объективного критерия для выделения ландшафтов.

Г. И. Танфильев [1923] под расчлененностью имеет в виду изрезанность территории оврагами, ее холмистость и возвышенности. Сочетание этих факторов орографии создает оптимальные условия для выноса органических веществ и существования тем самым древесных растений [Пономарева, 1970]. Понятие изрезанности поверхности оврагами и гидросетью как по-

казателя эродированности территорий широко используется в геоморфологии. Этот показатель выражает отношение протяженности водотоков к площади изучаемой территории [Зятькова, 1979; Полканова, 1968; Берлянт, 1978]. Однако в оценке значимости расчленения рельефа он не является исчерпывающим, так как отражает только одну сторону влияния через поверхностный сток.

Более полную модель строения рельефа предложил В. Н. Ченцов [1948], который ввел для характеристики его расчленения три показателя, а именно: глубину расчленения (β) — средняя разность отметок между соседними точками максимума и минимума; частоту расчленения (α) — среднее расстояние между соседними точками экстремума; интенсивность расчленения (γ) — средний тангенс уклона. Эти показатели разработаны для одномерных профилей и имеют соответствующие формулы вычисления:

$$\beta = \frac{\sum h}{m+1}, \quad \alpha = \frac{d}{m+1}, \quad \gamma = \frac{\beta}{\alpha^2}$$

где d — длина профиля, m — число точек экстремума на профиле, h — перепад высот между соседними точками экстремума $i+1$ и i .

Поскольку эти показатели были разработаны для одномерных профилей [Ченцов, 1948], то они в этом виде не могли быть использованы для выявления связей между ними и лесистостью — площадным показателем. С этой целью необходимо было найти их аналоги. Ими послужили показатели среднего уклона поверхности γ и дисперсии высот для β , способы вычисления которых даны в руководствах по картометрии [Волков, 1950; Берлянт, 1978]. Значение этих показателей определялось на топокартах с помощью прямоугольной палетки. Высота снималась в точках пересечения линий палетки, а при вычислении тангенса уклона подсчитывалось число точек пересечения изолиний с линиями той же палетки. Далее дисперсия высот определялась по формуле

$$\sigma_h^2 = \frac{1}{n-1} \sum_i^n (h_i - \hat{h})^2,$$

где h_i — значения высот в точках палетки, \hat{h} — средняя высота этой площадки, n — число точек пересечения линий палетки. Средний тангенс уклона рассчитывался по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\pi}{2} \frac{d \cdot m \cdot \Delta z}{p},$$

где Δz — величина сечения рельефа изолиниями, d — сторона квадрата палетки, m — число точек пересечения изолиний линиями палетки, p — площадь учетной площадки.

Кроме того, для сравнений качества признаков и выявления степени связи их с лесистостью определялись еще три показателя эродированности территорий: длина долин стока, отнесенная к единице площади; средний тангенс уклона долин стока и частота эрозионного расчленения.

Все отмеченные показатели определялись по топографическим картам м-ба 1 : 25 000 на площадках размером 16×16 см, что соответствует на местности 4×4 км. Далее были рассчитаны все взаимные корреляции этих показателей между собой и с лесистостью (табл. 1). Наиболее ценными, как и ожидалось, оказались аналоги показателей В. Н. Ченцова — средний тангенс уклона и среднее квадратическое отклонение высот. Отличаясь простотой и объективностью, они не теряют смысла и при отсутствии гидросети, когда показатели эродированности обращаются в нуль. Кроме того, оба этих показателя имеют наибольшие корреляции с лесистостью. Для удобства аппроксимации они были объединены в один показатель простым их перемножением и извлечением из произведения

Корреляционная матрица признаков расчленения и лесистости (коэффициенты корреляции)

При- знак	X2	X3	X4	X5	X6
X1	+0,719	+0,814	+0,642	+0,682	-0,508
X2		+0,741	+0,634	+0,786	-0,163
X3			+0,679	+0,676	-0,592
X4				+0,721	-0,671
X5					-0,182

П р и м е ч а н и е. X1 — лесистость; X2 — среднее квадратическое отклонение высот; X3 — средний тангенс уклона; X4 — длина спрямленных долин стока; X5 — средний уклон долин стока; X6 — частота эрозионной расчлененности. Подчеркнутые коэффициенты корреляции достоверны на 95%-ном уровне, остальные на 99%-ном уровне достоверности.

корня ($R = \sqrt{\sigma_h \cdot \text{tg } \varphi}$), что позволило получить обобщенный показатель расчленения. Корреляционные отношения лесистости по этому показателю равны 0,824, а отдельно по дисперсии высот и тангенсу уклона соответственно -0,809 и 0,816. Высокие значения корреляционных отношений могут свидетельствовать о том, что зависимость лесистости от расчленения приближается к функциональной.

Экологический смысл выявленных связей заключается в том, что более расчлененные территории имеют большую долю дренированных участков и склонов и, следовательно, являются более залесенными. Дисперсия высот характеризует потенциальные возможности стока вод как поверхностных, так и грунтовых, а средний тангенс уклона — кинетические характеристики этого стока. Объединенный показатель, хотя и не имеет четкого физического смысла, удобно характеризует и то и другое.

Третий показатель В. Н. Ченцова — частота расчленения — вычисленный по картам отдельно и взятый из отношения $\alpha = \beta/\gamma$, оказался индифферентным к лесистости.

Выявленные связи при дешифрировании космических снимков наряду с лесистостью позволяют получать новую количественную информацию о таежных ландшафтах, ценную не только в геоморфологии, но и в геоботанике, гидрологии и ландшафтоведении.

Далее, исходя из посылки, что различные породы неодинаково реагируют на дренированность и эродированность местообитаний, возникло предположение о возможности определения качественного состояния лесистости по космическим снимкам. Для выяснения зависимости формационного состава от лесистости нами с помощью прямоугольной палетки было обработано 150 аэроснимков. В точках пересечения линий палетки насаждения дешифрировались и распределялись по соответствующим категориям.

Все разнообразие типов леса было классифицировано в три формационно-экологические группы: кедровники суходольные, сосняки суходольные и сосняки заболоченные, которые достоверно дешифрировались на аэроснимках. К кедрачам относились все насаждения с доминированием в них кедра, ели и пихты как зеленомошниковой, так и сфагновой групп типов леса. В категорию суходольных сосняков включались насаждения с доминированием сосны зеленомошниковой и лишайниковой групп типов леса, а заболоченные сосновые леса объединяли сосновые и кедрово-сосновые сфагновые насаждения полностью не менее 0,3. Все лиственные насаждения относились к тем группам хвойных пород, производными от которых они являлись.

Корреляция признаков формационного состава, расчленения и лесистости

Показатель	При- знак	P	P _c	P _г	P' _к	Средний
Корреляционные отношения	R	0,624	0,567	0,483	0,523	0,526
	P		<u>0,194</u>	0,413	0,754	0,454
Коэффициенты корреляции	R	+0,778	+0,758	-0,647	-0,685	0,697
	P		+0,658	<u>-0,210</u>	-0,557	0,442

П р и м е ч а н и е. P — лесистость; P_c — доля участия суходольных сосняков в покрытой лесом площади; P_г — доля участия заболоченных сосняков в покрытой лесом площади; P'_к — доля кедров в площади суходолов; R — обобщенный показатель расчленения.

Три формационно-экологических класса образовали две альтернативные группы: сосняки суходольные (положительно сопряженные с лесистостью), с одной стороны, и кедровые суходольные и заболоченные сосняки (отрицательно сопряженные с лесистостью) — с другой. Однако поведение последних в зависимости от лесистости раздельно друг от друга оказалось весьма неопределенным. В связи с этим возникла необходимость использовать для кедровой формации иной показатель, а именно долю ее участия в площади суходольных территорий. Для всех показателей участия формаций были рассчитаны коэффициенты корреляции и корреляционные отношения по факторам расчленения и лесистости (табл. 2).

