



**АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**

СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

НОВОСИБИРСК—1979

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

**АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

НОВОСИБИРСК—1979

УДК 77.047 (201)55 (19)

В сборник включены доклады, прослушанные на Первой научной сессии Координационного совета по аэрокосмическим исследованиям природных явлений и ресурсов (г.Новосибирск), посвященной теоретическим и практическим вопросам дешифрирования аэрокосмической фотоинформации. Приведены результаты дешифрирования космических фотоснимков ряда конкретных регионов.

Сборник рассчитан на широкий круг исследователей, использующих в своей научной и производственной деятельности аэрокосмические фотоматериалы.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
академик **А.Л.Яншин**

РЕДАКТОРЫ СБОРНИКА
канд. геол.-мин. наук **Л.К.Зятькова, Р.В.Оболенская**

Печатается * по решению секции стратиграфии, тектоники, литологии и осадочных полезных ископаемых Ученого совета Института геологии и геофизики СО АН СССР

© Институт геологии и геофизики СО АН СССР
1979 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Применение аэросъемок и аэровизуальных наблюдений для изучения геологического строения обширных территорий, а также для изучения лесов, паводковых вод, ледников и других природных объектов давно уже стало обычным. По этим вопросам существует огромная отечественная и зарубежная литература, которая сделала аэрометоды привычными и во многих случаях необходимыми.

Значительно моложе и потому не многочисленны методы исследования природных объектов и состояния природной среды с применением снимков, сделанных с искусственных спутников земли и космических кораблей. Однако уже очевидно, что это новое мощное средство изучения природных ресурсов Земли и наблюдения за их состоянием. На обычных космических снимках «просвечивают» структуры земной коры, перекрытой горизонтальным плащом новейших отложений, неразличимые даже на аэро, лантные в разных волновых диапазонах, позволяют производить таксацию лесных массивов, судить о видовом составе лесных ценозов, степени их поврежденности вредителями и пожарами. По космическим снимкам можно судить о количестве хлорофилла на водной поверхности и таким образом оценивать биологическую продуктивность водоемов. Выявляются все новые и новые возможности использования космических снимков и наблюдений из космоса и для изучения природных ресурсов Земли, совершенствуется аппаратура для съемок и для «чтения» таких снимков. Появилась уже литература по этому вопросу и составлены первые карты всей территории СССР, на которых ее тектоническая структура изображена по данным космических наблюдений. Далеко не все пока на этих картах достоверно, но первые шаги сделаны, и далее следует развивать методику наблюдений из космоса, космических съемок и их интерпретации.

На основании

СССР о необходимости широкого использования средств космической информации для изучения природных ресурсов нашей страны при Президиуме Сибирского отделения АН СССР был организован Научно-координационный совет по проблеме «Аэрокосмические исследования природных ресурсов». Этот совет объединил разрозненные работы многих институтов Сибирского отделения, связанные с использованием аэрокосмических материалов, добился их значительного расширения и комплексирования, начал организацию центров обработки аэрокосмической информации в Новосибирске, Красноярске, Иркутске, Якутске.

Сложность геолого-географических условий Сибири, а также охрана окружающей среды предопределили создание новых программ и подходов к планомерному и рациональному освоению ее природных богатств. Принятая в Сибирском отделении АН СССР комплексная долговременная программа «Сибирь», для выполнения которой организован ряд научно-координационных советов, объединяет все подразделения, работающие по этой программе. Одним из них является ранее созданный Научно-координационный совет при Президиуме СО - АН СССР по проблеме «Аэрокосмические исследования природных ресурсов».

Деятельность этого совета направлена на дальнейшее развитие теоретических и прикладных исследований, на выполнение задач, предусмотренных планом десятой пятилетки и отраженных в программе «Сибирь». Свыше 20 институтов СО АН СССР, научно-исследовательских и научно-производственных организаций и учреждений других министерств и ведомств, координируемых Советом, используют в своих исследованиях аэрокосмическую фотоинформацию. Они объединены в три основные секции.

Первая секция по использованию аэрокосмических средств для изучения биологических ресурсов (председатель—чл.кор. АН СССР А.С.Исаев).

Вторая секция по использованию аэрокосмических средств для геолого-географических исследований (председатель—чл.кор. АН СССР В.Н.Сакс).

Третья секция по использованию технических средств и автоматизации обработки аэрокосмических материалов (председатель—чл.кор. АН СССР А.С.Алексеев) объединяет исследователей, занимающихся физико-математическими и техническими проблемами обработки изображений Земли.

В мае 1978 г. Совет провел в Новосибирске Первую научную сессию.

Доклады, сделанные на этой сессии, публикуются в виде двух сборников. В один вошли доклады, связанные с использованием космических материалов при геологических и геоморфологических исследованиях, а также немногочисленные доклады о применении таких материалов при изучении снежного покрова, лесов и при решении медико-биологических и санитарно-гигиенических проблем. В другой сборник вошли доклады, касающиеся математической обработки аэрокосмических изображений, а также доклады об использовании оптических свойств растительных ценозов суши и моря и об использовании математической обработки космических снимков в геологии.

Материал докладов разный по своему значению, однако он говорит о том, что использованием космических снимков для изучения природных ресурсов заинтересовались широкие научные круги Сибири. Даже отраднo, что эти первые шаги такие разные, они служат залогом разнообразия путей и подходов к большим достижениям в ближайшем будущем.

Учитывая то, что в основном на наших научных сессиях докладывались и будут докладываться материалы, которые имеют прямое отношение к работам, выполняемым по программе комплексного освоения природных ресурсов Сибири, мы публикуем труды нашей научной сессии под рубрикой «КОСМОС—программе «СИБИРЬ».

А.Л.ЯНШИН

О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БАЗЫ КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Использование снимков Земли из космоса для решения геологических задач—космогеологические исследования, или космогеология по предложению А.В.Сидоренко (1972)—уже прошло первый этап изучения возможностей применения и определения круга решаемых с их помощью задач. Начался этап, характеризующийся, с одной стороны, широким использованием материалов космических съемок в производственной деятельности геологических организаций, с другой—осмысливанием специфики космогеологических исследований, разработкой их теории и методики. При этом сложилась ситуация, отражающая болезнь роста: материалы космических съемок широко используются в практической деятельности многих научных и производственных организаций, составление космофотогеологических карт оформилось в качестве нового вида региональных геологических работ, в то же время теоретическая и методическая база космогеологии разработана относительно слабо.

Геологами нашей страны к моменту получения первых изображений Земли из космоса был накоплен большой опыт использования в геологических исследованиях разномасштабных аэрофотоснимков. Это безусловно способствовало быстрому освоению навыков работы с космическими снимками (КС). Многие теоретические положения и приемы геологического дешифрирования аэро- и космических фотоснимков казались общими. Однако после первых же опытов применения КС стали очевидными и многие отличия в подходе к дешифрированию этих материалов, являющиеся следствием их особенностей, прежде всего—мелкомасштабности.

Это не всегда учитывается, и в ряде случаев приводит к неверным рекомендациям. Так, в учебном пособии по космическим методам в геологии, допущенном Министерством высшего и среднего специального образования для студентов геологических специальностей вузов, основными задачами при дешифрировании КС с целью изучения тектоники считаются «установление последовательности и условий залегания пород,

выявление и изучение складчатых и разрывных структур, выяснение истории их развития ... Тектоническое дешифрирование начинается с определения элементов залегания пород» (Кац и др., 1976, с.83).

Эти рекомендации применимы целиком к аэрофотоснимкам (Петрусевиц, 1962, с.188), но совершенно не учитывают особенностей дешифрирования тектоники по КС. Благодаря высокой обзорности КС наиболее благоприятны для изучения крупных геологических объектов регионального и глобального ранга (региональные и трансрегиональные разломы, складчатые системы в целом и их крупные составные части) и для установления соотношения между этими объектами (Можаев и др., 1974). В этом основное преимущество КС применительно к изучению тектоники, в этом они не могут быть заменены другими методами. Этот пример свидетельствует о том, что теоретические и методические вопросы космогеологических исследований требуют специальной разработки.

Космогеология—это раздел научной дисциплины дистанционных методов геологических исследований, имеющей свой предмет изучения, методическую и теоретическую базу. Предметом космогеологии как раздела этой научной дисциплины являются методы изучения геологического строения Земли по данным, полученным из космоса. Основной метод космогеологии—анализ изображений поверхности Земли, полученных из космоса преимущественно в «видимом» диапазоне. Начинают развиваться и визуальные наблюдения из космоса. С развитием науки и техники методы космогеологических исследований Земли становятся более разнообразными как за счет расширения диапазона электромагнитных волн, используемых для получения изображения, так и за счет изучения физических полей Земли. Теория космогеологических исследований—это не просто совокупность отдельных теоретических положений разных наук, это—теория самостоятельной науки, которая изучает взаимосвязанные вопросы, лежащие на стыке геологии, ландшафтоведения, аэросъемки, физики атмосферы, теории информации и других дисциплин.

В таком понимании теория космогеологических исследований не разработана, более того, в полном объеме не определен еще и круг теоретических положений космогеологии. В настоящее время могут быть выделены лишь отдельные вопросы, либо уже разрабатываемые, либо подлежащие разработке. Остановимся на некоторых из них.

1. Теоретической основой аэрогеологических исследований

является положение о природных индикаторах. Согласно ему геологические объекты, не выходящие непосредственно на дневную поверхность или выходящие, но покрытые почвами и растительным покровом, могут быть опознаны на снимках по природным индикаторам-элементам и компонентам ландшафта. Это предопределяет необходимость знания природных условий районов дешифрирования. В общем случае полнота и достоверность геологического дешифрирования снимков определяются полнотой знания дешифровщиком природных индикаторов и их связей с геологическими объектами.

Распространяется ли это положение и на космогеологические исследования? Несомненно да, поскольку на КС так же, как и на аэрофотоснимках, изображается поверхность Земли, в формировании изображения участвуют все компоненты ландшафта. Исследования В.И.Астахова и В.Я.Ероменко по Сибири (1974) и группы С.М.Богородского по Устьурту и Фергане (Артамонов, Богородский, 1974) и многими другими подтверждается, что для правильной интерпретации необходимо знание взаимосвязей между погребенными геологическими структурами и их природными индикаторами.

Однако методические положения теории природных индикаторов, разработанные в применении к аэрофотогеологическим исследованиям, не могут быть целиком перенесены на космогеологические исследования. Должны быть учтены, в частности, две особенности формирования изображения на КС.

Первая особенность заключается в том, что ведущая роль принадлежит геологическим факторам. Это происходит благодаря следующим обстоятельствам. Во-первых, увеличивается количество контуров (границ между участками изображения, отличающимися по структуре и тону), имеющих геологическую природу. Это границы геологических тел, их составных частей, элементы и детали их внутреннего строения. Во-вторых, плановое расположение не геологических компонентов ландшафта и его морфогеологических единиц оказывается более зависимым от геологического строения, чем было установлено на этапе крупно- и среднемасштабных ландшафтных исследований, проводившихся с использованием материалов аэрофотосъемки. Из этого следует, что тон изображения КС в большей степени чем тон аэрофотоснимка коррелируется с чертами геологического строения ввиду увеличения размеров элементарной площадки, от которой получается изображение. На это уже обращали внимание А.В.Доливо-Добровольский и С.И.Стрельников (1976₁). Таким образом, при дешифрировании таких снимков основное

значение приобретают структурно-геологические признаки: форма, размеры геологических тел, характер их соотношения, внутренний рисунок (Можаев и др., 1974).

В ландшафтоведении, как известно, большое внимание уделяется выделению доминирующего компонента, определяющего основные «физиономические» и динамические характеристики ландшафта. Использование мелкомасштабных КС открывает в этом направлении широкие возможности, свидетельствуя об определяющем влиянии эндогенных процессов на становление и развитие ландшафта. Это влияние проявляется в ландшафте как непосредственно, например, в форме тектонических движений (разлом—уступ, антиклиналь—возвышенность), так и опосредованно (через геоморфологические и ландшафтные аномалии, физические и химические явления).

Необходимость пересмотра некоторых теоретических положений географии, вытекающая при появлении мелкомасштабных КС, географами пока еще осознана слабо и в полном объеме не реализована.

Вторая особенность формирования изображения на КС, с точки зрения космогеологических исследований, заключается в том, что вследствие увеличения размеров изображенных на снимках поверхности Земли геологических объектов, обусловленного мелкомасштабностью и генерализацией изображения КС, возрастает ранг элементов и компонентов ландшафта, выступающих в качестве природных индикаторов. Так, благодаря высокому разрешению и крупному масштабу аэрофотоснимков на них различаются самые мелкие морфологические единицы ландшафта—фации и даже их составные части—парцеллы и фрагментарии (по Ю.С.Толчельникову, 1974), а среди компонентов ландшафта—отдельные формы рельефа и их элементы. КС мелкого масштаба и высокой обзорности фиксируют то, что на среднемасштабных аэрофотоснимках увидеть, как правило, не удастся—ландшафты и группы ландшафтов в целом, типы и комплексы типов рельефа как индикаторы крупных геологических объектов.

В зависимости от масштаба и разрешающей способности КС их принято по уровню генерализации и степени обзорности делить на глобальные, континентальные, региональные и локальные (Брюханов и др., 1977). К этому перечню можно добавить еще детальные КС, сопоставимые со среднемасштабными аэрофотоснимками. Показано, что снимкам разного уровня генерализации отвечают определенные «наборы» распознаваемых геологических объектов (Трофимов и др., 1976; Брюханов и др.,

1977). По-видимому, и природные индикаторы разного таксономического ранга наиболее отчетливы на КС разных уровней генерализации.

В последнее время в различных отраслях знаний развивается системный подход. Внедрение его в геологические исследования привело к появлению представлений об уровнях организации вещества. В связи с этим большой интерес представляет выявление корреляции между разными уровнями организации вещества и рангом природных индикаторов геологических объектов, изображающихся на КС, с одной стороны, и уровнями генерализации изображения—с другой. Вероятно, для различных структурных обстановок и для различных природных условий характер этой корреляции будет существенно различаться. К сожалению, исследования в этом аспекте не ведутся. Работа, предпринятая Г.Б.Гониным в Лаборатории аэрометодов объединения «Аэрогеология» Мингео СССР, пока касалась главным образом изучения влияния атмосферы на качество КС (Космическая фотосъемка и геологические исследования, 1975).