Все коэффициенты корреляции и корреляционные отношения достоверны на 99%-ном уровне, за исключением подчеркнутых, достоверных на 95%-ном уровне. Все показатели связи лесистости с расчленением выше, чем таковые для формационного состава, что отражается на величине их дисперсии по расчленению. В то же время все корреляции по расчленению выше и устойчивее (ближе между собой), чем корреляции и корреляционные отношения формационного состава и лесистости. Это объясняется тем, что расчленение является собственно действующим фактором на лесистость и формационный состав, которые не имеют причинной связи, а лишь опосредованы общей причиной — расчленением.

Чтобы использовать выявленные взаимосвязи при интерпретации космических снимков мелкого масштаба, достаточно представить регрессионные модели для некоторых из них. Действительно, если известны показатели участия сосновых лесов в покрытой лесом площади и кедровых — в площади суходолов, то становятся вычисляемыми и доли участия кедровников и заболоченных сосняков в покрытой лесом площади. Доверительный интервал оказался линейно зависим от величин самих показателей участия пород в составе лесной площади. Ниже нами приведены уравнения для доверительного интервала 99% (τ_{99}) соответствующих показателей. Регрессионные модели выглядят следующим образом.

Для лесистости и расчленения:

$$R = \exp(2,453 \cdot P - 3,058) = \sqrt{\sigma_h \cdot g\varphi};$$

для участия сосняков суходольных в покрытой лесом площади:

$$P_c = 0,306 \cdot P^{1,68},$$

доверительный интервал для этого показателя:

$$\tau_{99} = 1,450 \cdot P_c + 0,068;$$

для участия кедровых лесов в площади суходолов:

$$P'_k = 1 - 0,377 \cdot P^{1,57}$$

и доверительный интервал для этого показателя:

$$\tau_{99} = -0,836 \cdot P'_K + 1,028.$$

Производные от регрессионных моделей для участия кедровых лесов в покрытой лесом площади:

$$P_K = 0,812 \cdot P^0,11 - 0,306 \cdot P^1,68$$

и участия суходольных сосняков в покрытой лесом площади:

$$P_r = 1 - 0,812 \cdot P^0,11.$$

Таким образом, исследованные отношения лесистости, расчленения рельефа и формационного состава пород оказались достаточно взаимосвязанными, что указывает на единство всех ландшафтообразующих факторов. Отражение изменения одного компонента на другом позволяет проводить классификацию ПТК лишь по их части, выбирая каждый раз наиболее удобные в определении. В частности, на мелкомасштабных черно-белых космических снимках выявленные связи позволяют с определенной достоверностью получать информацию о ПТК, не отображаемую на снимках, используя при этом ограниченный объем данных о лесистости и ее распределении по территории. Следует отметить, что данные связи подразумевают их использование не формально, а в сочетании с качественной оценкой текстуры изображения. Этот этап еще не достаточно формализован, поэтому применение связей будет правомерным только для поверхностей, однородных в геолого-геоморфологическом отношении, выделенных по текстуре изображения, тематическим картам и литературе.

Методически предполагается изучение корреляционных связей на ключевых участках и дальнейшее экстраполирование их на территории, элементы которых были отражены на ключах. Рассмотренные связи были получены на территориях эрозионного происхождения, следовательно, экстраполяция правомерна только на подобные территории.

Результаты дешифрирования лесистости на аэрокосмических снимках, представленные в виде картосхем, могут быть рассмотрены как корреляционные карты [Букс, Мартынова, 1977; Букс, 1977; Сочава, 1979], поскольку выделы их будут отражать сразу несколько компонентов ПТК, скоррелированных между собой: количественные показатели лесистости, расчленения рельефа и формационного состава лесов.

С укрупнением масштаба снимков следует ожидать возрастания эффективности использования связей и достоверности количественных характеристик дешифрируемых природных объектов, так как будет увеличиваться набор информативных показателей растительности и рельефа, привлекаемых для расчета корреляций. Результаты исследований могут быть полезны в геоморфологии, гидрологии, геоботанике, ландшафтоведении и инженерной геологии. Наряду с этим представляется перспективным их использование при расчете оптимальной лесистости для районов, сильно затронутых антропогенным воздействием.

ЛИТЕРАТУРА

- Берлянт А. М. Картографический метод исследования. М.: Изд-во МГУ, 1978. 255 с.
- Букс И. И. Методика составления и краткий анализ корреляционной эколого-фитоценотической карты Азиатской России. М 1 : 7 500 000.— В кн.: Эколого-фитоценотические комплексы Азиатской России. Иркутск, 1977, с. 15—54.
- Букс И. И., Мартынова Г. Н. Выбор компонентов и обработка первичного материала.— В кн.: Эколого-фитоценотические комплексы Азиатской России. Иркутск, 1977, с. 8—14.
- Васильев П. В. Экономика использования и воспроизводства лесных ресурсов. М. 1963. 484 с.
- Волков Н. М. Принципы и методы картометрии. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 328 с.

- Гарелик И. С., Грин А. М., Цветков Д. Г. Аэрокосмические полигоны, задачи исследований и состав наземных наблюдений.— В кн.: Космические исследования земных ресурсов. М.: Наука, 1976, с. 9—15.
- Зятькова Л. К. Структурная геоморфология Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. 200 с.
- Мильков Ф. Н. Ландшафтная сфера Земли. М.: Мысль, 1970. 207 с.
- Молчанов А. А. Влияние леса на окружающую среду. М., 1973. 360 с.
- Полканова В. Б. Возможности применения структурно-геоморфологического метода в центральной части Западной Сибири. Красноярск, 1968. 94 с.
- Пономарева В. В. Лес как элювиально-устойчивый тип растительности.— Бот. журн., 1970, т. 55, № 11, с. 1585—1595.
- Сочава В. Б. Растительный покров на тематических картах. Новосибирск, 1979. 192 с.
- Танфильев Г. И. Очерк географии и истории главнейших культурных растений. Одесса, 1923. 195 с.
- Ченцов В. Н. Морфометрические показатели на геоморфологической карте мелкого масштаба.— Труды Ин-та геогр. АН СССР, 1948, вып. 39, с. 291—306.

А. В. БЕЛОВ, Л. А. ПЛАСТИНИН

АЭРОКОСМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В СОПРЯЖЕННОМ ТЕМАТИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

В последнее время наметился повышенный интерес к среднемасштабному тематическому картографированию со стороны как специалистов-картографов, так и практиков, занимающихся вопросами использования природных ресурсов. Это объясняется рядом причин.

Интерес практиков обусловлен тем, что такие природные карты сочетают в себе достаточную региональную обзорность с большим количеством конкретной и географически достоверной информации о природных компонентах, что представляет большую ценность при разработке и проведении различных хозяйственных мероприятий. Особую роль они призваны сыграть при решении вопросов охраны природной среды осваиваемых районов.

К настоящему моменту заканчивается период мелкомасштабного обзорно-справочного изучения природы районов Сибири, когда составлялись крупные региональные картографические произведения, такие как карты ландшафтов и растительности юга Восточной Сибири, карта растительности Западно-Сибирской равнины и др., позволяющие показать основные закономерности строения ландшафтов и растительного покрова этих территорий. Одновременно накопился большой и разнообразный фактический материал о природных компонентах разных районов, который нуждался в картографическом обобщении в виде среднемасштабных тематических карт. Появление и быстрое совершенствование аэрокосмической съемки как нового источника информации о рельефе и почвах, растительности и условиях ее обитания также способствовало стимулированию интереса к среднемасштабному тематическому картографированию. Открылись определенные перспективы уточнения методики картосоставления и получения более достоверных карт.

Ранее в Институте географии Сибири и ДВ СО АН СССР в основном развивалось мелкомасштабное обзорно-справочное картографирование ландшафтов в целом и отдельных их компонентов как часть комплексного тематического картографирования природы, населения и хозяйства районов Сибири и Дальнего Востока. Для проведения работ по среднемасштабному картографированию потребовалась новая информационная и методическая основа.

В задачу выполняемых исследований входило определение возможности использования аэрокосмических материалов для среднемасштаб-

ного тематического картографирования и разработка соответствующих принципов и методов составления карт, а также разработка легенд и создание авторских макетов карт рельефа (экзогенных процессов), растительности, почв и ландшафтов Северного Прибайкалья [Кузьмин, 1979; Белов, 1980]. Поскольку эта работа проводилась параллельно с составлением других природных и оценочно-ресурсных карт, отрабатывались и некоторые вопросы сопряженного тематического картографирования.