2. Анализ геологической информации, получаемой с помощью КС, показывает, что она качественно отличается по своему содержанию от данных, получаемых другими методами. Как известно, КС дают представление прежде всего о наиболее крупных элементах структуры земной коры. В частности, с их помощью установлено более широкое, чем предполагалось ранее, развитие структур, имеющих концентрическое строение (кольцевых структур), и линеаментов.

Кольцевые структуры отмечаются повсеместно: в пределах обнаженных щитов и плит платформ, в складчатых областях разного возраста. Анализ их пространственного расположения и морфологии на основе изучения КС с привлечением геолого-геофизических данных убедительно свидетельствует о том, что концентрические образования земной коры гетерогенны и разновозрастны. Предполагается, в частности, что существуют архейско-катархейские кольцевые структуры (гранитные овалы нуклеарной стадии формирования земной коры и гнейсовые овалы, являющиеся первичными складчатыми структурами верхних частей земной коры), фанерозойские кольцевые структуры (участки гранитообразования средней стадии развития геосинклинального процесса), разновозрастные вулканоплутонические кольцевые структуры, астроблемы (Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976₂), а также кольцевые структуры—очень пологие куполообразные молодые поднятия. (Шульц (мл.), 1973).

Установлено, что на КС отражаются линеаменты разных рангов: от отдельных образований небольшой протяженности до линеаментов, секущих без заметного смещения разные геоструктурные области, и «пучков» линеаментов шириною до нескольких десятков километров. Часть из них отождествляется со знакомыми нам по крупномасштабным работам трещинами отдельностей, разломами разного порядка и разной глубины заложения. Линеаменты же, секущие несколько геоструктурных областей и не имеющие заметных признаков вертикального или горизонтального смещения, а также некоторые другие линейные образования, отражающиеся на КС, пока еще не всегда объяснимы. Повсеместность их распространения, регулярность размещения в пространстве, в частности, выдержанность ориентировки на больших расстояниях и отчетливо проявляющаяся периодичность—все эти свойства крупных линеаментов указывают на их связь с глубинными структурами земной коры. Они могут быть либо следами первичных расколов земной коры, либо отражением относительно молодых процессов, в том числе и с участием космических факторов.

Только с помощью дистанционных методов мы убедились в том, что земная кора, независимо от предыстории Земли и современного тектонического режима, разбита системой блоков разных размеров, с различной степенью отчетливости проявленных в ее структуре. Это подтверждает предположения С.С.Шульца (1970) о существовании планетарной трещиноватости разных рангов и В.П.Мирошниченко (1973) о наличии планетарных отдельностей разных рангов. Планетарная трещиноватость и планетарные отдельности как элементы структуры земной коры не учитывались ранее и явно недооцениваются в настоящее время. Между тем они служат фоном, на котором проявляются все тектонические процессы: по образному выражению С.С.Шульца «тектонические напряжения рисуют свои узоры по канве планетарной трещиноватости» (Шульц, 1971, с.8).

Достижения космической геологии ставят перед геотектоникой следующую задачу: региональные модели геологического строения земной коры должны учитывать наличие структур, с большой отчетливостью проявляющихся на КС—концентрических и линейных образований. С другой стороны, перед специалистами в области космогеологических исследований стоят задачи определения геологической природы линейных и концентрических образований на КС, а также разработки методов распознавания по КС структурных элементов земной коры

(от отдельных структурных форм до крупных геоструктурных областей), различающихся по морфологии, генезису, тектоническому режиму и истории геологического развития. Это требует постановки специальных исследований.

3. При распознавании геологических объектов в закрытых (залесенных) районах по материалам дистанционных, в частности космических, съемок в настоящее время используются два подхода. Один основан на традиционной концепции о природных индикаторах (на мелкомасштабных изображениях изменяется ранг индикаторов). Другой подход, учитывающий роль геологических факторов в формировании изображения, исходит из возможности распознавания геологических объектов только по их прямым дешифровочным признакам (прежде всего по тону изображения). Этот подход на этапе развития аэрофотометодов имел некоторые предпосылки, но оформился только с появлением КС. Наиболее четко эти подходы различаются применительно к дешифрированию структурных форм разного ранга. Традиционные методы распознавания структурных форм в закрытых (залесенных) районах по КС базируются на достижениях ландшафтоведения и структурной геоморфологии. Как показано многочисленными исследованиями, структурные формы земной коры разных типов и новейшие тектонические движения проявляются в рельефе в форме ландшафтных и (или) геоморфологических аномалий.

Исходя из этого, в Лаборатории аэрометодов объединения «Аэрогеология» разрабатывается методика распознавания разных типов структур по материалам дистанционных съемок на основе математического моделирования. В частности, строятся геоиндикационные и интерпретирующие модели (Афанасьев, Теосев, 1974, 1976). Первые отражают сложные естественные взаимосвязи между структурными формами и их природными индикаторами. Интерпретирующие модели строятся на основе геоиндикационных и дают представление о тех дешифровочных признаках, по которым на изображении могут быть опознаны непосредственно структурные формы или их природные индикаторы (что встречается гораздо чаще). При построении обеих моделей учитывается сила связей на основе экспертной оценки.

В целом математическое моделирование позволяет выбрать с помощью ЭВМ систему наиболее информативных природных индикаторов для объективного и достоверного распознавания объекта (Афанасьев, Теосев, 1974). Предполагается, что в дальнейшем по составленным программам распознавания системы обработки типа «формат» смогут в автоматизированном

режиме отдешифровать аналоги тех геологических объектов, для которых создавались математические модели.

Обобщенная геоиндикационная модель новейшего поднятия (положительной локальной структуры) показана в таблице, где выделены только классы природных индикаторов, которые отражают существующую тенденцию проявления структуры в ландшафте и рельефе. Для того, чтобы эта геоиндикационная модель «заработала» в конкретных условиях и могла послужить основой интерпретирующей модели, необходима количественная характеристика каждого индикатора. Например, необходимо не только отметить тенденцию увеличения глубины вреза речной долины как признак новейшего поднятия, но и указать величину вреза, являющуюся аномальной. Привлекая в качестве индикатора увеличение крупности аллювия, необходимо привести процентное содержание крупных частиц по фракциям и т.д. Обычно такие данные собираются на примере 1-2 структур — эталонов, типичных для какого-то района по морфологии, генезису, истории формирования и располагающихся в природных условиях, ареал которых достаточно широк и может охватывать еще несколько невыявленных структур такого же класса.

Аналогичный подход применим и в случае решения других геологических задач на основе использования материалов дистанционных съемок, например, поисков грунтовых вод, определения мощности рыхлых отложений и т.д.

Второй подход в распознавании геологических объектов основан на предположении, что тон КС закрытых районов прямо и непосредственно коррелируется с геологическим строением земной коры и особенностями ее развития. Возможности этого подхода на уровне качественного дешифрирования показаны на примере ряда районов. В развитии этого подхода для Нижнего Поволжья сделана попытка определения с использованием ЭВМ коэффициента корреляции оптических плотностей фотонизображения одного из снимков, полученных с американского спутника «Лэндсэт», с вещественным составом фундамента Русской плиты (Флоренский и др., 1976). Аналогичные работы на более обширной территории Нижнего Поволжья и Прикаспия поставлены в Нижне-Волжском научно-исследовательском институте геологии и геофизики.

Следует признать преимущества второго подхода вследствие оперативности в интерпретации, отсутствия промежуточных звеньев в исследовании, связанных с изучением геоиндикационной роли элементов и компонентов ландшафта. Однако наиболее серьезное препятствие в развитии этого метода, с

нашей точки зрения, заключается в невозможности объективного и уверенного разделения тоновых аномалий изображения, обусловленных разными причинами.

Как известно, тон фотоизображения определяется, в первую очередь, непосредственно отражательными свойствами поверхности Земли (поверхность в данном случае понимается широко: это не только рельеф, но и другие компоненты и элементы ландшафта), и лишь опосредованно—геологическим строением (в том числе и глубоких горизонтов земной коры, выраженных морфологией и компонентами ландшафта, если они являются природными индикаторами геологических объектов). К тому же в литературе по аэрометодам на основе многолетнего опыта прочно установилось мнение о том, весьма неустойчивый дешифровочный признак. Он подвержен как регулярным сезонным и суточным изменениям, так и изменениям, предопределенным случайными причинами: степенью увлажнения местности, условиями освещенности, определяемыми микрорельефом, и т.д.

Что касается попыток определения коэффициентов корреляции между оптической плотностью КС и комплексом геолого-геофизических данных, известных по району съемки, то, хотя таким образом и может быть подтвержден факт существования причинных связей, механизм, их обуславливающий, не исследуется. Нам кажется, что объяснение этого механизма может быть получено только на основе геоиндикационного подхода.

4. Почти все исследователи, имеющие опыт дешифрирования КС, отмечают, что по таким снимкам дешифрируются элементы геологического строения не только вскрытых в дневном срезе поверхностных горизонтов земной коры, но и более глубоких. Описываются случаи отражения на КС особенностей строения поверхностей Конрада и Мохо (Макаров и др., 1974; Флоренская, 1976).

При этом по вопросу о механизме отражения глубинного строения земной коры на КС существует несколько весьма различных точек зрения. В соответствии с одной из них глубинность геологического дешифрирования ставится в прямую зависимость от масштаба КС и разрешения их на местности. «По мере увеличения дистанции съемки (или уменьшения разрешающей способности снимка) в фокусе изображения оказываются

зонтов земной коры (вплоть до верхней мантии)... Есть основания предполагать, что с уменьшением разрешающей способности, т.е. с генерализацией космических изображений, на них

читается структура все более глубоких горизонтов» (Макаров и др., 1974, с.34).

Согласно приведенному утверждению на снимке Земли, полученном с автоматической межпланетной станции «Зонд-5», —одной из самых мелкомасштабных фотографий Земли— должен отражаться структурный план наиболее глубокого среза. Однако все известные его геологические интерпретации ограничиваются выявлением структур, принадлежащих структурным этажам, обнаженным на дневной поверхности: осадочных чехлов платформ, их складчатых оснований, орогенов. Выделяются также крупные зоны разрывных нарушений, секущие и осадочный чехол, и фундамент. Никто по КС, полученным с «Зонд-5», не выделял образований, относящихся к более глубоким структурным этажам земной коры.

Действительно, с уменьшением масштаба изображения и со снижением разрешающей способности теряются детали и происходит генерализация изображения, вследствие чего дешифровщик имеет возможность наблюдать более крупные элементы геологического строения Земли. Латеральная неоднородность глубоких горизонтов земной коры проявляется в ландшафте, и чем глубже находится геологический объект, тем большая площадь на поверхности Земли может быть подвергнута воздействию вызываемых этим объектом гидрогеологических, геохимических, тепловых, механических и других факторов. Изменения в ландшафте, не улавливаемые при наземных наблюдениях и слабовоспринимаемые на крупномасштабных аэрофотоснимках, становятся заметными при генерализации на снимках, полученных из космоса.

Совершенно очевидно, что отражение глубинного строения недр на КС земной поверхности может быть объяснено только физическими и химическими процессами, обуславливающими передачу энергии и вещества из недр Земли к ее поверхности в радиальном направлении. Для этого необходимо привлекать преимущество в расположении участков различной тектонической активности разных структурных этажей, унаследованность развития структурных форм в пределах одного этажа, вертикальные и горизонтальные перемещения блоков земной коры по линиям раздела, а также различные геотермальные и геохимические процессы в земной коре (Макаров, Соловьева, 1976; Брюханов и др., 1977).

Следовательно, «рентгеноскопичность» КС по отношению к земной коре определяется не только техническими условиями съемки (масштаб, разрешение снимка на местности), но и тем,

до какой глубины земная кора преобразована молодыми физическими и химическими процессами, находящими отражение на поверхности Земли и вследствие этого—на КС. Если такие процессы развиты только в осадочном чехле, значит и отдешифрировать на КС можно только элементы структуры осадочного чехла и происходящие в нем процессы, если молодые геофизические и геохимические процессы затрагивают всю земную кору—по КС можно судить о строении всей надмантийной оболочки Земли.

Одной из форм отражения физико-геологических процессов являются новейшие тектонические движения. Характер их (штамповые движения геоблоков, тангенциальные движения плит литосферы, унаследованность по отношению к глубинным структурам земной коры и т.д.), по-видимому, и будет основным фактором, определяющим границу раздела в земной коре.

Этот тезис хорошо подтверждается результатами применения телевизионных сверхмелкомасштабных КС при изучении Приенисейской Сибири. Сибирская платформа непосредственно к востоку от Енисея—это область дифференцированных новейших тектонических движений умеренной активности, отличающихся по направленности и темпу движения геоблоков земной коры и затрагивающих как осадочный чехол так и фундамент. В пределах Западно-Сибирской плиты (области очень слабо дифференцированных, незначительных по интенсивности новейших

часто бывают наложенными по отношению к рельефу поверхности кристаллического фундамента. По материалам космических съемок в западной части Сибирской платформы могут выявляться элементы геологического строения (кольцевые структуры, разломы, поднятые и опущенные участки) и осадочного чехла, и фундамента. Те же материалы в условиях Западно-Сибирской плиты дают возможность изучать строение преимущественно осадочного чехла за исключением отдельных сквозных разломов (Астахов, Ероменко, 1974).

С этих позиций вполне объясняется широко известный факт, что докембрийские авлакогены Восточно-Европейской платформы, рассекающие ее в разных направлениях и играющие значительную роль в геологической истории этой территории (например, Крестецко-Оршанский) не видны на космических снимках любых масштабов высокого и низкого разрешения вследствие того, что они представляют собою структуры начальной стадии тектонической эволюции Восточно-Европейской платформы. Не подновлялись они и в последующее время

в частности, новейшими тектоническими движениями—об этом свидетельствуют детальные геологические и структурно-геологические исследования разных районов Восточно-Европейской платформы.

5. С появлением большого количества КС, представляющих информацию об огромных территориях в нескольких зонах спектра, достигает катастрофических значений уже давно намечившийся разрыв между скоростью поступления информации и скоростью ее обработки. Уже давно очевидно, что ликвидировать сложившееся положение можно только привлечением вычислительной техники.

Если несколько лет тому назад проблема автоматизации дешифровочного процесса сводилась только к проблеме автоматизации распознавания, то сейчас стало ясным, что применение вычислительной техники целесообразно и может быть даже обязательно на всех этапах работы с материалами дистанционных съемок: при предварительной обработке, собственно дешифрировании и обработке результатов дешифрирования.

Дешифрирование, в частности геологическое, может быть ускорено и более полно, если дешифровщик помимо оригинального изображения использует предварительно обработанное изображение (квантованное по оптической плотности, представленное в ложных цветах, пропущенное через частотный фильтр и т.д.). Это может достигаться обработкой изображения с использованием ЭВМ, применением технических устройств воспроизведения изображения типа дисплеев и синтезаторов, а также чисто фотографическими методами. Задачи, решаемые на этапе предварительной обработки, и методика переработки пока еще находятся в стадии становления

На этапе геологического дешифрирования решаются задачи распознавания объекта, выделения его среди других объектов (оконтуривание), изучение его внутренней структуры и характера взаимоотношения с другими объектами. Отечественные и зарубежные опыты по распознаванию сельскохозяйственных культур и лесонасаждений по их оптическим характеристикам с использованием ЭВМ свидетельствуют о значительных возможностях использования вычислительной техники на этом этапе дешифрирования. Например, распознавание некоторых видов сельскохозяйственных культур по многоспектральным снимкам ведется с надежностью, превышающей 90%. Однако с распознаванием геологических объектов дело обстоит значительно сложнее, поскольку приходится учитывать природные индикаторы, находящиеся в сложных взаимоотношениях с

геологическим объектом и между собой. В связи с этим приобретают особую актуальность геоиндикационные исследования и, в частности, геоиндикационное моделирование, о котором упоминалось выше. Примечательно, что в поисках путей автоматизированного распознавания геологических объектов, оставаясь на позициях геоиндикационного подхода, в конечном итоге, мы приходим к необходимости использования только прямых дешифровочных признаков.

Учет природных индикаторов в задаче автоматизированного распознавания геологического объекта по изображению сводится не только к непосредственному распознаванию по прямым дешифровочным признакам, но и опосредованному распознаванию объекта через систему его природных индикаторов.

Таким образом, как бы ни была сложна или проста геоиндикационная модель, построенная на ее основе интерпретирующая модель должна быть доведена до уровня прямых дешифровочных признаков природных индикаторов.

На этапе обработки результатов дешифрирования вычислительная техника может быть использована широко и всесторонне. Например, по результатам выделения линеаментов в автоматизированном режиме могут быть составлены карты плотности линеаментов, розы-диаграммы ориентировки линеаментов, карты с выделением точек пересечения линеаментов или карты плотности точек пересечения линеаментов и т.д.

Из вышесказанного видна специфика теоретических положений космогеологии и необходимость их разработки. Между тем, несмотря на широкий размах космогеологических исследований, вопросам их теории и методики пока уделяется недостаточное внимание.

ЛИТЕРАТУРА

Артамонов М.А., Богородский С.М. Особенности проявления локальных поднятий и региональных разломов плато Устюрт и Мангышлака на высотных аэро- и космических снимках.—Изв.вузов.Геол. и разведка, 1974, № 12,

Астахов В.И., Ероменко В.Я. Геологическая информативность телевизионных космических снимков закрытых районов. (На примере Приенисейской Сибири).—В кн.: Исследования природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология, т.2, М., 1974.

Афанасьев Н.Ф., Теосев А.В. Формализация и решение абстрактной задачи прогнозирования геологического объекта по комплексу индикаторов.—Экспресс-информация ВИЭМС. Сер.II, 1974, вып.9-10.

Афанасьев Н.Ф., Теосеев А.В. Системный подход к исследованию процесса дистанционного изучения геологических объектов.—В кн.: Применение новых видов аэросъемок при геологических исследованиях. Л., 1976.

Брюханов В.Н., Еремин В.К., Можаяев Б.Н. Космические съемки в геологии.—Сов.геология, 1977, № 11.

Доливо-Добровольский А.В., Стрельников С.И. Особенности дешифрирования геологических объектов по космическим снимкам.—В кн.: Применение новых видов аэросъемок при геологических исследованиях. Л., 1976₁.

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., 1976₂.

Кац Я.Г., Рябухин А.Г., Трофимов Д.М. Космические методы в геологии. М., Изд-во Москов. ун-та, 1976.

Космическая фотосъемка и геологические исследования. Л., Недра, 1975.

Макаров В.И., Скобелев С.Ф., Трифонов В.Г., Флоренский П.В., Шукин О.К. Глубинная структура земной коры на космических изображениях.—В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т.2. М., 1974.

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

Мирошниченко В.П. Новые данные о происхождении морфоскульптурного рельефа горных складчатых областей.—В кн.: Аэрофотосъемка—метод изучения природной среды. Л., Наука, 1973.

Можаяев Б.Н., Доливо-Добровольский А.В., Кобец Н.В. и др. Основные особенности использования космических фотоснимков при региональных геологических исследованиях. Изв.вузов.Геол. и разведка, 1974, № 12.

Петрусевич М.Н. Аэрометоды при геологических исследованиях. М., Госгеолтехиздат, 1962.

Сидоренко А.В. Космос и геология.—Наука и жизнь, 1972, № 5.

Толчельников Ю.С. Оптические свойства ландшафта (применительно к аэросъемке). Л., Наука, 1974.

Трофимов Д.М., Кац Я.Г., Сонин И.И. Некоторые вопросы геологической информативности космических снимков.—В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т.5. Геология и геоморфология. М., 1976.

Шульц С.С. Планетарные трещины и тектонические дислокации.—Геотектоника, 1971, № 4.

Шульц С.С. (мл.). Концентрические сводовые структуры восточной части Туранской плиты на космических снимках.—Изв.вузов. Геология и разведка, 1973, № 7.

Флоренская Т.В. Соотношение геофизических полей и космических изображений в южной части Сибирской платформы.—В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т.5. М., 1976.

Флоренский П.В., Петренко А.С., Шорин-Константинов Б.П., Ведешин Л.А. Место космического изображения при комплексной обработке геолого-геофизической информации для изучения глубинного строения Нижнего Поволжья.—В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т.5, 1976.

**О СОСТОЯНИИ И ЗАДАЧАХ ПРИМЕНЕНИЯ
КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
(в системе Министерства геологии СССР)**

Материалы космических съемок территории СССР находят все более широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Наиболее интенсивно они используются в геологической отрасли—одной из основных среди потребителей космической информации. Это прежде всего дает возможность изучения геологического строения участков земной коры в разномасштабном и многозональном аспектах фотоизображений (на разных уровнях естественной генерализации и в разных диапазонах электромагнитного спектра изображений геологических объектов на космоснимках различного типа), а также прослеживания границ геологических тел и их взаимоотношений благодаря интеграции отдельных разрозненных элементов ландшафта. Космические снимки (КС) обладают уникальным свойством отражать через генерализованные элементы ландшафта различные черты глубинного строения земной коры, скрытые под более молодыми отложениями. Применение космической информации позволяет более полно изучить и классифицировать структурно-тектонические элементы литосферы: разломы и их системы, кольцевые формы разного ранга и генезиса, зоны складчатости, сводовые поднятия и т.д., выделить крупнейшие единицы структуры земной коры—геоблоки. По мнению большинства советских и зарубежных исследователей, применение материалов космических съемок особенно эффективно при изучении геологического строения труднодоступных малоизученных территорий. Следует отметить, что использование космических снимков разного уровня генерализации на один и тот же регион обеспечивает системный подход к геологическому картированию и прогнозированию полезных ископаемых. Такой подход дает возможность оценить перспективы изучаемых территорий с последующей локализацией площадей для более детальных исследований, а также определить необходимый комплекс и объемы геофизических и горно-буровых работ. В настоящее время в объединении «Аэрогеология»—головной организации Мингео СССР по разработке и внедрению новых видов космических съемок, материалы последних широко используются при геологических исследованиях. К таким работам

в первую очередь следует отнести космофотогеологическое картирование, групповую геологическую съемку, аэрофотогеологическое картирование и т.д., позволяющие выявить общие закономерности геологического строения, тектонического развития, металлогении и нефтегазоносности крупных участков земной коры и наметить направления поисков полезных ископаемых. Например, в Охотском районе установлена приуроченность рудопроявлений золота к узлам пересечений кольцевых структур и линейных разломов; намечена связь различных рудопроявлений с узлами пересечений разноориентированных разломов (северо-восточного и субширотного) в Кураминских горах Тянь-Шаня. Обнадёживающие результаты прогноза по космическим снимкам потенциально нефте- и газоносных структур на полуострове Ямал в районах Западной и Центральной Сибири, на Туранской плите, в Прикаспийской впадине, Тимано-Печорской провинции.

Для геологических целей наибольший интерес в настоящее время представляют материалы съёмок в фотографической зоне электромагнитного спектра (включая ближнюю ИК-зону до 1,1 мкм), получаемые с помощью фотоаппаратов, телевизионных и сканирующих систем. Съёмки из космоса ведутся систематически с автоматических спутников земли (ИСЗ), пилотируемых космических кораблей (ПКК) и пилотируемых орбитальных станций (ОС).

Максимум космической информации по объёму и площади геологическая отрасль получает с ИСЗ типа 18,25,28 «Метеор», а также с ПКК типа «Союз» (особый интерес представляют многозональные снимки, полученные фотокамерой МКФ-6 с ПКК «Союз-22» в 1976 г.) и ОС «Салют-4, 5, 6».

Для успешного использования космической информации при геологических работах необходимо оперативное и централизованное обеспечение организаций Мингео СССР материалами космических съёмок, пригодных для геологического дешифрирования. Кроме этого важное значение для применения материалов космических съёмок в практике геологических работ имеет разработка методических рекомендаций по геологическому дешифрированию разного вида космической информации, а также технических средств для ее обработки. С целью оперативного обеспечения геологических организаций космической информацией в объединении «Аэрогеология» созданы три подсистемы производственного использования материалов космических съёмок: а) фотографических, осуществляемых с ОС, ПКК и ИСЗ; б) фотосканерных, многозональных, осуществляемых с

метеорологических ИСЗ типа «Метеор-Природа»; в) телевизионных с метеорологических ИСЗ «Метеор».

Материалы космических фотосъемок поступают в объединение «Аэрогеология» из Госцентра «Природа»; фотосканерных — из ГосНИЦИПР. Тиражирование и рассылка космических снимков осуществляется объединением «Аэрогеология» по заявкам геологических организаций. В настоящее время число потребителей космической информации составляет около 50. Учитывая важное значение обеспечения своевременной информацией геологических организаций о поступлениях материалов космических съемок, предусматривается периодическое составление и издание каталогов снимков, пригодных для геологического дешифрирования. В частности, издан каталог информации, полученной с 18-го ИСЗ «Метеор», готовится к изданию каталог снимков, полученных с 25-го ИСЗ «Метеор».

Существенную помощь геологическим организациям, использующим космическую информацию, оказывают методические рекомендации, разрабатываемые в объединении «Аэрогеология» по геологическому дешифрированию космических снимков. К числу таких рекомендаций следует отнести «Рекомендации по использованию материалов мелкомасштабных космических снимков при региональных геологических исследованиях», составленные коллективом авторов Объединения и изданные в 1976 г.

В 1979 г. предусматривается подготовка к изданию методических рекомендаций по геологическому дешифрированию фотосканерных снимков, получаемых с ИСЗ типа «Метеор-Природа».

В объединении «Аэрогеология» кроме широко применяемого визуального метода геологического дешифрирования ведутся исследования по созданию специализированных систем, предназначенных для разнообразной обработки космической информации, в частности, для подготовки комплекса «Формат». С помощью когерентной оптической установки (КОУ) проводится анализ линейных элементов изображений на космофотоснимках для геологических целей. Осуществляются экспериментальные работы по преобразованию КС на ТВ-экспандере, предназначенном для вторичной обработки изображения способом цветного кодирования. Важное значение имеет способ синтезирования узкозональных снимков и преобразование их в цветные изображения. Для обеспечения необходимой точности картирования ставятся опыты трансформирования космических снимков, полученных оптико-механическими сканирующими

системами. Проводятся исследования по сравнительной оценке геологической информативности материалов разных видов дистанционных съемок на примере Среднеазиатского, Тувинского и некоторых других полигонов Мингео СССР; разрабатывается методика полевой проверки результатов дешифрирования материалов космических съемок. Важное значение при использовании материалов космических съемок для решения геологических задач имеет

результаты геологического дешифрирования космофото-снимков (и особенно сверхмелкомасштабных). Исследования показывают, что одним из основных направлений по повышению достоверности результатов дешифрирования и качества структурно-тектонических построений является интерпретация и переинтерпретация в комплексе с дешифрированием КС региональных физических (главным образом магнитных и гравитационных) полей. Например, комплексные исследования в районе Балтийской синеклизы показали, что из видимых на снимках с ИСЗ «Метеор» разрывных нарушений около 50% совпало с известными по геолого-геофизическим данным; около 25% нашло подтверждение в имеющихся материалах после их дополнительной интерпретации; а около 25% оказались принципиально новыми, требующими более глубокого анализа первичных, главным образом геофизических, данных. Последние, по видимому, служат примером той наиболее полезной информации, на которой в скором времени и будет сосредоточено внимание исследователей.

Научно-методические разработки и накопленный опыт позволяют констатировать, что материалы космических съемок представляют новое и эффективное средство познания геологического строения земной коры и определения перспективных направлений поисков полезных ископаемых.

Возможности материалов космических съемок для решения геологических задач раскрыты далеко не полностью, их только начинают познавать, однако, очевидно, что многие традиционные методы геологических исследований требуют пересмотра и определенной перестройки на основе использования космометодов.

Дальнейшие перспективы применения в геологической отрасли материалов космических съемок в значительной мере зависят от решения следующих основных задач.

1. Создание отраслевого центра, оснащенного современным

оборудованием, для оценки обработки, тиражирования и распространения в системе Мингео СССР всей информации, получаемой с помощью космических аппаратов. При этом должны быть реализованы следующие принципы:

- а) максимальная полнота получения космической информации;
- б) оперативность получения информации и ее передачи геологическим организациям;
- в) централизация хранения, обеспечивающая ее систематичность (на основе каталогизации), оперативность поиска и целевое распределение;
- г) многоцелевое использование в пределах отрасли.

2. Сравнительное изучение геологической информативности материалов космических съемок разного уровня генерализации, а также синтезированных цветных и ложно-цветных изображений; изображений, квантованных по плотности фототона и подвергнутых разного рода трансформациям и преобразованиям

3. Составление и распространение методических руководств и пособий.

4. Составление структурно-тектонических и прогнозных космофототектонических карт прежде всего на важнейшие в народно-хозяйственном отношении районы Кавказа, Средней Азии, Прикаспия, Казахстана, Западной и Центральной Сибири, Байкало-Амурской магистрали и др. Эти карты предусматривается составлять на основе комплексной интерпретации результатов геологического дешифрирования материалов всех видов космических съемок, геологических данных и региональных физических полей.