Исследования проводились в 1978—1980 гг. в районах Северного Прибайкалья, к северу от 54° с. ш. Они охватили большую территорию, включающую Баргузинский, Байкальский, Икатский и Верхнеангарский горные хребты и Баргузинскую, Верхнеангарскую и Северо-Байкальскую межгорные котловины.

Выбор этого региона в качестве полигона проводился с учетом многих факторов. Здесь проходит трасса БАМ, и создаются предпосылки для комплексного освоения природных ресурсов этой территории в ближайшем будущем с одновременным решением проблемы охраны оз. Байкал. Все это потребует соответствующего картографического обеспечения, поэтому работы приобрели практическую направленность. Но поскольку исследования носили, кроме того, и поисково-методический характер, они должны были проводиться в типичных и интересных по природным показателям и достаточно хорошо изученных районах. На эту территорию имелись мелкомасштабные карты природы, сосредоточенные в атласах Иркутской области, Забайкалья и Байкала, а также серия карт природы, населения и хозяйства юга Восточной Сибири. Кроме того, здесь ранее проводились серьезные исследования природы, в том числе растительности этих районов, и накоплен большой фактический материал. Все это обеспечивало фактологическую основу для проводимых исследований.

Разработка методических вопросов среднемасштабного тематического картографирования с использованием аэрокосмических материалов проводилась комплексно. Это способствовало более правильной постановке самих исследований и обеспечивало достаточную глубину рассмотрения вопросов, касающихся отдельных сторон структуры природных комплексов и их взаимосвязи.

Для решения поставленных задач лабораторией аэрокосмических методов института выполнены исследования ряда вопросов теории и методологии тематического дешифрирования аэро- и космических фотоснимков, которое базируется на использовании как прямых дешифровочных признаков «плоского» фотоснимка, так и объемных фотоизображений стереопары фотоснимков. При этом предлагаются новые понятия — аэрофотоформа и аэрофотоструктура (аэрокосмофотоструктура), основанные на использовании стереоскопического анализа и фотограмметрических измерений стереопары фотоснимков.

Наряду с традиционными понятиями прямых и косвенных признаков дешифрирования аэро- и космических фотоснимков отрабатывалась система признаков дешифрирования [Космакова, Пластинин, 1979]. Она включала группы признаков, определяющих местоположение объекта дешифрирования в пространстве и во времени, и признаки их движения (динамики). Сущность этих понятий основана на учете состояния объектов дешифрирования и окружающей их среды в момент их фотосъемки.

Результаты исследований информационной емкости аэро- и космических фотоснимков использованы при тематическом дешифрировании космофотоснимков и создании конкретных тематических карт серии.

При разработке методики тематического картографирования по аэрокосмическим фотоматериалам выявлена первоочередная необходимость уточнения границ существующих (принятых) схем физико-географического районирования и подготовки ландшафтной основы создаваемых карт. Такой этап в работах по созданию прежде всего компонентных тематиче-

ских карт (рельефа, растительности, почв) целесообразно выполнять на основе анализа фотоструктур космических снимков в масштабе, близком к масштабу создаваемых карт. Оптимальным для этих целей является космофотоплан в масштабе карт.

Специальное содержание тематических карт рельефа (экзогенных процессов), растительности, почв и комплексной (ландшафтной) формулировалось на основе информации, полученной с аэро- и космических фотоснимков, и контролировалось имеющимися фактическими данными и сведениями, опубликованными или зафиксированными на изданных тематических и топографических картах, и проверкой в натуральных условиях.

Многоцелевой характер исследований определил этапность работ и выбор основных методических приемов, позволяющих эффективно решать поставленные задачи. Было проведено сложное камеральное изучение фондовых и литературных материалов, характеризующих природу этого региона и природных факторов среды, обуславливающих ее развитие. В это же время анализировались аэрокосмические снимки, чтобы установить возможность получения необходимой информации о природных компонентах (рельефе, растительности, почвах) изучаемой территории. Затем был выполнен комплекс натурных (наземных и аэровизуальных) экспедиционных работ. Собранные материалы были использованы в процессе собственно картосоставительских работ, при дешифрировании и интерпретации космических снимков, проведенных в камеральных условиях. Этапность работ обеспечивала последовательность процесса составления среднемасштабных тематических карт.

Работы проводились с использованием средне- и мелкомасштабных черно-белых и спектроразнональных космических снимков. Для некоторых районов в нашем распоряжении были цветные снимки. Космические съемки были выполнены в разное время года, преимущественно в позднелетнее и позднелетнее время, когда часть площади покрыта снегом, особенно в высокогорьях хребтов. На части снимков территория закрыта облачностью, что существенно затрудняло их использование.

Анализ имеющихся аэрокосмических материалов проводился с точки зрения требований, предъявляемых к материалам условиями современной тематической картографии.

Исследования показали, что аэрокосмические материалы представляют определенный интерес для картографирования, но только в комплексе с другими источниками информации, традиционно используемыми при картировании. Все это в значительной мере определило методику проведения дальнейших картосоставительских работ. Основной упор был сделан на наземные и аэровизуальные исследования.

В задачу наземных исследований входило изучение главных типов рельефа, почв и растительных сообществ на этой территории. Поскольку мы имели уже сведения о природе побережья оз. Байкал и обращенных к нему склонов Байкальского и Баргузинского хребтов, основное внимание было сосредоточено на изучении природных комплексов Баргузинской и Верхнеангарской котловин и высокогорных, труднодоступных участков Баргузинского и Байкальского хребтов. При использовании маршрутного метода и работы на ключевых участках был получен обширный фактический материал.

Важная роль была отведена аэровизуальным методам, так как наземными исследованиями была охвачена только небольшая часть изучаемого региона. Облеты выполнялись с помощью вертолетов МИ-8 и МИ-2, что позволило обследовать самые недоступные части горных хребтов. Маршруты аэровизуальных полетов закладывались с учетом необходимости увязки материалов наземных наблюдений с космическими снимками и выявления закономерностей в распространении основных типов природных комп-

лексов в горнотаежной и альпинотипно-горнотундровой частях горных хребтов. Аэровизуальные наблюдения сопровождались посадками в высокогорных участках Баргузинского, Байкальского и Икатского хребтов, что существенно дополняло наземные сведения о природных компонентах. С учетом всех материалов было проведено дешифрирование нетрансформированных космических снимков и составлены прекарты. Картографическая информация была перенесена на трансформированную фотокартографическую основу и отредактирована с получением авторских макетов. Из сказанного видно, что аэрокосмические материалы были использованы нами неоднократно, а именно при организации наземных исследований, в процессе аэровизуальных наблюдений и при камеральном дешифрировании и картосоставлении.

Достоинством и преимуществом разрабатываемой методики картографирования являются его объективность, оперативность и комплексность.

Объективными являются прежде всего границы выделов, отображенные по границам фотоформ и фотоструктур объектов картографирования на аэро- и космических снимках. Объективно отображаются на картах и те свойства объектов картографирования, которые фиксируются в фотогеничной форме на снимках.

Оперативность картографирования обусловлена возможностями непосредственного получения определенного объема информации с аэрокосмических фотоматериалов. Поэтому по аэро- и космическим фотоснимкам, полученным оптимальными фотосъемками (по срокам, видам и масштабам), для конкретных объектов картографирования большая часть необходимой информации может быть извлечена в процессе их дешифрирования.

Возможности комплексности картографирования заключены в свойствах аэрокосмических фотоснимков, так как на них отображаются все фотогеничные стороны картографируемых объектов и окружающей среды. Этим и обусловлена возможность и целесообразность создания по аэрокосмическим фотоматериалам серий сопряженных природных, а в дальнейшем и социально-экономических карт разных видов и масштабов.

В дополнение к научно-техническому эффекту выполненные разработки позволят получить значительный экономический эффект при внедрении их в производственных организациях.

ЛИТЕРАТУРА

- Белов А. В. Опыт составления среднемасштабной карты растительности Северного Прибайкалья на основе аэрокосмической информации.— Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 97—102.
- Космакова О. П., Пластинин Л. А. Системы и признаки дешифрирования геосистем на аэрокосмических фотоснимках.— В кн.: Аэрокосмическая информация как источник ресурсного картографирования. Иркутск, 1979, с. 30—42.
- Кузьмин В. А. Использование аэрокосмических материалов при картировании почв горно-котловинных территорий Северного Забайкалья.— В кн.: Аэрокосмическая информация как источник ресурсного картографирования. Иркутск, 1979, с. 59—78.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Нами приведены результаты картографического изучения экзогенных геологических процессов (ЭГП) одного из горных районов Северного Прибайкалья, выполненного на основе аэрокосмических фотоматериалов. Представленный фрагмент карты ЭГП (см. рисунок) охватывает часть Баргузинской котловины и ее горного обрамления (хребты Икатский и Баргузинский), а также прибрежный участок Байкала.

Информация для составления карты ЭГП была получена: 1) дешифрированием аэро- и космofотоснимков; 2) аэровизуальными наблюдениями; 3) в ходе полевого наземного обследования; 4) в результате анализа и обобщения имеющихся материалов.

Основными процессами, управляющими экзогенным рельефообразованием и определяющими характер и интенсивность его развития, как отмечают многие исследователи [Костенко и др., 1970], являются вертикальные перемещения земной коры, ландшафтно-геоморфологические условия, состав и строение горных пород.

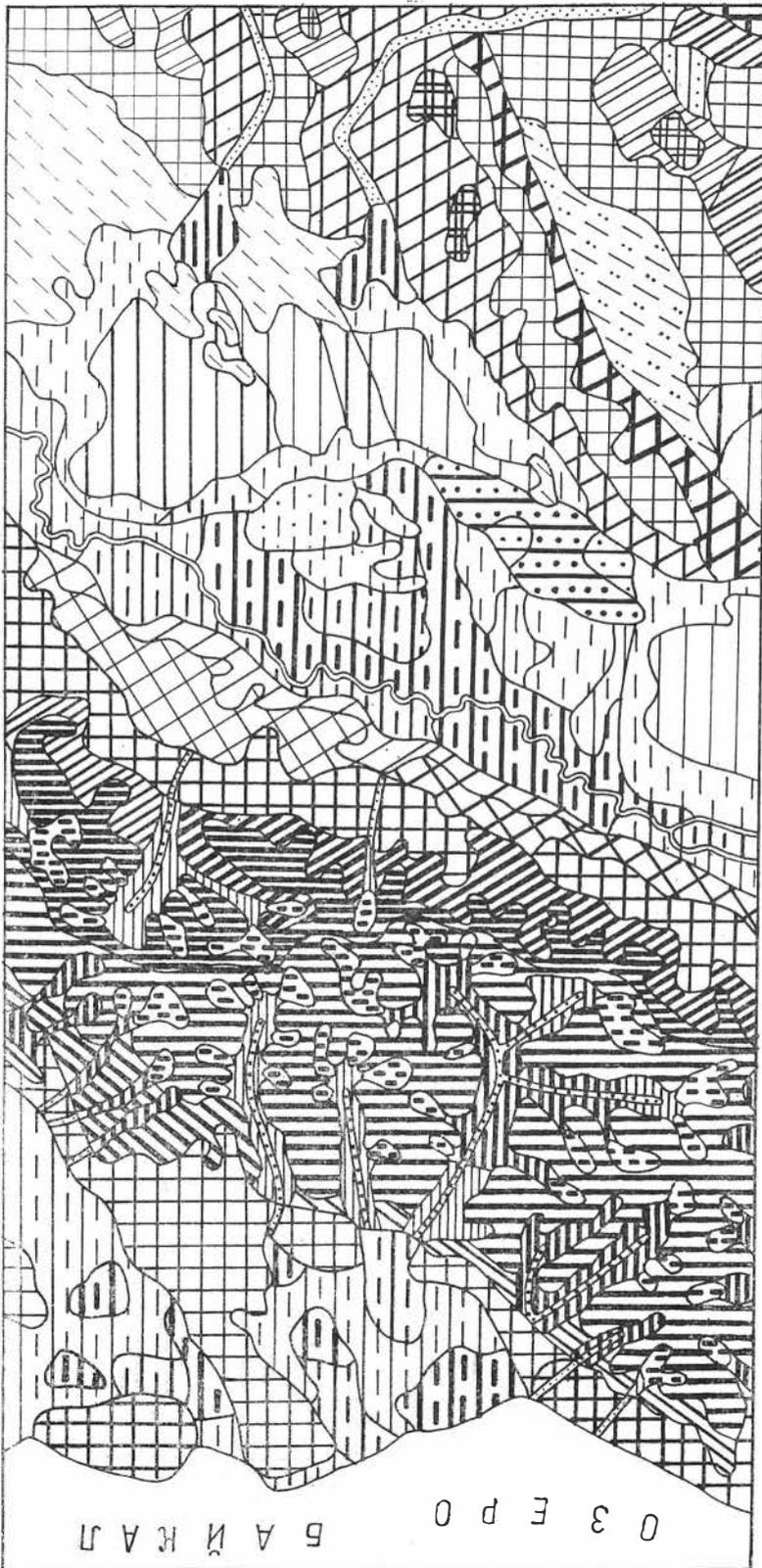
Изучение и последующее картографирование ЭГП проводилось с учетом этого комплекса факторов. Геологическая обстановка и ландшафтно-геоморфологические условия показаны в легенде-эксplikации к карте по вертикали, по горизонтали отображаются процессы и явления с указанием ведущего из них (табл. 1). По ландшафтно-геоморфологическим условиям район подразделен на высотные пояса, для которых с учетом их геологического строения определен характерный набор ЭГП (гольцовый, подгольцовый, горно-таежный, горно-долинный и котловинный). В целом в пределах картографируемой территории были выделены две зоны, резко отличающиеся перечисленными показателями.

Первая зона — преимущественной денудации — включает горные сооружения Баргузинского и Икатского хребтов, сложенных древними интрузивными и метаморфическими породами (граниты, гнейсы). Рельеф Баргузинского хребта глубоко расчлененный, альпинотипный. Ведущими здесь в гольцовом поясе являются гравитационные и пролювиальные про-

Карта экзогенных геологических процессов Баргузинской котловины и ее горного обрамления. Номера соответствуют номерам условных знаков табл. 1. Тип штриховки соответствует смысловому содержанию, толщина штриховки определяет пораженность по табл. 2.

1—4 гольцовый пояс, гравитационные и десертационно-мерзлотные процессы: 1 — обвалы, осыпи, реке сели и снежные лавины; 2 — сели, снежные лавины, осыпи, обвалы; 3 — осыпи, обвалы, снежники, на днищах — курумы и морозное выпучивание; 4 — курумы и осыпи, гольцовые террасы, солифлюкционно-натечные формы, реке сели. 5—9 — подгольцовый пояс: 5—7 — пролювиальные процессы (5 — осыпи, курумы, микросели и сели, 6 — микросели и сели, снежные лавины, осыпи, пролювиальные желоба, 7 — сели, снежные лавины, осыпи); 8, 9 — десертационно-мерзлотные процессы (8 — курумы, мерзлотные полигоны, морозное выпучивание каменного материала, 9 — редкие курумы, осыпи, мерзлотные медальоны и многогольнички). 10—12 — горно-таежный пояс, пролювиально-делювиальные процессы: 10 — ложки временных водотоков, плоскостной снос, осыпи; 11 — плоскостной срыв, ложки временных водотоков; 12 — плоскостной и ложковый снос, медленные смещения почвенно-растительного покрова, редкие осыпи. 13, 14 — горно-долинный комплекс, флювиальные процессы: 13 — русловая и пойменная эрозия, мерзлотно-пучинные образования, наледи; 14 — речная эрозия, наледи, заболоченность, мерзлотно-пучинные образования. 15—24 — котловинный пояс: 15, 16 — пролювиальные процессы (15 — промоины и овраги, развевание, 16 — сели, русловая эрозия); 17—21 — эоловые процессы (17 — выдувание почв, 18 — развеваемые и навеваемые пески, дефляционные котлы, 19 — развеваемые и навеваемые пески, выдувание почв, ложковый и плоскостной срыв, 20 — солонцы, 21 — развеваемые пески и эродируемые почвы); 22—24 — болотно-мерзлотные процессы (22 — заболачивание, мерзлотно-пучинные образования, реке развеваемые и навеваемые пески, 23 — болота, в том числе топи, мерзлотно-полигональные и термокарстовые образования, 24 — мерзлотно-пучинные, мерзлотно-полигональные и термокарстовые образования). 25—28 — пораженность: 25 — сильная; 26 — умеренная; 27 — слабая; 28 — весьма слабая, не отмечается.