5. Привлечение математических методов интерпретации космоснимков на основе разработки приемов распознавания геологического образа и непараметрической статистики.

ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОСМОСНИМКОВ И ПУТИ ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Использование в геологических исследованиях снимков, получаемых с космических аппаратов, поставило перед специалистами задачи по обработке большого количества фотоизображений для наиболее полного извлечения информации. Решение этих задач в полной мере на базе визуального дешифрирования невозможно в связи с большим разнообразием видов съемок: космофото- и телеснимков, инфракрасных и радиолокационных изображений в разных масштабах и при различных природных условиях. Внедрение только многозональной фото- и телесъемки увеличило количество обрабатываемых изображений в 3-6 раз, т.е. наметился большой разрыв между средствами получения дистанционной информации и средствами ее обработки. Это связано в первую очередь с отсутствием специализированной аппаратуры и автоматизированной или частично автоматизированной обработке фотоизображений, соответствующих программ и специалистов.

Объем поступающих материалов только с космических аппаратов возрастает с каждым годом. При этом надо иметь в виду необходимость комплексной обработки и интерпретации материалов аэровысотных и наземных съемок. Суточный объем поступающих с космических носителей данных может достигать 10^{11} бит. Он может состоять из 100-150 тысяч цветных фотографий, 16 тысяч цветных изображений с многоспектрального сканера и 50-500 тысяч измерений от наземных станций в год (Ганкович, 1974). В ближайшее время к этому прибавятся инфракрасная, спектрометрическая, СВЧ радиометрическая и радиолокационная съемки. Ориентировочно распределение данных (в %) от различных видов бортовой аппаратуры представляется следующим: видеoinформация—65, радиометрические измерения—15, спектрометрические—10, радиолокационные—10.

Сложность обработки дистанционных данных с помощью ЭВМ обусловлена гигантским объемом космической информации. Так, например, один многозональный снимок содержит информации $3,5-4 \cdot 10^8$ бит и время ввода его в ЭВМ достигает нескольких часов (Алексеев и др., 1978).

Кроме резко возрастающего количества материалов дистанционных съемок на стадии интерпретации появляется необ-

ходимость сбора и обработки большого количества различных картографических, геологических и геофизических данных, требующих больших затрат времени и снижающих оперативность этого этапа работ, более трудоемкого и сложного по сравнению с этапом дешифрирования. В условиях большого прогресса вычислительной техники и создания банков памяти было бы целесообразным осуществлять хранение картографических и геолого-геофизических исходных материалов на магнитной пленке в соответствующих фондах при наличии техники, позволяющей оперативно размножать и воспроизводить эти данные. Подобный этап является обязательным при автоматизации процессов дешифрирования и интерпретации, так как в ближайшие годы запись информации с космических и авиационных носителей будет производиться преимущественно на магнитную пленку. Использование подобной формы записи информации имеет по сравнению с фотоизображением преимущества в хранении, экономической целесообразности, меньшем количестве потерь информации, удобстве ввода в ЭВМ и других, а самое главное при наличии необходимой для обработки техники и соответствующих программ может позволить получать на выходе тематические карты.

Решенные задачи создания по космическим снимкам фотокарт (Рамм, Кузина, 1973) и переноса результатов дешифрирования с помощью ЭВМ на необходимые топографические материалы (Гонин, 1977) создали основу для геологического картографирования на базе аэро- и космической информации и соответствующих технических средств.

Разработка цифровых методов обработки космической видеоинформации для решения тематических задач картографирования продвинула решение данной проблемы (Лурье, Тищенко, 1976).

Приведенные сведения показывают всю сложность и трудоемкость визуальной обработки огромного количества видеоизображений на этапе дешифрирования, сведения всех данных с надлежащей точностью топографическую основу и анализ всего накопленного геолого-геофизического материала на этапе интерпретации.

Специфика съемок с больших высот обуславливает то, что основная часть получаемой геологической информации с космических и аэровысотных снимков относится к тектонике. Такая информативность мелкомасштабных изображений объясняется ведущей ролью структурно-геологических факторов в формировании ландшафтов крупных территорий, что вызван

в значительной степени неотектоническими движениями. Этот вывод является одним из основных итогов многолетнего использования космических снимков. Данный тезис подтверждается тем, что из нескольких сот работ, посвященных применению космических методов в геологии около 80% приходится на долю тектоники.

Необходимо отметить неоднозначность проблемы интерпретации результатов дешифрирования. Если интерпретация линеаментов решается сравнительно просто в связи с разработанной методикой изучения разрывных дислокаций, то выявление и картирование кольцевых объектов с помощью геофизических работ и бурения на закрытых территориях все еще остается серьезной задачей, не позволяющей во многих случаях переводить в ранг достоверных подобные отдешифрированные объекты.

Еще одной особенностью, обусловленной ограниченностью космического метода, является однозначность получаемых результатов при дешифрировании линеаментов*. Они обычно классифицируются по двух-трехбальной системе: уверенно и неуверенно отображенные, а иногда и предполагаемые. Эта особенность не позволяет на стадии дешифрирования определять тектоническую значимость линеаментов, даже исходя из таких показателей как их длина, ширина и характер фотоизображений с двух сторон (фототон, рисунок изображения и его структура). Оценивая по трехбальной системе все данные по району Причерноморья, выделяли линеаменты наиболее достоверно отображенные на космических снимках по сумме этих показателей. Корреляции между тектонической значимостью разломов и совпадающих с ними линеаментов, охарактеризованных различными количественными показателями, не было обнаружено, хотя их сходимость достигала по отдельным территориям 60-80%. Существенной разницы в показателе сходимости разных категорий разломов, наблюдаемых на космических снимках, не отмечено. Так, например, для разломов, разделяющих древнюю и молодую платформы, этот показатель достигает 58%. Глубинных разломов—45% и разноамплитудных нарушений—42% (Трофимов, 1979). Эти данные показывают сложность проблемы корреляции фотоизображения и тектонических объектов закрытых территорий.

Для анализа фотоизображений, осуществляемого с помощью

* Ряд специалистов при дешифрировании космических снимков закрытых территорий каждую линию на фотоизображении называют разломом без должной проверки и расшифровки его природы.

современных технических средств, для ускорения и усовершенствования процесса обработки космических снимков имеются предпосылки, заключающиеся в возможности.

1. Получать по результатам фотометрирования изображений количественные данные, отображающие характер отражательных свойств природных объектов в виде фототоновых аномалий.

2. Производить количественный и качественный анализы с помощью различных методов фильтрации и распознавания образов рисунка фотоизображения, отображающего в значительной степени рельеф местности и ее расчлененность, обусловленную в большей мере геологическими факторами.

При геологических исследованиях метод фотометрирования наиболее эффективен для открытых районов, где процесс дешифрирования может быть ускорен, а результаты являются достаточно достоверными. При этом необходимо отметить, что опыт его применения при геологических исследованиях невелик (Кобец, 1967; Углев, 1967, 1971; Флоренский и др., 1976), а диапазон возможностей изучен еще недостаточно. Для закрытых территорий возможности этого метода более ограничены, так как он позволяет получать данные только о почвенно-растительном покрове, маскирующем геологические объекты. Установление закономерностей между почвенно-растительным покровом и подстилающим геологическим субстратом дело трудоемкое и дорогостоящее, и без специальных исследований степень достоверности результатов дешифрирования будет невысокой.

Метод фотометрирования имеет ряд ограничений при использовании фотоизображений вследствие влияния режима обработки фотоматериалов; различных технических и природных условий съемки; атмосферы (недостаточно выяснена передаточная функция атмосферы); изменчивости спектральных образов природных объектов в зависимости от сезона, высоты Солнца, увлажненности и других факторов.

Кроме того, совсем отсутствуют (или имеются неполные данные относительно отражательных характеристик геологических объектов, их изменения в зависимости от различных природных условий съемки. Крайне немногочисленны также данные по отражательным характеристикам геологических объектов в различных зонах спектра.

Использование оптических плотностей, отображающих отражательные характеристики природных объектов, для тематического картирования с применением ЭЦВМ производилось двумя путями.

1. Определение данных характеристик с изображений из-

вестных объектов в различных зонах спектра и создание спектрального образа, имеющего определенную количественную характеристику, которые позволят с помощью ЭЦВМ и обучающей программы картировать площадь распространения объектов, имеющих определенные показатели (Винсент, 1975; Рамм, Кузина, 1973). Данный метод предусматривает получение графического изображения соотношений аналоговым способом и составление эталонных карт автоматического распознавания для максимально возможного количества классов пород (Винсент, 1975). Причем, по одному из классов в отдельных случаях удается выявить определенные закономерности между растительным покровом и подстилающими породами.

Подобный путь используется при построении литологических карт или цветовых схем горных пород и отражает в определенной степени их свойства. Опыт составления литологической карты основывается на разделении литологических типов пород по составу, текстуре и окраске на некоторое количество категорий, которые могут быть классифицированы методами распознавания образов. Для эксперимента был выбран район, характеризующийся тремя типами пород: песчаниками, сланцами и аллювиальными отложениями, для которых определили оптические плотности по снимку со спутника «Лэндсэт-1». В результате анализа были получены с помощью ЭЦВМ геологические карты, значительно совпадающие с картой, составленной традиционными методами (Мелхорн, Синкок, 1975).

Использование спектрального образа для распознавания геологических объектов позволило Р.Шмидту (1975) по одному из районов Пакистана обучить ЭВМ распознавать участки медной минерализации. Этот метод дал возможность определить на соседней территории 27 пунктов минерализации, число которых путем отбора было сокращено до 19, а в результате полевых работ установили, что 5 из них представлены выходами порфириров с промышленным содержанием меди.

2. Ландшафтное или литологическое районирование с помощью ЭЦВМ на основе классификации природных объектов (Мелхорн, Синкок, 1975). Для ландшафтного районирования были выделены пять классов природных образований (горные породы, растительность, вода и др.). Они были проанализированы на типовых участках, что позволило выявить возможность числовой дифференциации различных классов. До проведения районирования территории был проведен двухэтапный анализ данных. На первом этапе индивидуальные признаки каждого класса были синтезированы с целью выявления пяти комплексных

суперпризнаков. На втором этапе были выбраны оптимальные зоны получения информации для целей районирования. При недостаточности данных по одной зоне определялась возможность их комбинирования. Распознавание шло по геоморфологическим, растительным и другим признакам. Опыт подобного районирования представляет интерес при тектонических построениях.

Приведенные примеры в основном относятся к открытым районам, где геологические объекты в значительной степени обнажены на поверхности и их отражательные характеристики определенным образом коррелируются с оптическими плотностями изображений. Для таких районов целесообразно использование специальных приборов типа «Фосдак», «Фотомейшн» для деления изображения по ступеням плотности на разные цвета (от 12 и более), что обеспечивает их первичное районирование или картирование территории.

Фотометрический метод при изучении многозональных снимков закрытых территорий в значительной степени отражает характер растительного и почвенного покровов, а также влияние антропогенных факторов, слабо коррелируясь с геологическим строением и, в большей степени, с линейными ограничениями ландшафтных объектов, обусловленных тектоническими факторами. При этом необходимо отметить, что на данной стадии опыт подобного рода работ ограничен.

Анализ распределения оптических плотностей с данными о поверхностной и глубинной структуре по району Саратовского Поволжья (Флоренский и др., 1976) показал некоторую корреляционную связь между этими параметрами.

Для закрытых территорий ведущим признаком является рисунок фотоизображения, менее зависящий от природных и технических условий съемки и техники размножения снимков. Определяющими факторами рисунка фотоизображения служат эрозийная сеть и рельеф местности, несущие наибольший объем геологической и, в частности, тектонической информации. Основной техникой метода анализа рисунка фотоизображения—фильтрация (фотографическая, оптическая и электронная), которая позволяет существенно улучшать качество снимков и осуществлять отбор информации.

Имеется также некоторый опыт использования ЭВМ (Шмидт, 1975). Данное направление успешно развивается в лаборатории аэрометодов объединения «Аэрогеология» (Томпсон, Роллер, 1975; Лурье, Тищенко, 1976; Моррисон, Хальберг, 1975). Классификация фотоизображения некоторых типов пород на аэрофотоснимках изучена достаточно подробно (Комаров и др.,

1976 и др.). Наиболее полный анализ фотоизображения и классификации индикационных признаков геологических объектов, отображающихся на космических и высотных снимках, произведены на территории Устюрта коллективом Лаборатории аэрометодов объединения «Аэрогеология» (Соловьева и др., 1976). Анализ компонентов ландшафта этого региона показывает, что около 70% их приходится на эрозионную сеть и рельеф. В связи с этим установление корреляционных связей между литологическим составом пород, структурой и рисунком изображения территорий, закрытых четвертичными или современными отложениями, является первоочередной задачей. Решение ее позволит увеличить глубину дистанционных методов, с одной стороны, а с другой—даст возможность использовать ЭЦВМ, что позволит получить экономию средств и времени при геологическом картировании. Первичные результаты изучения взаимоотношений между характером эрозионной сети и литологическими комплексами пород, покрытых небольшим чехлом четвертичных образований, развитыми в районе Окско-Цнинского вала, показывают наличие определенных корреляционных связей, позволяющих производить картирование некоторых геологических образований: известняков карбона, глин юры и песчаников нижнего мела, а линейные границы между ними интерпретировать как разрывы (Трофимов и др., 1976). Существенное значение для анализа рисунка фотоизображения разномасштабных аэро- и космических снимков имеет решение проблемы его генерализации (Гонин, Яковлев, 1976). При решении этой проблемы необходимо учитывать антропогенное воздействие, без чего в некоторых случаях возможны серьезные ошибки. Признавая анализ рисунка фотоизображения наиболее информативным дешифровочным признаком, необходимо отметить, что имеющиеся различные методы фильтрации, распознавания образов и другие дают возможность лишь облегчить и ускорить труд дешифровщика. Основным путем получения достоверных геологических и тектонических данных с космических снимков нам представляется районирование по рисунку изображения и затем сопоставления его с фотометрическими характеристиками.