О С Е Р О
Б А Й К А Л



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28

Экзогенные процессы

Геологические условия	Ландшафтно-геоморфологические условия	Процессы и явления			Условный знак (см. рисунок)						
		Группы ведущих процессов	Комплексы ведущих явлений. Под чертой те из них, для которых даются численные значения интенсивности проявления (пораженности) (см. табл. 2)								
1	2	3	4	5							
Складчато-глыбовые горы на скальной коренной основе	Гольцовые (2600—1800 м)	Преимущественной денудации	Гравитационные и дескрипционно-мерзлотные	Альпийотипно-гольцовые поверхности, резко и глубоко расчлененные гляциально-эроззионные и эрозивно-денудационные пустошные и лишайничково-пустошные	Нивально-гравитационные, гравитационно-склоновые	Обвалы, осыпи, реже сели и снежные лавины	1				
				Нивально-гравитационные и гравитационно-пролювиальные	Сели, снежные лавины, осыпи, обвалы	2					
				Нивально-гравитационные и гравитационные, мерзлотные	Осыпи, обвалы, снежники, на днищах курумы и морозно-пучинные образования	3					
				Мерзлотные, мерзлотно-гравитационные, нивальные, пролювиальные	Обвалы и осыпи	4					
				Курумы и осыпи, гольцовые террасы солифлюкционно-натечные формы, реже сели	Осыпи и курумы						
				Пролювиальные	Крутые склоны с разреженной подгольцовой и горно-таежной растительностью	Гравитационные, пролювиальные	Гравитационные, пролювиальные	Осыпи и курумы, микросели и сели	5		
			Микросели								
			Пролювиальные				Крутые склоны с разреженной подгольцовой и горно-таежной растительностью	Гравитационные, пролювиальные	Пролювиальные, гравитационные	Микросели и сели, снежные лавины, осыпи, пролювиальные желоба	6
									Микросели		

Складчато-глибовые горы на скальной коренной основе

Горно-долинные	Горно-таежные (1500—700 м)		Подгольцовые (1800—1500—1300 м)			
	Преимущественной денудации					
Преимущественного транзита	Флювиальные	Пролувально-делювиальные	Десерпционно-мерзлотные	Пролувально-ные	Крутые склоны троговых долин с разреженными кедровостланниковыми зарослями и угнетенными листовничниками в сочетании со скально-осыпными пустошами	7
					Крутые эрозивно-денудационные и тектонически обусловленные склоны с разреженной горно-таежной растительностью	10
Преимущественного транзита	Флювиальные	Пролувально-делювиальные	Десерпционно-мерзлотные	Пролувально-ные	Подгольцовые поверхности слабо и умеренно расчлененные каменисто-лишайниковые и пустошные, мохово-лишайниковые листовничные редколесья с кедровостланниковым и ершковым подлеском	8
					Горно-таежное низко- и среднегорье с задернованными склонами различной крутизны и преобладанием сомкнутого растительного покрова	11
Преимущественного транзита	Флювиальные	Пролувально-делювиальные	Десерпционно-мерзлотные	Пролувально-ные	Подгольцовые поверхности слабо расчлененных и пологих вершин и склонов с разреженными листовничниками в сочетании с кедровым стлаником и ерниками, мохово-лишайниковые	9
					Днища троговых и ледниково-эрозивных долин пустошные, с горными тундрами в верховьях долины, с разреженной подгольцовой растительностью в средней и нижней частях	12

1	2	3	4	5	
Складчато-глыбовые горы на скальной коренной основе	Горно-долинные Днища эрозионных и эрозионно-ледниковых долин с таежной и пойменно-луговой растительностью	Премещенного транзита Флювиальные	Флювиальные, мерзлотные, болотно-мерзлотные	Русла, наледь, заболоченности, бугры морозного пучения	13
Пролувальные, делювиально-пролувиальные и эоловые	Конуса селевой аккумуляции, ложки временных водотоков, поверхности развевания	15			
Пролувальные, эоловые	Промоины и овраги, поверхности развевания	16			
Эоловые (слабо заметные проявления на месте вырубок)	Поверхности выдувания	17			
Эоловые, пролувиально-делювиальные	Поверхности выдувания		18		
Эоловые, пролувиально-делювиальные	Развеваемые и навеваемые пески, поверхности выдувания и плоскостного смыва, ложки временных водотоков	18			
	Развеваемые пески и эродлируемые почвы				

Предгорные и внутригорные впадины и понижения с рыхлым кайнозойским выполнением

Котловинные (500—700 м)		Преимущественной аккумуляции		
Днища межгорных впадин степные, с развеваемыми песками	Золовые	Золовые	Развеваемые и навеваемые пески, дефлюционные котлы	19
			Развеваемые пески и эродруемые почвы	
		Засоленые, золовые	Засоленные земли, перевеваемые пески	20
			Засоленные почвы	
		Днища межгорных впадин луговые, лугово-степные с небольшими участками развеваемых песков и слабозаболоченных земель	Золовые и озерно-болотные	Перевеваемые пески
Развеваемые пески и эродруемые почвы				
Днища впадин и межгорных понижений луговые, лугово-степные и кустарничковые с многочисленными речными руслами и старцами	Болотные, болотно-мерзлотные и золовые	Заболоченности мерзлотно-пучинные образования, реже развеваемые и навеваемые пески	22	
		Заболоченности		
Днища впадин и крупных речных долин лугово-болотно-озерные, лугово-сплавинно-болотные, лугово-болотно-кустарничковые	Заболочивание, озерно-болотно-мерзлотные	Болота и топи, полигональные формы, мерзлотно-пучинные образования, термокарстовые воронки и озера	23	
		Заболоченности		
Межгорные понижения лиственнично-ерничково-маревые	Мерзлотные	Мерзлотно-пучинные образования, полигональные формы, термокарстовые воронки	24	
		Мерзлотно-пучинные образования		
	Болотно-мерзлотные			

цессы (обвалы, оползни, сели, снежные лавины), для участков пояса восточной экспозиции (восточный макросклон) — гравитационные, а на противоположном, западном, макросклоне преобладают лавинно-селевые и водно-эрозионные процессы. Для подгольцового пояса характерно уменьшение доли гравитационных процессов и увеличение пролювиальных. Большая часть Икатского хребта обладает слабо и умеренно расчлененным рельефом. Здесь преобладают десерпционно-мерзлотные процессы. Наиболее активно они протекают в гольцовом и подгольцовом поясах, где широко развиты курумы и солифлюкционные формы. На склонах таежного пояса, в значительной мере задержанных, ведущими становятся делювиально-пролювиальные процессы и медленные десерпционные смещения почвенно-грунтовых масс. Интенсивность их проявления и пораженность в этом поясе резко снижаются.

Вторая зона — преимущественной аккумуляции — включает днища котловин и понижений (Баргузинская котловина и др.), сложенные рыхлыми кайнозойскими отложениями. В целом здесь можно выделить три подзоны с характерными комплексами экзогенных процессов: подгорные шлейфы, заболоченная пойма и сухие степные террасы. Шлейфы наиболее подвержены селям, которые зарождаются в соседнем Баргузинском хребте. Пойма и низкие озерные террасы почти повсеместно заболочены. Здесь широко развиты мерзлотные формы (термокарстовые озера, бугры морозного пучения, мерзлотные полигоны). Высокие и сухие степные террасы, сложенные пылеватыми суглинками и супесями, подвержены ветровой эрозии. В местах развития пересыхающих озер встречаются солонцы.

Особое место занимают горно-долинные комплексы. По горным долинам происходит транспортировка поступающего со склонов гор материала и вынос его в котловину. Ведущими процессами здесь являются флювиальные (руслевая и пойменная эрозия) и мерзлотные (наледы).

Главное значение при создании карты имели материалы, полученные дистанционными методами. С их использованием были достигнуты быстрота и оперативность в работе, объективность выделенных границ участков с различными качественными и количественными характеристиками экзогенных процессов.

Общие принципы методики построения карты традиционны. В результате камерального дешифрирования аэро- и космических фотоснимков (АКФС) выделялись контуры участков с различным набором ЭГП, которые обследовались и в полевых условиях. При этом на значительной части территории были выполнены аэровизуальные маршруты. Детальные исследования проводились в первую очередь на ключевых участках, где были осуществлены наиболее полные наблюдения за экзогенными процессами. Площадная экстраполяция данных, полученных на ключевых участках, с их характерным набором дешифровочных признаков осуществлена опять же с использованием АКФС. Следует отметить, что на космических снимках (КС) многие экзогенные процессы и формы их проявления прямым образом не отображаются и они могут быть выделены только по косвенным признакам. С этой целью текстурно-структурные особенности и фототон изображения КС сопоставляются с характерным набором экзогенных процессов, достоверность которых подтверждается исследованиями на ключевых участках.

Непосредственно на КС отображаются и дешифрируются флювиальные процессы, долинные наледы, а также последствия катастрофических процессов — селей, снежных лавин, крупных горных обвалов и оползней. Значительные площади осыпей и курумов, а также солифлюкционных смещений выделяются по характерному фототону и структуре фотоизображения. Уточнение их деталей и особенностей строения производилось по аэрофотоснимкам (АФС). Мерзлотные процессы — пучинные, полигональные образования и болотно-мерзлотные формы также распознавались

Ведущий процесс или явление и интенсивность его проявления (пораженность)

Ведущий процесс или явление	Расчетная формула (S — общая площадь)	Численные значения (соответствуют толщине штриховки)			
		сильная	умеренная	слабая	весьма слабая, не отмечается
Обвалы и осыпи	$Q = \frac{S_q}{S}$ Q — коэфф. пораженности S_q — площадь, покрытая обвалами и осыпями	>0,9	0,9—0,4	0,4—0,1	<0,1
Осыпи и курумы	$N = \frac{S_n}{S}$ N — коэфф. пораженности S_n — площадь, покрытая осыпями и курумами	>0,8	0,8—0,5	0,5—0,1	<0,1
Курумы	$K = \frac{S_k}{S}$ K — коэфф. пораженности S_k — площадь, покрытая курумами	>0,5	0,7—0,4	0,4—0,1	<0,1
Сели	$C = \frac{n_c}{S}$ C — коэфф. пораженности n_c — колич. селевых ложбин (водотоков)	>0,5	5—4	3—1	<1
Микросели	$T = \frac{n_t}{S}$ T — коэфф. пораженности n_t — колич. селевых ложбин и борозд	>10	10—5	4—3	<3
Промоины	$\Pi = \frac{n_n}{S}$ Π — коэфф. пораженности n_n — колич. промоин	>5	5—3	3—1	<1
Склоновый смыв	$D = \frac{S_d}{S}$ D — коэфф. пораженности S_d — незадернованная площадь	>0,2	0,2—0,1	0,1—0,05	<0,05
Мерзлотно-пучинные и солифлюкционные образования	$M = \frac{S_m}{S}$ M — коэфф. пораженности S_m — площадь участков с мерзлотно-пучинными образованиями	>0,7	0,7—0,4	0,4—0,1	<0,1
Заболачивание	$L = \frac{S_l}{S}$ L — коэфф. пораженности S_l — площадь заболоченных земель и болот	>0,8	0,8—0,4	0,4—0,1	<0,1
Развевание	$\mathcal{E} = \frac{S_e}{S}$ \mathcal{E} — коэфф. пораженности S_e — площадь развеваемых песков и эродлируемых почв	>0,5	0,5—0,2	0,2—0,05	<0,05
Засоление	$\Gamma = \frac{S_z}{S}$ Γ — коэфф. пораженности S_z — площадь солонцов	>0,2	0,2—0,1	0,1—0,01	<0,1

только по АФС. Однако их площадное распространение достаточно надежно может быть выявлено по РС.

Характерный набор экзогенных процессов (явлений) с ведущим из них на том или ином участке отображен на карте фигурной штриховкой, причем толщиной линий штриха (4 градации — от 0,2 до 1,0 мм — с увеличением через каждые 0,2 мм) показывается интенсивность ведущего

процесса или площадная пораженность им в пределах участка. При этом по табличной легенде-экспликации (см. табл. 1) можно установить, в каких ландшафтно-геоморфологических и геологических условиях возникает и развивается этот процесс. Формулы, по которым рассчитаны численные значения коэффициента пораженности, приведены в табл. 2. Коэффициент пораженности является косвенным интегральным показателем развития того или иного процесса и созданных им форм за длительный период времени (по-видимому, период формирования современного рельефа). Ранее по этому принципу была проведена количественная оценка ЭГП Черноморского побережья СССР [Современные... процессы..., 1976].

Подбором условных знаков при составлении карты предусматривалось наиболее наглядно показать районы с характерными ЭГП и их количественными характеристиками. Альпинотипные участки хребтов с широко развитыми ледниковыми формами в гольцовом и подгольцовом поясах Баргузинского хребта повсеместно поражены гравитационными и пролювиальными процессами. Поэтому здесь использовалась наиболее интенсивная штриховка. Повышенная толщина линий подчеркивает их широкое площадное развитие (пораженность). Горно-таежный пояс с господствующим развитием делювиально-пролювиальных процессов слабой и умеренной интенсивности имеет на карте штриховку умеренной плотности и толщины. Области преимущественной аккумуляции — Баргузинская котловина и предгорные равнины, расположенные со стороны Байкала, — отображены на карте более разреженной штриховкой. Горизонтальными линиями выделяются болота и заболоченные земли с характерным набором мерзлотно-болотных процессов, линиями с точками — степные участки с преобладанием эоловых процессов.

При составлении карты ЭГП авторы стремились к тому, чтобы интенсивность штриховки снижалась по мере уменьшения пораженности. Поэтому контуры с самой интенсивной штриховкой на карте, как правило, имеют более плотный штриховой фон и соответствуют районам с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями.

Использование космической информации при составлении карты позволило, при сохранении ее высокой информативности, выполнить эту работу в сжатые сроки, объективно и по единым принципам провести не только разграничение картографируемых объектов, но и не потерять при этом их ранговость. Это достигнуто благодаря высокой генерализационной способности и одновременно не менее высокому разрешению космических снимков. Поэтому в большинстве случаев границы выделов на карте были проведены с использованием космических материалов, вместе с тем уточнение деталей строения и определение количественных показателей интенсивности развития экзогенных процессов (пораженности) производилось по аэроснимкам, в ходе аэровизуальных наблюдений и непосредственно при полевых наземных исследованиях.

Такой подход позволил одновременно выделить районы с широким набором «фоновых» процессов и явлений и в ареалах провести разделение по набору ведущих процессов. В дальнейшем определялись главные процессы и явления и для них рассчитывались численные значения пораженности.

Сочетание детальности исследований, большой территориальной охват при одновременном соблюдении иерархических классификационных принципов — главное достоинство составленной карты, преимущество, которого другими способами не всегда удается достичь.

ЛИТЕРАТУРА

- Костенко Н. П., Лыкошин А. Г., Попов И. В. Рельефообразующие процессы и значение их изучения в прикладных целях. — В кн.: Современные экзогенные процессы рельефообразования. М.: Наука, 1970, с. 29—36.
- Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР/Ред. А. И. Шеко. М.: Недра, 1976. 184 с.

УДК 551.4+550(571.1)+629.78

Основные направления аэрокосмических исследований природных комплексов Сибири и Дальнего Востока. Я н ш и н А. Л., З я т ь к о в а Л. К. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Рассматриваются три основных направления и задачи, связанные с применением аэрокосмической фотонформации для исследования природных явлений и ресурсов в Сибири и на Дальнем Востоке. Эти направления посвящены изучению биологических ресурсов, геолого-географических явлений и процессов, связанных с поисками полезных ископаемых, изучением новейших и современных тектонических движений и с применением ЭВМ, автоматической аппаратной обработке при специальном дешифрировании аэрокосмических фотоматериалов.
Библиогр. 35.