В связи с тем, что в настоящее время возможно получение на изучаемый район аэро- и космофотоснимков различных масштабов, а также инфракрасных и радиолокационных изображений, дающих отображение некоторых физико-химических характеристик поверхности, детальность геологических исследований и, в частности, геологического картирования может быть

достаточно высокой. Это связано с тем, что дистанционные методы дают высокую концентрацию площадных очень детальных и разнообразных данных о геологических объектах или их ландшафтных характеристиках, тогда как традиционные методы исследования имеют профильный метод сбора данных с дальнейшей экстраполяцией, что иногда приводит к пропуску или неправильной интерпретации геологических объектов. При этом необходимо иметь в виду, что, например, разрывные нарушения, выделяемые на геологических картах, в основном показываются как заложенные до неотектонического этапа развития или унаследованно развивавшиеся, тогда как молодые разрывы или обновленные новейшими движениями далеко не всегда картируются. А именно они наиболее четко отображаются на космических снимках, обеспечивая большую часть прироста данного рода информации особенно в закрытых районах.

Высокая детальность космического метода требует соответствующих материалов для интерпретации. Оптимальной является пятикратная разница масштабов. Это обеспечивает возможность достаточно полной обработки схемы дешифрирования, особенно в том случае, когда карты крупномасштабные.

Опыт показал, что работа с видеоизображением и применение технических средств определения оптических плотностей по мнгозональным снимкам и использование спектральных образов объектов имеет ограниченное применение в закрытых районах. Подобный подход должен быть дополнен анализом рисунка фотоизображения, несущим значительно больший объем данных о геологических объектах. При этом найдут применение отдельные разработки линеаментного анализа (Петренко, Дервянко, 1978) и набор эталонных образов рисунков фотоизображений различных геологических объектов разнообразных геотектонических регионов, чему до сих пор не уделялось должного внимания.

Автоматизированная обработка аэро- и космической информации состоит из двух этапов: анализа видеоизображений и ее интерпретации. Наиболее достоверная и полная интерпретация может быть обеспечена при наличии банка геолого-геофизических данных и соответствующих разработанных методах их комплексного применения. Подготовка технической базы и разработка программ для комплексной геологической интерпретации не должны отставать от автоматизированной обработки видеоизображений. Приведенные данные показывают, что в настоящее время имеются определенные методические и технические предпосылки для разработки методов автоматизи-

рованного распознавания и картирования геологических объектов. Причем, эта сложная проблема особенно актуальна для закрытых, и поэтому менее изученных, территорий.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев А.С., Кульков Н.В., Пяткин В.П. Региональный центр автоматизированной обработки аэрокосмических изображений. Новосибирск, 1978. (Препринт).

Винсент Р. Изучение месторождений железных руд района Атлантик-Сити (штат Вайоминг) с помощью карт соотношений отражения света в разных диапазонах спектра.—В кн.: Геологические исследования из космоса. М., Мир, 1975.

Ганкевич А.В. Космические методы и средства для исследования природных ресурсов.—В кн.: Итоги науки и техники. Ракетостроение. Т.4. Использование космической техники в прикладных целях. М., 1974.

Гонн Г.Б., Яковлев Н.А. Закономерности генерализации на космических фотоснимках некоторых индикаторов геологического строения.—В кн.: Исследования природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т.5, М., 1976.

Гонн Г.Б. Вывод графической информации из ЭВМ с целью составления карт геологического содержания по данным аэро- и космических съемок.—Обзор, общая и региональная геология, геологическое картирование. М., ВИЭМС, 1977.

Григорьев Ал.А. Применение количественных методов при дешифрировании аэроснимков.—В кн.: Аэросъемка и ее применение. Л., Наука, 1967.

Исаксен Ю., Факунди Р., Форстер С. Оценка применимости снимков ЕРТС-I для исследования разнообразных комплексов штата Нью-Йорк.—В кн.: Геологические исследования из космоса. М., Мир, 1975.

Иенсен М. Геологическое строение штатов Юта и Невада по снимкам ЕРТС-I.—В кн.: Геологические исследования из космоса. М., Мир, 1975.

Комаров В.Б., Номоконова В.Ф., Углев Ю.В. Дальнейшее развитие вопросов фотографической фильтрации изображений в целях геологического дешифрирования.—В кн.: Исследования природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т.5. М., 1976.

Комаров В.Б., Номоконов В.Ф., Углев Ю.В. Методы фильтрации фотоизображений и возможности их применения в геологии.—В кн.: Исследования природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т.2. М., 1974.

Кобец Н.В. Применение микрофотометрирования для целей геологического дешифрирования.—В кн.: Аэросъемка и ее применение. Л., Наука, 1967.

Лурье И.К., Тищенко А.П. Цифровые методы обработки космической видеoinформации в тематической картографии.—Вест. МГУ. Сер.географическая. 1976, № 2.

Мелхорн У., Синкок С. Распознавание литологических комплексов и выявление форм рельефа на юго-западе Колорадо с помощью методики АДР.—В кн.: Геологические исследования из космоса. М., Мир, 1975.

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

Номоканова В.Ф., Трофимов Д.М., Углев Ю.В., Кроткова О.Т., Сонин И.И. Фотографическая фильтрация—метод повышения геологической информативности космических снимков.—Изв.вузов. Геология и разведка, 1978, № 11.

Петренко А.С., Деревянко О.С. Перспективы и методы автоматизации геологической обработки космической информации.—В кн.: Геологическое изучение Земли из космоса. М., Наука, 1978.

Рамм Н.С., Кузнна А.М. Составление фотокарты по космическим фотоснимкам. Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология, геологическое картирование. Сер. II, 1973, № 2.

Соловьева Л.И., Богородский С.М., Бурлакова Г.С. Методика индикационного дешифрирования разномасштабных аэро-космических снимков и топографических карт как основа структурно-геоморфологического анализа закрытых районов (на примере Устюрта).—В кн.: Исследования природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. V, М., 1976.

Томпсон Ф., Роллер Н. Карта районирования земель Йеллоустонского национального парка.—В кн.: Геологические исследования из космоса. М., Мир, 1975.

Трофимов Д.М., Зотова Е.Н., Израилев В.М., Козлов В.В., Кроткова О.Т., Наумов М.И., Никитин С.Н. Предварительные результаты геологической интерпретации аэро- и космических снимков центральной части Окско-Цнинского вала.—Изв.вузов. Геология и разведка, 1976, № 11.

Трофимов Д.М., Кац Я.Г., Сонин И.И. Некоторые вопросы геологической информативности космических снимков.—В кн.: Исследования природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. V, М., 1976.

Трофимов Д.М. Сопоставление результатов дешифрирования космических снимков с геолого-геофизическими данными (Причерноморье и северо-западное Предкавказье).—Сов.геология, 1979, № 1.

Углев Ю.В. Перспективы автоматизации процесса дешифрирования материалов аэросъемок.—В кн.: Аэрометоды геологических исследований, Л., Недра, 1971.

Углев Ю.В. Система вероятностного опознавания объектов местности по сигналам микрофотометрической развертки аэроснимков.—В кн.: Аэросъемка и ее применение. Л., Наука, 1967

Флоренский П.В., Петренко А.С., Шорин-Константинов Б.П., Веденин Л.А. Место космического изображения при комплексной обработке геолого-геофизической информации для изучения глубинного строения Нижнего Поволжья.—В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. V, М., 1976.

Фонтанель А., Гийемо Ж., Гюи М. Первые результаты использования данных спутника ЕРТС-I по юго-восточной Франции: геологические строение, седиментология, загрязнение моря.—В кн.: Геологические исследования из космоса. М., Мир, 1975.

Хоппин Ф. Интерпретация структур на снимках, сделанных со спутника ЕРТС-I в районе Биг-Хорн, штаты Вайоминг и Монтана.—В кн.: Геологические исследования из космоса. М., Мир, 1975.

Ширяев Е.Е. Прослеживание элементов тектоники на картах, аэро- и космических снимках с помощью ЭВМ.—Разведка и охрана недр. 1975, № 3.

Шмидт Р. Использование снимков, сделанных со спутника ЕРТС-I при поисках месторождений медно-порфировых руд в Пакистане (Белуджистан) — В кн.: Геологические исследования из космоса. М., Мир, 1975.

Ячушт Л.А., Афанасьев Н.Ф. Основные результаты микрофотометрических исследований аэрофотоизображений природных объектов.—В кн.: Аэросъемка и ее применение. Л., Наука, 1967.

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ИЗУЧЕНИЯ ГЛУБИННЫХ СТРУКТУР И ПОИСКАМИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Аэрокосмические фотоматериалы, как известно, содержат богатую геолого-геоморфологическую информацию для изучения глубинных структур и поисков полезных ископаемых (Трофимов и др., 1978; Виноградов, 1976). Зоны глубинных разломов являются важнейшим структурным элементом складчатых сооружений юга Сибири. В общем плане они образуют две гигантские дуги, симметрично обрамляющие южный выступ Сибирской платформы. Внутренняя, меньшая, дуга образована системой краевых глубинных разломов Восточного Саяна, имеющих северо-западное простирание, и северо-восточными разломами Байкальской рифтовой зоны. Внешняя дуга в пределах Алтае-Саянской горной области представлена системой Кузнецко-Алтайского глубинного разлома, а в Забайкалье— Монголо-Охотской системой разломов. Каждый глубинный разлом или система разломов занимает определенное тектоническое положение, располагаясь либо на границе платформы и складчатой области, либо на границе областей разновозрастной складчатости.

Ряд разломов располагается внутри складчатых областей, разграничивая крупные структуры первого порядка, такие, как антиклинории и синклинории, а также наложенные прогибы, древние выступы. Большинство зон глубинных разломов характеризуется не только наличием протяженных дизъюнктивов. Эти зоны характеризуются исключительно сложным геологическим строением, обусловленным длительной историей тектонического развития, многократным проявлением разновозрастного магматизма, метаморфизма и эндогенного оруденения.

Как правило, зоны глубинных разломов выделяются как линейные металлогенические пояса и зоны сложного профиля, так как в них оказываются пространственно и структурно совмещенными различные месторождения полезных ископаемых, связанные с разнотипным и разновозрастным магматизмом. Так, характерными магматическими комплексами зон глубинных разломов на ранних геосинκлиальных этапах развития Алтае-Саянской области являются офиолитовые пояса и гипербази-

говые массивы и сопровождающие их месторождения хромитов, асбеста и талька. Орогенные этапы сопровождаются региональным метаморфизмом и гранитизацией, формированием крупных тел гранитоидов и комплекса месторождений с ними связанных: пегматитовых, редкометалльных, грейзеновых и жильных, скарновых железорудных, золоторудных и др. Наиболее характерной и специфической оказывается эндогенная металлогения эпохи мезозойской тектоно-магматической активизации. С этим этапом развития зон глубинных разломов связан своеобразный мантийный щелочно-базальтоидный магматизм и эндогенное эпитермальное оруденение. Наиболее четко выражены пояса и зоны ртутного, сурьмяно-ртутного, золото-серебряного и флюоритового оруденения в основных регионах Алтае-Саянской и Забайкальской рудных провинций, образующие характерные парагенетические ряды рудных формаций этапа активизации. Конкретные рудные провинции, в свою очередь, характеризуются соответствующими закономерными рядами рудных формаций — рудными комплексами. Так, для Кузнецко-Алтайского пояса намечается следующий генетический ряд последовательно проявленных рудных формаций: свинцово-цинковая, баритово-полиметаллическая — флюоритовая — ртутная. В Саяно-Тувинском поясе этот ряд усложняется, в него входят арсенидно-висмут-кобальтовая — редкоземельная-флюорит-барит-сидеритовая — флюоритовая — ртутная рудные формации. Еще более сложным оказывается рудный комплекс Монголо-Охотского пояса: свинцово-цинковая — флюоритовая — золото-серебряная — сурьмяно-ртутная — ртутно-сурьмяно-вольфрамовая — ртутная формации.

Как показало изучение ряда рудных полей в Горном Алтае, Туве, Забайкалье, наиболее значительными среди локальных факторов концентрации эпитермального оруденения являются структурные и литологические факторы контроля. Определяющее значение имеет контроль разрывных нарушений, причем для формирования рудных узлов необходимо наличие сопряжений тектонических структур, разнонаправленных разрывных нарушений. Зоны глубинных разломов являются долгоживущими, заложившимися еще в инициальные этапы развития геосинклиналей, большинство этих зон разломов сохраняют свою подвижность и в кайнозое, поэтому они хорошо выражены в современном рельефе как зоны проявления неотектонических и современных глыбовых поднятий и как зоны, вдоль которых формируются современные межгорные впадины.

Так, в пределах Алтае-Саянской горной области выделено два ртутно-рудных пояса (Кузнецов и др., 1966, 1978), которые прослеживаются на космических фотоснимках.

Первый пояс, Кузнецко-Алтайский, протяженностью более чем на 1000 км, сложный по своему строению, расположен вдоль границы области ранней консолидации структур Кузнецкого Алатау, Горной Шории и Катунского антиклинория в Горном Алтае и далее продолжается в пределы Западной Монголии. Геологически он совпадает с зоной четкого проявления глыбовых движений вдоль наиболее крупного глубинного разлома, который квалифицируется как важнейшая структурная линия Алтае-Саянской складчатой области. В него входят: Курайская, Чарышко-Теректинская зоны в Горном Алтае; Ташелгино-Кондомская зона—в Горной Шории; Кузнецкая ртутно-рудная зона, расположенная на стыке массива Кузнецкого Алатау и прогиба Кузбасса; Салаирская ртутная зона, структурно связанная с ртутно-рудными зонами Горного Алтая. Особое место занимают Саяно-Тувинская ртутно-рудная зона, располагающаяся вдоль сопряжения Тувинского (позднепалеозойского) прогиба с обрамляющим этот прогиб с севера блоковыми поднятиями Западного Саяна, а также Саяно-Минусинская зона, расположенная вдоль стыка структур Западного Саяна и прилегающего Минусинского прогиба.

На основании изучения зон глубинных разломов Алтае-Саянской области, Забайкалья и Монголии нами была предложена систематика глубинных разломов и соответствующих им рудоконтролирующих металлогенических структур (табл. 1).

Анализ размещения ртутно-рудных зон позволяет предполагать тесную зависимость их расположения от мезозойской активизации глубинных разломов. При дешифрировании аэрокосмических материалов выделение структурно-геоморфологических особенностей современного рельефа в зонах разломов имеет большое значение: различная перестройка речных систем, резкие коленообразные изгибы русел рек, стекающих в одном направлении и пересекающих зону разлома; резкие врезы; резкая смена высотных превышений блоков вдоль разлома и т.д. Все эти признаки четко улавливаются при аппаратурной обработке аэрокосмической фотоинформации.