УДК 629.78+551,24+552.3(571.1)

Структурная геоморфология и ее основные проблемы в связи с использованием аэрокосмической фотонформации (на примере Западной Сибири). З я т ь к о в а Л. К. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

В работе рассмотрены новые проблемы структурной геоморфологии в связи с широким применением в исследованиях аэрокосмической фотонформации, а именно в связи с выяснением причин отражения глубинных структур на космических снимках. Основными задачами климатической (экзогенной) геоморфологии являются познание с помощью космической информации природы формирования различных типов экзогенных форм рельефа, предвидение будущего развития экзогенных процессов в связи с антропогенным вмешательством в районах активного освоения Сибири.
Табл. 2, библиогр. 41.

УДК 528.7:911.2(571)

Географические исследования в Сибири и проблемы использования аэрокосмических материалов. В о р о б ь е в В. В., П л а с т и н и н Л. А., Б е л о в А. В., Б о г о я в л е н с к и й Б. А., К о с м а к о в а О. П., М и х е е в В. С. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Статья посвящена проблемам использования аэрокосмических материалов и методов в географических исследованиях Сибири. В кратком изложении дается характеристика географических задач, решаемых Институтом географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР с помощью аэрокосмических методов. При этом рассматриваются некоторые методические вопросы географического дешифрирования аэрокосмических фотоснимков, приводятся первые результаты картографирования природных условий и ресурсов на ключевых участках Восточной Сибири. В статье обосновываются перспективные направления аэрокосмических методов в географии.
Библиогр. 10.

УДК 551.24.01+528.77+629.78

Изометрические (кольцевые) и спрямленные элементы природных образований на космических фотоснимках Сибири. Я н ш и н А. Л., З я т ь к о в а Л. К., Ю д и н В. С., Б е л о н о с о в И. И., Б е р е з о в с к а я Р. В., М и с т р ь о в А. А. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Рассматриваются различные формы отражения на космических снимках структурных особенностей Сибири. Дается классификация и предварительное обоснование причин отражения изометрических и спрямленных элементов природных образований, изучение которых может явиться одним из критериев дальнейших поисков полезных ископаемых и изучения природных особенностей Сибири.
Ил. 3, табл. 3, библиогр. 32.

УДК 528.77(202+203):551.24

Значение качества и масштаба аэро- и космоснимков при геологическом дешифрировании на юге Западной Сибири. Б е л я е в а В. А. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Геологическая информативность аэро- и космоснимков зависит не только от геологического строения и геоморфологических условий территории, но также от их качества и масштаба. Указывается на необходимость комплексного применения аэро- и космоснимков. Подчеркивается, что информативность космоснимков может быть увеличена с помощью оптико-электронной обработки их.
Библиогр. 3.

УДК 629.7+551.2+553.3

Использование аэрокосмических съемок для изучения озер южных равнин Западной Сибири. С и н е л ь н и к о в Д. А. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Отмечено большое значение дешифрирования аэрокосмической фотонформации для изучения древних озерных котловин и речных долин.
Ил. 3, библиогр. 2.

Использование материалов космических съемок для составления эрозионных карт. Г о р б у н о в В. И. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Рассматриваются методы составления специализированных тематических карт, в том числе и эрозионных.

Некоторые результаты изучения четвертичных отложений и рельефа центральной части Западно-Сибирской равнины на основе дистанционных методов. Б о л к о в И. А. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Широкое использование дистанционных методов позволило выявить ряд новых особенностей строения четвертичных отложений и рельефа центральной части Западной Сибири. В рельефе и осадках имеют четкое выражение два субширотных линеймента. Северный совпадает с гребнем Сибирских увалов, а южный контролирует существование многих возвышенных участков междуречий, уступов, склонов и дна долин, а также осадков разного возраста и генезиса в северной части Обь-Иртышского междуречья. Получены новые доказательства озерного генезиса низких ступеней рельефа. Выявлена древняя акватория и береговая линия озера, существовавшего в конце позднеледниковья в северной части Кондинской низины. Впервые охарактеризована новейшая позднеледниково-голоценовая речная поверхность, ограниченная верхними уступами региональной развитой I надпойменной террасы.

Геоморфологические процессы по материалам дистанционной съемки (на примере Тувинских котловин). М и л я е в а Л. С. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

На разномасштабных аэрофото- и космических снимках непосредственно видны следы деятельности экзогенных процессов, которые рассматриваются как результат взаимодействия многочисленных природных факторов при изучении рельефа котловин (целостных природных комплексов). При таком подходе геоморфологическая интерпретация материалов дистанционной съемки с использованием данных скважин о рыхлых отложениях позволяет выявить динамику рельефообразования. Ил. 4, библиогр. 5.

Изображение морфоструктуры Средней Сибири на мелкомасштабных космических снимках. И с а е в а Л. П., К р а у ш М. А. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

На базе анализа мелкомасштабных космических снимков системы «Метеор» в Средней Сибири были выделены поля различных фототоннов и рисунков изображения, сопоставление которых с данными геологических и топографических карт разрешило интерпретировать их как крупные морфоструктуры. Приводится описание морфоструктур, ограничивающих их морфоструктурных линейментов и трансморфоструктурных линейментов, совпадающих с границами или другими элементами рельефа лишь частично. Отмечается, что максимальная информация для изучения рельефа содержится в зимних космических снимках, сделанных в длинах волн 0,8—1,0 мкм. Ил. 3, библиогр. 3.

О роли аэрокосмической информации при прогнозе и поиске (на примере зон нефте- и газонакопления Средней Сибири). В и т я з ь В. И., Б о г а ц к и й В. В. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Аэрокосмическая информация позволяет опознать различные геологические структуры, особенно протяженные, которые очерчивают зоны нефте- и газонакопления. Месторождения углеводородов, представляющие крупные по размерам зоны повышенной проницаемости, часть объема которых заполнена нефтью и газом, рассматриваются как типичные потоковые месторождения. Автоколебательная система Земли управляет и регулирует не только процессы тектонического структурообразования, но и геохимической концентрации — рассеяния. Морфоструктуры и ареалы расчлененности рельефа, как правило, не совмещаются с трещинно-дизъюнктивными ареалами, но совместно с дизъюнктивами формируют морфологический облик земной поверхности. Зоны нефте- и газонакопления не только тяготеют к крайним трещинно-дизъюнктивным ареалам, опознаваемых как поля плотности региональных линейных структур, фиксируемых из ближнего космоса, но и располагаются по периферии морфоструктур и ареалов расчлененности рельефа. Только взаимосопряженная интерпретация наземной и аэрокосмической информации позволяет локализовать перспективные площади. Ил. 1, табл. 1, библиогр. 8.

Результаты дешифрирования телевизионных и инфракрасных космических снимков территории, прилегающей к трассе БАМ. Ероменко В. Я., Амантов В. А., Богуславский И. С. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

По ТВС и ИКС выявлены геоблоки, отличающиеся направлением и амплитудой новейших движений, линейные и кольцевые структуры. Кроме известных северо-восточных разломов и их зон, уверенно дешифрирующихся (Монголо-Охотский и Удино-Витимо-Становой структурные швы, Тукурингро-Джандинская система и др.), опознана система крупных северо-западных разломов, плохо выраженных на существующих геологических картах, но четко проявленных в магнитном поле.

Выявлено тяготение значительной по масштабу эндогенной минерализации к местам пересечения продольных региональных и поперечных трансрегиональных разломов между собой, а также с кольцевыми структурами.

Ил. 1, библиогр. 3.

УДК 551.243+553.3.078+550.814

Опыт корреляции аэрокосмической информации с новейшими геолого-геофизическими данными при тектонических исследованиях на БАМ. Фомин Д. П., Грабкин О. В. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Результаты дешифрирования аэрофотоснимков и космоснимков крупного, среднего и мелкого масштабов на южной части Чарского складчатого овала (в полосе, прилегающей к трассе БАМ) показали, что разломы древнего заложения и подновленные имеют разный характер проявления. На примере показано, что дешифрируемые разломы отражают в основном этап мезокайнозойской активизации. Докембрийские глубинные разломы, заверенные геолого-геофизическими данными, выявляются на мелкомасштабных фототелевизионных снимках. Изучение систем разновозрастных разломов различного ранга следует проводить комплексно и на основе историко-геологического анализа эволюции крупных структурных элементов.

Ил. 3, библиогр. 3.

УДК 551.24:553.27+553.311

Применение космической фотоинформации для изучения структурного контроля железорудения в Чаро-Токтинском районе Якутии. Третьяков Г. А., Михайлов Ю. Я., Калугин И. А. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

На основании результатов дешифрирования космических снимков рассмотрены вопросы дизъюнктивной тектоники и районирования западной части Алданского щита. Выявлены четыре разновозрастные зоны геосинклиналиных разломов. Предполагавшаяся ранее приуроченность Чаро-Токтинских железистых кварцитов к Чарскому линейamentу в современной структуре не обнаружена. На южном фланге рудной полосы по геофизическим данным выделен гранито-гнейсовый купол, подтверждаемый материалами бурения. Установлены зоны разломов, секущие железистые кварциты.

Ил. 4, библиогр. 9.

УДК 528.7:55

Использование высокоточных геомагнитных измерений при дешифрировании космоснимков. Ларионов В. А., Юдин В. С., Дядьков П. Г., Белоносов И. И., Мистрюков А. А. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

В целях определения связей между фотоаномалиями космоснимка и аномалиями магнитного поля, использования их при интерпретации космического материала выполнены в ряде районов высокоточные магнитные измерения. Пространственное положение полученных аномалий в определенной степени соответствует расположению отдешифрированных по космоснимкам структур. Предварительный анализ полученных данных показал рациональность использования высокоточных геомагнитных измерений при интерпретации космоснимков.

Ил. 2, библиогр. 6.

УДК 528.7:55+629.7

Результаты комплексной обработки и интерпретации космоснимков на примере отдельных районов Средней Азии. Юдин В. С. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Использование геолого-геофизической информации при обработке снимка позволяет выделить фотоаномалии преимущественно с геологическим содержанием. При интерпретации отдешифрированного по космоснимкам материала различны признаки отображающихся на космоснимке природных образований, установленные закономерности связи геолого-геофизических характеристик и природного образования с фотоаномалиями снимка. Полученная в результате информация может быть использована при составлении структурно-тектонических карт.

Ил. 1, библиогр. 21.

УДК 551.24:528.711(575.11/12/13)

Геологическое дешифрирование космофотоснимков на территорию Среднего Тянь-Шаня. Надыршин Р. И., Ташходжаев Д. А., Шимолин А. В., Шарипов Т. Т. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

В данной работе проводится методика дешифрирования космофотоснимков. Показаны возможности применения результатов геологического дешифрирования КФС в геологии и при выделении перспективных участков для выявления антиклинальных структур. Ил. 1, библиогр. 17.

УДК 528.745+556.04

Вопросы использования космической информации при гидрологических исследованиях в горных районах. Вострякова Н. В. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Рассматриваются конкретные методы использования спутниковой информации в области расчетов и прогнозов стока горных рек. Анализ выполнен на основании собственных разработок автора и обзора литературы. Библиогр. 14.

УДК 551.4+550(571.1)

Итоги и перспективы развития исследований природных ресурсов с помощью аэрокосмических средств. Исаев А. С., Плешиков Ф. И. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Рассмотрены основные проблемы и перспективы исследований природных ресурсов для решения фундаментальных и научно-прикладных задач лесоботанической науки.

УДК 535.361:581.5

Некоторые результаты исследований спектральной яркости посевов сельскохозяйственных культур и лесных сообществ. Терсков И. А., Сидько А. Ф., Соколов В. И., Филимонов В. С. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Приводятся результаты исследований спектральной яркости посевов пшеницы с различной урожайностью. Проводится анализ сезонных изменений спектральной яркости исследуемых посевов. Устанавливаются спектральные области, в которых спектральные коэффициенты яркости посевов пшеницы с разной урожайностью имеют достоверные различия. Предлагается методика для оценки урожайности посевов пшеницы и определения момента созревания растений. Анализируются сезонные и видовые различия спектральной яркости лиственных и хвойных древостоев. Проводится сезонная периодизация их спектральных коэффициентов яркости. Ил. 6, библиогр., 7.

УДК 535.361:551.4

Гидрооптические исследования фитопланктона залива Петра Великого (Японское море). Сидько Ф. Я., Апонасенко А. Д., Франк Н. А., Силкин В. А., Шур Л. А., Сидько А. Ф. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Дается важнейшая характеристика фитопланктона водоемов по данным аэрокосмических съемок. Ил. 3, библиогр. 4.

УДК 591.9(5—013)+591.526

Охотничье-промысловые ресурсы и особенности животного населения (на примере Среднего Приобья). Белов С. Н., Вартапетов Л. Г., Николаев В. В., Равкин Ю. С., Цыбулин С. М., Шадрин В. И., Юдин В. С. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Приводится оценка численности и размещения диких копытных, охотничье-промысловых птиц и наземных позвоночных (птиц, мелких млекопитающих и земноводных) и рассматриваются пространственные изменения населения этих групп животных. Для оценки населения позвоночных среднеэтажного Приобья использована карта групп типов рельефа, выполненная на основе аэрокосмической информации. Последняя позволяет проводить более оперативную и надежную оценку запасов животного населения. Ил. 1, табл. 3, библиогр. 2.

УДК 634.0.434+551.04:634.011

Опыт ландшафтно-экологической оценки влияния пожаров на формирование лесов с использованием материалов аэрокосмической съемки. Фуряев В. В. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1983.

В статье рассмотрены объективные предпосылки необходимости изучения долговременных последствий лесных пожаров в пределах крупных участков таежной зоны. Освещен опыт оценки роли пожаров в формировании лесов на основе карт их послепожарной динамики, разрабатываемых на ландшафтной основе с использованием аэрокосмических снимков. Ил. 1, табл. 2, библиогр. 19.

Изучение закономерностей пространственного распределения почв с использованием аэрокосмических снимков среднего Приобья. Овчинников С. М. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

На эталонных ключевых участках с целью выявления взаимосвязей почвенного покрова с рельефом местности, литологией почвообразующих пород и растительности проведены наблюдения с применением аэрокосмической информации.
Ил. 1, библиогр. 5.

УДК 634.0.587.2

Использование взаимосвязей растительности и рельефа при дешифрировании космических снимков. Седых В. Н., Васильев С. В., Мозаевский В. Г. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Рассматриваются региональные взаимосвязи растительности и рельефа в пределах среднетаского Приобья. Специфика экологических условий, возникающих при различной степени расчленения рельефа, определяет изменение как количественной, так и качественной стороны лесности, а следовательно, и формационно-экологического состава лесов. Выявленные корреляционные связи были аппроксимированы с целью использования их при дешифрировании космических снимков.
Табл. 2, библиогр. 14.

УДК 914.2:528.93(528.77+629.78)(571.5)

Аэрокосмическая информация в сопряженном тематическом картографировании Северного Прибайкалья. Белов А. В., Пластинин Л. А. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Приводятся некоторые результаты теоретических и методических поисков сопряженного тематического картографирования аэрокосмическими средствами. Рассматривается первый опыт создания серии сопряженных тематических карт природы на основе аэрокосмических методов и материалов на район Северного Прибайкалья, включающего западный участок БАМ. Формулируются достоинства и преимущества разрабатываемых принципов и методов аэрокосмического картографирования природных ресурсов Сибири.
Библиогр. 3.

УДК 911.2+571.5+629.7

Картографирование экзогенных геологических процессов с использованием аэрокосмических материалов. Пластинин Л. А., Абаляков А. Д., Гужиков Т. И. Космические исследования природных комплексов Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука, 1983.

Рассматривается карта экзогенных геологических процессов района Северного Прибайкалья и методика ее составления, основанная на использовании материалов аэрокосмических съемок. На карте отображено распространение процессов и явлений и дается количественная оценка пораженности ими территории.
Ил. 1, табл. 2, библиогр. 2.