На космических фотоснимках отчетливо различаются морфологически зоны глубинных разломов, отличающиеся по тектоническому положению, длительности развития, сложности проявления движений, магматизма и метаморфизма (Грицюк, 1978; Шилкин, Кутрачева, 1979). Наиболее характерные черты раз-

Т а б л и ц а I

Ранг структур	Типы глубинных разломов	Соответствующие им металлогенические структуры
Региональные структуры	Краевые глубинные или их системы; краевые разломы на границах платформ и складчатых областей	Металлогенические пояса
	Внутригеосинклинальные граничные региональные глубинные разломы, разграничивающие зоны разновозрастной складчатости	Металлогенические линейные рудные зоны
	Межглыбовые региональные разломы, разделяющие отдельные тектонические структуры	Рудные зоны
Локальные структуры	Отдельные крупные дизъюнктивные структуры типа надвигов, взбросов, взбросо-сдвигов; разломы, ограничивающие шовные прогибы, грабены, грабен-синклинали и другие разнородные тектонические блоки, элементы более крупных разломов (кулисы)	Рудные узлы
	Сопряжения отдельных разрывов; флексурные изгибы, зоны повышенной трещиноватости и разветвления разломов, структуры типа "конского хвоста"	Рудные поля, месторождения, отдельные рудные тела

Цель исследования	Характер информации
1	2
<p>Выяснение роли разломов в размещении рудных месторождений</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Название разлома, его географическая привязка 2. Параметры разлома: протяженность, ширина, направление 3. Время заложения разломов; типы разломов: <ol style="list-style-type: none"> а) глубинные, планетарные; б) геоблоковые, разделяющие разновозрастные структуры-блоки; в) внутриблоковые 4. Тип структур, расчлененных разломом: а) платформенный, б) предорогennyй, в) орогennyй 5. Проявление вулканизма в пределах зоны разлома: а) время проявления вулканизма; б) тип вулканизма - площадный, локальный, перекрывающий рельеф, создающий базальтовые "бронированные плато", долинное излияние базальтов по трещинам 6. Структурно-геоморфологическая характеристика на основании дешифрирования аэрокосмических фотоматериалов: <ol style="list-style-type: none"> а) спрямленные элементы рельефа, гидросети (резкая смена фототона на аэрокосмических снимках); б) морфоструктурные "узлы", торцовый тип сочленения структур; в) трансморфоструктурные системы линейных элементов рельефа, пересекающие ряд структур и отражающие изменения фоновых высот блоков на космических снимках; г) резкая смена тональности на аэроснимках растительных и почвенных комплексов; д) построение роз-диаграмм трещиноватости в зонах разломов; е) выявление перестройки, перехватов речных систем в пределах зон разломов

I	2
<p>Выяснение характера проявления новейших тектонических движений и сейсмической активности</p>	<p>1. Название сейсмической зоны, географическая привязка.</p> <p>2. Параметры зоны (протяженность, глубина очагов землетрясений, направление силы землетрясений в пределах зоны)</p> <p>3. Время активизации новейших тектонических движений, сейсмичность, год зафиксированных землетрясений.</p> <p>4. Тип структур, "втянутых" в сейсмическую зону (платформенный, предорогенный, орогенный)</p> <p>5. Характер проявления новейших тектонических движений:</p> <p>а) унаследованный, б) инверсионный, в) гетерогенный (пульсирующий)</p> <p>6. Сейсмичность, время проявления землетрясений, распределение эпицентров и сейсмодислокаций в зоне разломов</p> <p>7. Выявление признаков перестройки речных систем, деформаций террасовых комплексов</p> <p>8. Торцовой тип сочленения структур, тектонические "клинья"</p> <p>9. Дизъюнктивные нарушения, не зафиксированные на дневной поверхности</p> <p>10. Глубинные структуры, отражающие строение фундамента, различные аномалии геофизических полей</p>
<p>Аппаратурная обработка аэрокосмических фотоматериалов</p>	<p>1. Время съемки</p> <p>2. Вид съемки</p> <p>3. Диапазон</p> <p>4. Аппаратурная обработка: а) стереометрическая, б) на интерпретоскопе, в) на ИСИ-130, г) на ЭВМ (комплекс методов).</p>

личия могут быть намечены для разломов, претерпевших тектоно-магматическую активизацию и новейшие тектонические движения. Комплекс этих признаков может явиться эталонной информацией для дальнейшей аппаратурной обработки с применением электронно-вычислительных машин. Для этого при первом анализе телевизионных космических фотоснимков полученная информация переносится на перфокарты (табл. 2), где отражена основная характеристика разломов.

По тектоническому положению, длительности развития, сложности проявления различных форм движений в современном рельефе, магматизму и метаморфизму зоны глубинных разломов отчетливо различаются морфологически на космических снимках. Поэтому наиболее характерные черты их различия могут быть намечены для разломов, претерпевших тектоно-магматическую активизацию, и испытывающих активное проявление новейших тектонических движений. Комплекс этих признаков может достоверно распознаваться на космических снимках и служить эталонным признаком выявления новых рудных зон.

ЛИТЕРАТУРА

Виноградов Б.В. Космические методы изучения природной среды. М., Мысль, 1976.

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. Сер. II. Общая и региональная геология, геологическое картирование, 1978, вып. 12.

Зятькова Л.К. Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области. Новосибирск, Наука, 1979.

Кузнецов В.А., Дистанов Э.Г., Оболенский А.А. и др. Основы формационного анализа эндогенной металлогении Алтае-Саянской области. Новосибирск, Наука, 1966.

Кузнецов В.А., Васильев В.И., Оболенский А.А., Щербань И.П. Геология и генезис ртутных месторождений Алтае-Саянской области. Новосибирск, Наука, 1978.

Трофимов В.Г., Макаров В.И., Деревянко О.С. и др. Геологическое изучение Земли из космоса. М., Наука, 1978.

Шилкин А.Н., Кутрачева Л.И. О дешифрировании космических снимков для решения геологических задач.—Экспресс-информация ВИЭМС. Сер. II. Общая и региональная геология, геологическое картирование, вып. I, 1979.

РЕСТАВРАЦИЯ ДРЕВНЕЙ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ЮЖНЫХ РАВНИН ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО МАТЕРИАЛАМ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Многолетний опыт свидетельствует о том, что проектирование и строительство гидромелиоративных систем на любой равнинной территории необходимо проводить на базе глубокого познания главнейших этапов ее естественно-исторического развития. Особое внимание при этом следует обращать на детальный анализ палеогеографической обстановки позднего плейстоцена и голоцена, так как за это время были predeterminedены не только основные литологические и геохимические особенности геологического субстрата и почвенного покрова, но и пути направленного развития рельефа. К большому сожалению, почти во всех случаях эти исходные положения являются предметом острых дискуссий, и у различных исследователей нет единого мнения о природе рельефа и современных покровных отложений той или иной равнинной территории. Не представляют исключения в этом отношении и южные равнины Западной Сибири. На протяжении многих лет геолог, геоморфологи и палеогеографы ведут ожесточенный спор о познании их развития на этом этапе. Одни говорят о том, что на протяжении всего плейстоцена в результате неоднократных оледенений на территории Западно-Сибирской равнины возникали и исчезали грандиозные подпрудные бассейны, южные границы которых почти доходили до ее палеозойского обрамления. По самым новейшим данным сторонников рассматриваемой палеогеографической концепции, последний подпрудный бассейн возник 18 000 лет тому назад в результате смыкания ледниковых покровов в зоне Сибирских увалов. Правая Обь в это время, по их утверждению, впадала в озеро-море у г. Камня. Во все эпохи подпрудных трансгрессий воды Западно-Сибирских рек сбрасывались в районы Средней Азии через Тургайский пролив.

Многочисленные сторонники иных палеогеографических представлений считают, что современный рельеф южной части Западно-Сибирской равнины был создан не в результате длительного существования подпрудных бассейнов, а в процессе закономерного формирования мощной системы прарек, современных речных долин и древних ложбин стока на протяжении олигоцена, миоцена, плиоцена и четвертичного периода.

В истории развития долин бассейна р.Оби на протяжении указанного времени можно выделить несколько этапов формирования. Ведущая роль в развитии речных долин Западно-Сибирской равнины несомненно принадлежит этапу их формирования на протяжении четвертичного периода. В это время прошли более энергичные процессы врезания речной сети и накопления древнеречных осадков значительной мощности, в составе которых преобладает песчаный материал. Они сформировали самые глубокие и наиболее широкие долины. Речная сеть этого периода во много раз превосходила масштабы современной Оби и ее притока Иртыша. Достаточно сказать, что ширина долин древнечетвертичных транзитных рек Западно-Сибирской равнины достигала 300-350 км.

С завершением максимального оледенения Алтае-Саянской горной области связан очень важный период интенсивного обводнения Западно-Сибирской равнины. В силу особых условий общий рисунок гидрографической сети одновременно отражал важные элементы пространственного расположения речных артерий более ранних этапов и современных речных систем и их связующие звенья в форме весьма широко известных ложбин стока Приобского плато и Чулымо-Енисейской впадины.

Вполне естественно, что с позиций практического решения мелиоративных проблем из двух кратко охарактеризованных палеогеографических концепций без всякого сомнения мы должны отдать пальму первенства по всем исходным палеогеографическим и природным показателям сторонникам этапного развития речных систем Западно-Сибирской равнины. Этот вывод подтверждается и анализом всех фактических данных, обосновывающих подпрудные трансгрессии и формирование прарек, ложбин стока и современных речных артерий. По нашим представлениям, основу рельефа Западно-Сибирской равнины составляют террасированные долины прарек, современных речных систем и древние ложбины стока, а также приподнятые водоразделы, сложенные более древними отложениями. Их пространственное расположение было предопределено характером проявления новейших тектонических движений. Соизмеримость развития аллювиальных равнин и древних водоразделов является основой геоморфологического строения Западно-Сибирской равнины.

Установленные закономерности в истории развития южных равнин Западной Сибири позволяют выдвинуть ряд региональных и межрегиональных мелиоративных проблем большого

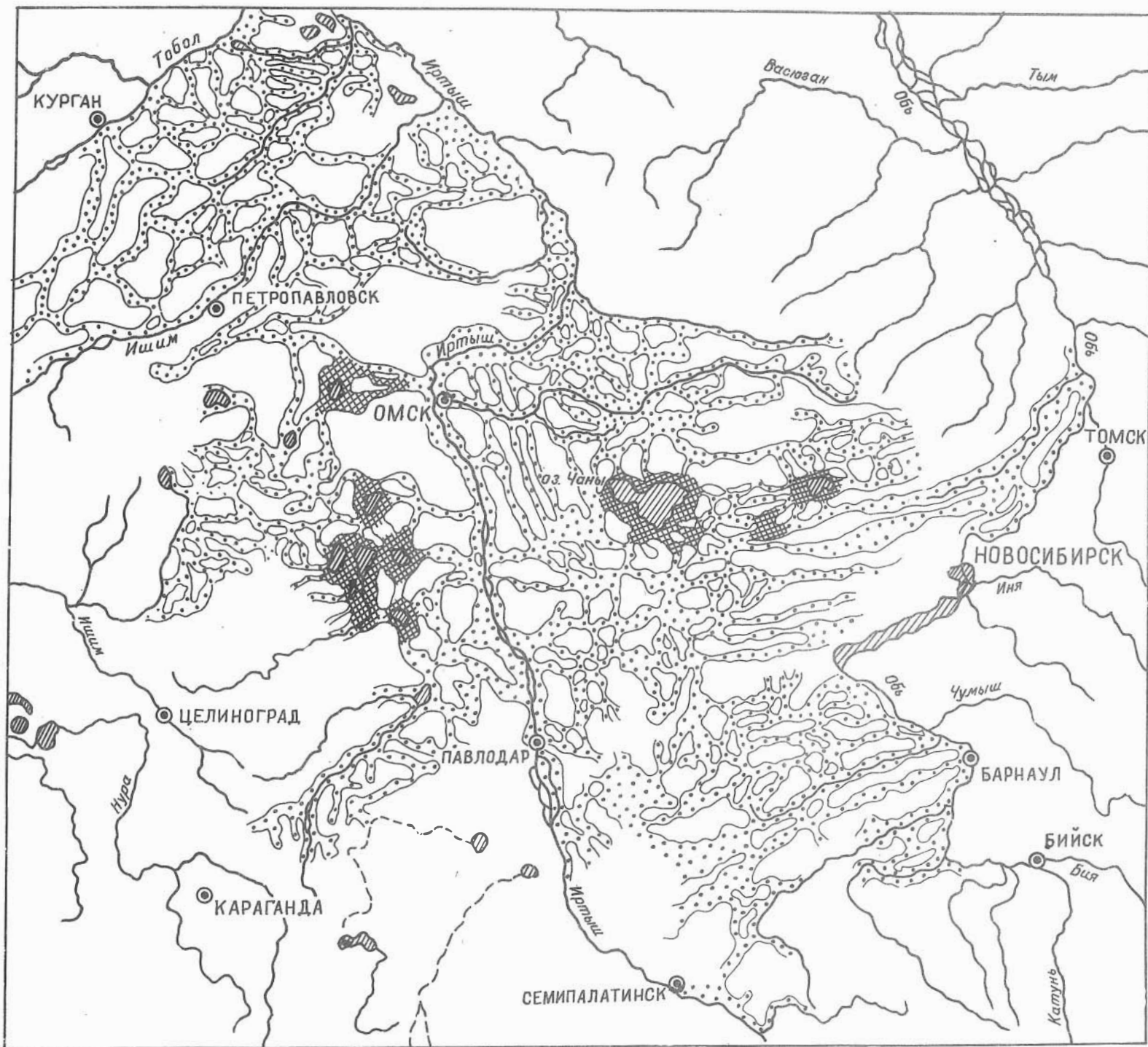


Схема древней гидрографической сети
 I—ложбины древнего стока вод; II—современные озера; III—реликтовые озера

народно-хозяйственного значения, которые не всегда могли быть полностью обоснованы вследствие отсутствия необходимых фактических данных о расположении очень сложной сети древних ложбин стока в пределах водораздельных территорий южной части Западно-Сибирской равнины. Мы давно знаем об их широком развитии в районах Приобского плато до ярко выраженной системы ленточных боров. Главнейшие фрагменты ложбин стока были хорошо известны и в пределах Иртыш-Ишимского междуречья благодаря присутствию древней долины р.Камышловки. Не менее выразительные ложбины стока в последние годы были установлены также и в районах Ишим-Тобольского водораздела. Здесь по системе реликтовых озер, а в ряде случаев и по морфологическим очертаниям самих долин, можно проследить ныне сильно укороченные притоки Тобола и Иртыша (реки Вагай, Суерь, Емец и др.). Приведенные данные не оставляют сомнений в том, что формирование ложбин древнего стока проходило на весьма значительной территории южной части Западно-Сибирской равнины, но многие годы у нас не было никаких данных об их расположении.

Для решения поставленной задачи мы обратились к анализу материалов космической информации. Полученные данные превзошли все наши ожидания. Они опровергли существующие представления о последнем весьма грандиозном подпрудном бассейне и доказали широкое развитие мощной системы древних ложбин стока в пределах всех районов южных равнин Западной Сибири, по территории которых в нашем распоряжении были необходимые картографические материалы (см. рисунок). Одновременно с этим полученные данные космической информации убедительно подтвердили связь между характером пространственного расположения ложбин стока с расположением ведущих тектонических структур и с господствующей ориентировкой основных уклонов земной поверхности. В общей форме их система в определенной степени отражает обобщенную конфигурацию палеозойских структур южного обрамления Западно-Сибирской равнины за исключением Тургайского прогиба. По данным космической информации, ложбины древнего стока никогда не сбрасывали свои воды в Среднюю Азию, а, подчиняясь структурно-орографическому плану Северного Казахстана, веерообразно раскрывались в северном направлении в область максимального погружения Ханты-Мансийской впадины.

Одно из существенных достоинств космических фотоснимков — генерализуемость изображения с уменьшением масштаба

сьемки. Природные границы, которые можно разделить на линейные, диффузные и мозаичные, при генерализации ведут себя по-разному. Мозаичные постепенно переходят в диффузные и далее в линейные (при сохранении мозаичности); диффузные становятся более контрастными, хорошо видимыми и далее переходят в линейные контуры; линейные контуры с уменьшением масштаба космического снимка выравниваются (за счет уменьшения извилистости) и становятся наиболее четко различимыми. Линейные объекты поддаются большему уменьшению, чем точечные. С уменьшением масштаба космического снимка меняется его дешифрируемость, изменяются элементы изображения объектов (форма, размер, тон); происходит обобщение тонов, перестройка изображения, перестройка и обновление рисунка. Полутона исчезают постепенно в зависимости от величины контура; исчезает часть мелких объектов, оказываясь за порогом разрешения, другие—благодаря некоторой концентрации фототона, становятся четко различимыми.

Дешифрирование древней гидрографической сети по космическим снимкам—довольно трудоемкий процесс, посильный опытному дешифровщику и требующий учета дополнительных материалов, знания дешифровщиком специальных дисциплин и анализа особенностей природной обстановки исследуемого региона. Интерпретация космических фотоснимков в сочетании с материалами аэросъемки, картографическими материалами и фактическими данными полевых исследований дает возможность обнаружить древнюю гидрографическую сеть и ее связи с современной системой речных долин.

Анализ материалов дешифрирования космических снимков по территории Ишим-Тобольского водораздела подтверждает, что наиболее распространенная форма рельефа указанной области—ложбины древнего стока, которые получили совершенно четкое изображение на снимках благодаря приуроченности к ним почв, отличных от почв прилегающих участков. Контрастный пестрый рисунок космического изображения создает здесь чередование ветвящихся светлых узких и широких полос, соответствующих мелким и крупным ложбинам стока, а также различной величины овальных светлых и темных пятен, которые отражают характер развития озерных систем в долинах древних ложбин стока.

В отличие от других районов южных равнин Западной Сибири ложбины стока Ишим-Тобольского водораздела образуют весьма густую разветвленную сеть бывших водотоков. Несмотря на кажущуюся хаотичность в плановом расположении ложбин,

явно прослеживаются два ведущих направления. Одна группа разветвления (восточная) отражает два основных потока, направленных на север и сливающихся в районе верховий р. Емец в один. Другая группа (западная) имеет два параллельных потока, направленных на северо-запад, и один второстепенный с направлением на север, сливающийся далее с одним из основных. Западную группу ложбин стока в их нижнем течении занимают реки Суерь и Кизак. В центральной и северной части Тобол-Ишимского междуречья обе группы связаны рядом параллельных более узких ложбин, ориентированных с юго-запада на северо-восток. Судя по общей конфигурации ложбин стока, а также по рельефу местности, обе группы долин связаны в южной части описываемого междуречья с долиной р.Ишима, и они, вероятно, являясь в эпоху обильного обводнения ареной большого разлива.

Таким образом, на основе анализа имеющихся материалов аэрокосмической съемки можно предположить, что Ишим-Тобольское междуречье перенесло эпоху обильного обводнения, во время которого образовалась сеть многочисленных ложбин стока, конфигурация и направление которых говорит о том, что наряду с общим уклоном на север поверхность междуречья в южной части (у Кокчетавской возвышенности) наклонена в северо-западном направлении, а северная часть имеет местный наклон в северо-восточном направлении. Кроме того, из общего обзора космических снимков видно, что наиболее широкие части долин древних русел созданы частыми кратковременными потоками вод, узкие—образованы долговременными водотоками.

Древняя гидрографическая сеть Ишим-Иртышского водораздела представлена в основном более постоянными водотоками, ранее связывающими Иртыш и Ишим. На топографических картах хорошо отображены лишь морфологические особенности «Камышловского лога», который в эпоху обильного обводнения, возможно, являлся руслом Ишима. На космических фотоснимках отчетливы озера Ишим-Иртышского водораздела (Шаглы, Калибек, Киши-Карой, Улькен-Карой, Эбейты, Теке, Кызылкак, Селетытениз, Жалаулы, Шурексор и др.), имеющие весьма значительные размеры по сравнению с современными, а также явные связи между ними в виде выраженных водотоков. Ранее занимаемая озерами поверхность на космических снимках отличается фототонном и структурой рисунка от окружающего фототона. Особенно примечательно изображение древнего лога Эбейты. Оно подчеркивается не только отличающимся

фототонном и структурой изображения, но и расположением сельскохозяйственных полей, а также проложенными в окрестностях автодорогами. Наиболее четко отражается ранее занимаемая более древняя поверхность озера на спектрзональных снимках. По космическим материалам хорошо дешифрируются мощные русла, связывающие озера Ишим-Иртышского междуречья. Совокупность рисунка этих связей позволяет предположить существование в эпоху значительного обводнения мощного водотока, соединявшего реки Иртыш и Ишим. Ранее эти связи не были известны, так как они не подчеркиваются никакими элементами местности и обнаружены только на космических снимках.

Интерпретация космических фотоснимков позволила выделить на территории Обь-Иртышского водораздела три характерные области развития древней гидрографической сети: 1) область длительно функционирующих ложбин стока; 2) ложбин стока периодического развития и 3) сплошных разливов древнеаллювиальных дельтовых равнин.

Первая область приурочена к наиболее возвышенной территории Обь-Иртышского водораздела, а третья—к пониженным районам Кулунды и Барабы.

Как указывалось выше, при уменьшении масштаба космических снимков один за другим исчезают изображения объектов, размеры которых меньше фотографического разрешения. Происходит концентрация фототона отдельных частей объектов значительной протяженности. В нашем случае концентрация фототона и генерализация мелких объектов на космических снимках как бы демаскирует изображение ложбин и их границ, которые трудно или совсем невозможно распознать на аэроснимках и даже на фотосхемах. Это позволяет получить принципиально новую информацию о конфигурации ложбин, уточнить план, а также установить некоторые связи с другими компонентами окружающего ландшафта.

Таким образом, в результате анализа космической информации были получены первые весьма оригинальные и практически очень важные исходные материалы для рационального проектирования гидротехнических работ большого масштаба не только по линии научного обоснования областных мелиоративных систем, но и по проблеме переброски части стока сибирских рек в засушливые зоны Казахстана и Средней Азии. Они позволяют говорить о том, что в основу разработки мелиоративных мероприятий по обводнению и осушению южных и центральных районов Западно-Сибирской равнины и решения актуальных

вопросов межрегионального перераспределения водных ресурсов должна быть положена идея объединения прарек, современных речных долин и древних ложбин стока в единую наиболее рациональную систему водных артерий. Широкое использование древней гидрографической сети до минимума сократит строительство искусственных каналов и позволит избежать нежелательные изменения природной среды на весьма значительной территории. Вместе с этим реставрация прарек и древних ложбин стока по данным космической информации позволит провести и необходимую переоценку запасов подземных вод, так как по новейшим данным их усиленное водообновление идет за счет обильного притока аллювиальных вод из погребенных долин. Поэтому сейчас открываются большие возможности и в отношении максимального использования подземных вод древних долин для орошения конкретных районов южной части Западно-Сибирской равнины.

Многие ложбины и долины древнего стока в пределах водораздельных территорий южных равнин Западной Сибири исчезли в историческое время. Об этом ярко свидетельствуют археологические и архивные данные по истории заселения долины р.Камышловки и многие другие материалы. Их деградация явилась прямым следствием двух причин. Во-первых, она совпала с межвековым этапом относительного иссушения климата, а во-вторых—с длительным периодом наиболее активного освоения земельных ресурсов Западной Сибири, за многие годы которого были уничтожены не только большие лесные массивы, но и природные ландшафты озерных систем. В связи с этим значительно изменился водный режим озер типа внутривековых колебаний общей увлажненности (в пределах 6-8 и 25-50 лет) и резко упала роль в обеспечении регулярной проточности ложбин стока в маловодные годы, так как озера и ложбины зарождались и развивались на территории южных равнин Западной Сибири как единая неразрывная природная система.

Принимая во внимание высказанные положения, необходимо поставить вопрос о реставрации озерно-речных систем южных равнин Западной Сибири путем проведения обширных лесорастительных мелиораций водоохранного значения, искусственного подпитывания ложбин и долин стока за счет сооружения водорегулирующих водохранилищ и, наконец, за счет артезианских подземных вод на первом этапе их восстановления. Эту задачу успешно стали сейчас решать мелиораторы Северного Казахстана, но их усилия должны поддержать

мелиоративные организации всех административных подразделений южной части Западно-Сибирской равнины. Только при этом условии поставленная проблема может быть успешно разрешена. Совершенно ясно, что дорогостоящее строительство групповых водопроводов даже самого большого масштаба не может восполнить потерю природных ландшафтов озерно-речных систем прошлых веков, так как они создавали наиболее благоприятные климатические условия для максимальной биологической продуктивности различных земельных угодий в периоды внутривековых колебаний общей увлажненности Западно-Сибирской равнины.

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ НОВЕЙШИХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

Достижения в области космических исследований Земли позволяют использовать новейшую информацию при геолого-геоморфологических исследованиях природных ресурсов Сибири. В настоящее время стоит задача наиболее эффективного использования информации, которую мы получаем в разные времена года с различных искусственных спутников Земли (ИСЗ). Разработка структурно-геоморфологических методов дешифрирования космических снимков в Западной Сибири проводилась для территорий с разными геологическими, геоморфологическими и климатическими условиями (Астахов, Ероменко, 1974, 1975; Башилова, 1973). Эталонные признаки проявления новейших тектонических движений выявлялись на площадях известных структур Верхне-Салымского, Сургутского, Березовского, Уренгойского нефтегазоносных месторождений (Зятькова, 1979). Для лучшего дешифрирования космических снимков были увеличены наиболее четкие, безоблачные участки негативов. Подготовив таким образом материалы для дешифрирования, переносили все структурно-геоморфологические особенности на бланковые карты. Полученные результаты сопоставлялись с геолого-геофизическими данными, известными до получения космической информации, особенно это относится к разрывным нарушениям и спрямленным элементам рельефа.

Для Западной Сибири получаемая дополнительная информация с 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-Пуровская-Уренгойская зона глубинных разломов).

Поэтому выявление таких районов по космическим снимкам имеет большое практическое значение для целенаправленных поисков перспективных нефтегазоносных площадей. Для того чтобы выяснить точность отражения структур платформенного чехла, глубинных разломов в современном рельефе, необходимо отбросить все погрешности на снимке, полученные за

Т а б л и ц а I

I 9 6 9 г.		
2I/П	3I/Ш	I/IV
Четко прослеживаются зоны глубинных разломов: Кустанайско-Тюменская, Иртышская; Фрагменты Колтогорско-Пуровско-Уренгойского глубинного разлома; Отдельные поднятия в пределах Сибирских увалов	Прослеживаются Колтогорско-Пуровско-Уренгойский глубинный разлом и Нижне-Обской и Туруханский грабены. На юге Западно-Сибирской равнины продолжение структур Салаира, Томь-Колыванского выступа	Четко фиксируется Тобольско-Иртышская зона глубинного разлома. Наблюдаются поднятия Белогорского, Аганского, Тобольского материков; темным фоном выделяется впадина Среднего Приобья
I 9 7 0 г.		
22/П	4/Ш	6/Ш
Прослеживается широтный глубинный разлом вдоль Сибирских увалов. Четко фиксируются разломы, ограничивающие Туруханский грабен, Аганский материк	Четко проявляется Приенисейский глубинный разлом, разграничивающий Западную Сибирь и Сибирскую платформу	Более четко прослеживается заболоченное Сургутское поле в Среднем Приобье

Цель исследования	Характер информации
1	2
Накопление эталонной информации на перфокартах для банка машинной обработки аэрокосмической фотографии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Название структур и их географическая привязка 2. Параметры структур: а) гипсометрические отметки (абсолютные и относительные); б) амплитуда поднятий; в) глубина залегания продуктивной толщи 3. Возраст вмещающих пород (палеогеоморфологическая характеристика) 4. Тектоническое строение: а) фундамента; б) платформенного чехла; в) новейшего структурного плана 5. Структурно-геоморфологическая характеристика (выраженность структур в современном рельефе), морфоструктурные особенности: а) унаследованные; б) инверсионные – обращенные; г) гетерогенные
Выявление эталонных признаков проявления новейших тектонических движений в пределах известных структур	<ol style="list-style-type: none"> 6. Структурно-геоморфологическая характеристика на основании дешифрования аэрокосмических фотоматериалов районов распространения нефтегазоносных площадей. Выявление: а) спрямленных элементов рельефа; б) признаки перестройки речных долин; в) характер изменения фототона на снимках в зависимости от времени залета 7. Морфометрический анализ топоосновы: а) интенсивность эрозионного расчленения в пределах структуры по формуле:

$$Q = \frac{\Delta H \cdot L}{P^2}, \text{ где } \Delta H - \text{разница превышения рельефа в квадрате исследуемой площади, } L - \text{длина водотоков, } P^2 - \text{площадь квадрата, на которые разделяется исследуемая площадь}$$

I	2
	<p>б) Выявление аномальных зон повышенных падений рек в пределах структур:</p> $I = \frac{H_2 - H_1}{l}, \quad l - \text{длина водотока в пределах структур, } H_2 - H_1 - \text{разница превышения уклонов русла на данном участке водотока}$ <p>8. <u>Анализ водоразделов</u>: выявление остаточновёршинных поверхностей, деформаций полигенетических поверхностей; определение уклонов подстилающей поверхности заболоченных массивов и их денудации</p> <p>9. <u>Анализ речных долин</u>: сопоставление ширины пойм, долин, деформации террас, перестройки речных систем, выявление речных долин</p>
<p>Характеристика аэрокосмических фотоматериалов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. С какого спутника получен материал 2. Время съемки 3. Вид съемки 4. Диапазон съемки 5. Номер витка 6. Подготовка материалов к обработке на ЭВМ (формализация признаков) 7. Работа с негативами (дубль-негативами - разных диапазонов) 8. Работа с фотоснимками разных диапазонов (0,5-0,6; 0,6-0,7; 0,7-0,8; 0,8-1,0) 9. Изучение резкой смены фототона
<p>Аппаратурная обработка аэрокосмической фотоинформации</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. На стереомере 2. На интерпретоскопе 3. На стереоскопах 4. На I I - I30

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 и 1,2-18-25 «Метеор» за 1969, 1970, 1975, 1976 гг. выявлено, что резкое отражение спрямленных элементов рельефа, структур, разрывных нарушений приходится на снимки, полученные с 18-го ИСЗ «Метеор» в весенне-осенние месяцы, так как растительный покров более разряжен. Но и информацию летне-зимних сезонов тоже нельзя отбрасывать, поскольку в ней можно найти отдельные дополняющие детали.

Для Сургутского региона были просмотрены материалы с ИСЗ «Метеор» за февраль, март, апрель 1969 и 1970 гг. (таблица 1). На всех снимках очень четко прослеживается 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 (таблица 2).

Такая обработка эталонных признаков отражения в современном рельефе локальных структур, перспективных в нефтегазоносном отношении, дает возможность, для более рационального, целенаправленного проведения геолого-геофизических нефтепоисковых работ, 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 на перфокартах картотеку, куда заносится текущая аэрокосмическая фотоинформация (см. табл. 2). На этих карточках для каждой структуры (кроме ее параметров, возраста вмещающих пород продуктивной толщи, тектонической обстановки) записываются основные структурно-геоморфологические признаки, выявленные на основании дешифрирования космических снимков.

Эти признаки необходимо знать и при изучении характера проявления новейших тектонических движений, поэтому особое внимание следует уделять строению речных долин, водо-

раздельных пространств (Зятькова, 1979).

Таким образом, тщательный анализ всех видов съемок, дающих аэрокосмическую информацию, с учетом специфических особенностей сезонных съёмок, исключает возможность ошибок, обусловленных различными метеорологическими помесями, негативами или снимками. Из проведенных наблюдений видно, что анализ фотокосмических материалов любого масштаба практически необходим для оценки отражения структур фундамента, платформенного чехла в современном рельефе, характера проявления 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.

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.

Астахов В.И., Ероменко В.Я. Применение телевизионных космических снимков для исследования тектоники Приенисейской Сибири.—Геология и геофизика, 1975, № 5.

Башилова И.И., Еремин В.К., Махин Г.В. Космические телевизионные снимки как средство тектонического районирования крупных территорий и прогнозирование полезных ископаемых (на примере Западно-Сибирской плиты и прилегающих районов).—В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. М., 1973.

Зятькова Л.К. Структурная геоморфология Западной Сибири. Новосибирск, Наука, 1979.

**СВОДОВО-БЛОКОВАЯ МОРФОТЕКТОНИКА
ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ
ГОРНОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ**

Западно-Сибирское геологическое управление выполняет обширную программу региональных структурно-тектонических исследований западной части Алтае-Саянской горно-складчатой области в административных границах Алтайского края и Кемеровской области. Используется широкий комплекс аэрокосмофотогеологических методов и пространственно-статистическая обработка вершинного гипсометрического поля современного рельефа приемами мозаичного анализа тренда. Работы выполняются способом последовательной детализации с привлечением всего масштабного ряда космофотоматериалов различного ранга, включая данные аэровысотной съемки. На всех стадиях привлекаются геофизические, геологические, тектонические карты соответствующего масштаба. На первых этапах исследований установлено положение естественных морфотектонических границ исследуемой области и выявлен общий план сводово-блоковых деформаций земной коры в ее пределах.

Итоговые графические материалы представляют результат прямой расшифровки структур, отраженных на топографических картах и материалах съемок из космоса соответствующего уровня генерализации, в то время когда традиционные обзорные геологические и тектонические карты составлялись посредством многоступенчатой генерализации первичных геологических материалов, не исключая субъективный отбор деталей и игнорирование более важных структурных элементов на каждом этапе. Очевидно, что названный комплекс методов позволяет в первую очередь выявлять геологические структуры, так или иначе отраженные в современном рельефе, поэтому итоговые структурно-тектонические карты являются морфотектоническими, а комплекс исследований рассматривается как морфотектонический анализ.

**Морфотектонические границы
области исследований**

Морфология регионального вершинного гипсометрического поля, заданного по топографической карте масштаба 1:2 500 000,

свидетельствует о том, что Алтай-Саянская горно-складчатая область представляет собой сложнопостроенный овальный мегасвод, расположенный в пределах северного склона крупнейшего Центрально-Азиатского континентального свода. Длинная ось мегасвода ориентирована в северо-восточном направлении, соединяя два самостоятельных ядра с центральными понижениями—Чуйской впадиной на юго-западе и Тоджинской котловиной на северо-востоке.

На юго-западе морфотектоническая граница Алтай-Саянского мегасвода совпадает с осью Джунгаро-Зайсанского прогиба, заложенного вдоль Чарско-Гобийского разлома (рис.1), которому в структуре вершинного гипсометрического поля отвечает симметричное дугообразное понижение вдоль границы Алтай-Саянского и Казахстанского мегасводов. Наиболее определенно положение северо-восточной границы: здесь вдоль Главного Восточно-Саянского разлома, четко дешифрируемого на обзорных космических снимках, наблюдается резкий уступ вершинного гипсометрического поля, отделяющий Алтай-Саянскую горноскладчатую область от Сибирской платформы.

Юго-восточная граница Алтай-Саянского мегасвода намечена по серии прерывистых линейных понижений вершинного гипсометрического поля, соответствующих в юго-западной части Аюды-Цагангольскому прогибу (Моисеенко, 1969), а на северо-востоке—аналогичному прогибу, проходящему между нагорьем Сангилен и линейными горно-складчатыми сооружениями Восточной Тувы. Вдоль осевых частей этих прогибов по обзорным космическим снимкам отдешифрировано положение Джунгарско-Китойского разлома.

На последующих этапах статистической обработки вершинного гипсометрического поля установлено, что в структуре Алтай-Саянского мегасвода обособляются три дочерних свода. Ядро первого из них, Алтайского, по изогипсе 3 250 м оконтурено между истоками р.Бухтарма и хр.Чихачева. В восточной части мегасвода, в пределах хр.Обручева, намечено положение ядерной части Саянского дочернего свода. И, наконец, в северной части Алтай-Саянской горно-складчатой области обособлен меньший по площади и высоте Кузнецко-Салаирский дочерний свод с ядерной частью, оконтуренной по изогипсе 1 250 м в районе Тигиртышского хребта.

Алтайский и Кузнецко-Салаирский дочерние своды отделены от Саянского линейным понижением вершинного гипсометрического поля северо-западного простираения (межсводовой депрессией), соответствующего новейшей тектонической струк-

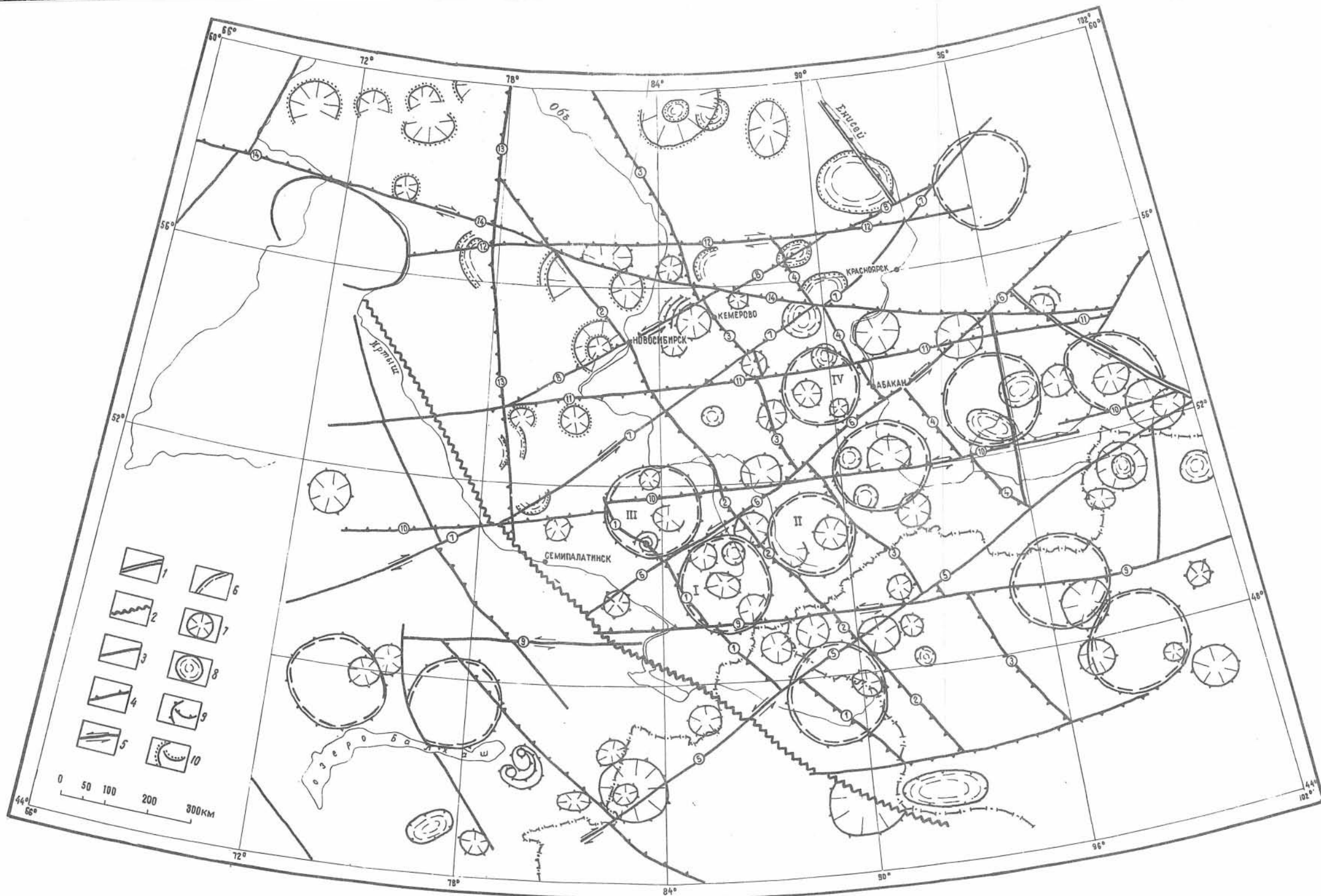


Рис.1. Морфотектоническая схема Алтае-Саянской горно-складчатой области и прилегающих регионов

Линейные морфоэлементы: 1—граница Центрально-Азиатского складчатого пояса и Сибирской платформы (Главный Восточно-Саянский разлом; 2—граница Алтае-Саянского и Казахстанского сегментов Центрально-Азиатского складчатого пояса (Чарско-Гобийский коллизионный разлом); 3—трансрегиональные разломы; 4—сбросовые и взбросовые уступы (бергштрихи направлены в сторону опущенного крыла; 5—преобладающие направления сдвиговых перемещений. Структуры центрального типа; 6—внешние концентраты сводовых поднятий; 7—купольные поднятия; 8—кольцевые впадины и овальные депрессии; 9—сбросовые уступы (бергштрихи направлены в сторону понижения); 10—флексуры и эрозийные уступы (точками обозначено направление понижения). Разломы (цифры в кружках): 1—Колыванско-Булганский, 2—Васюганско-Толбонурский, 3—Вахско-Дзабханский, 4—Чулымско-Тувинский, 5—Джунгарско-Китойский, 6—Георгиевско-Тайшетский, 7—Спасско-Иркинеевский, 8—Славгородско-Казачинский, 9—Нарымско-Хангайский, 10—Балапанско-Байкальский, 11—Каменско-Тулунский, 12—Тарско-Кемчугский, 13—Кулундинско-Ильясский, 14—Тобольско-Ангарский. Сводовые поднятия (римские цифры): I—Катунское, II—Чулышманское, III—Башелакское, IV—Тигиртышское

туре Хакасско-Монгольскому прогибу (Моисеенко, 1969). Этот прогиб и принят в качестве северо-восточной границы исследуемой западной части Алтае-Саянской складчатой области. Северная и северо-западная границы Алтае-Саянской области с мезокайнозойскими впадинами Западно-Сибирской плиты преимущественно эрозионные и только вдоль северного фаса Алтая на границе Алтайского дочернего свода и Кулундинской впадины по космическим снимкам фиксируется система протяженных широтных разломов, а Кузнецко-Салаирский дочерний свод отделен от Тегульдетской впадины серией сбросовых уступов вдоль зоны Тобольско-Ангарского разлома.

В пределах Алтае-Саянского мегасвода выделяются в качестве мегаблоков Горно-Алтайское, Кузнецко-Алатаусское, Западно-Саянское, Восточно-Саянское сводово-блоковые поднятия и Рудно-Алтайский, Салаирский и Красноярский блоковые склоны. Основу сводово-блоковых поднятий составляют обособленные изометричные своды, а для блоковых склонов характерно одно доминирующее направленное понижение вершинного гипсометрического поля при существенно более низком уровне вершинной поверхности.

Выявленные морфотектоническим анализом главные черты структурного плана складчатой области согласуются с известным по геофизическим данным представлением о ее глубинном строении. Общая мощность земной коры изменяется от 40 км в прилегающих частях Западно-Сибирской плиты до 57 км в южных районах Горного Алтая. В Восточной Туве, повышение мощности земной коры до 48 км зафиксировано и в ядерной части Кузнецко-Салаирского дочернего свода (Гришин и др., 1976). Увеличение мощности земной коры в ядрах сводов происходит преимущественно за счет прогибов в кровле «базальтового» слоя и увеличения мощности «гранитного» слоя. Кроме того, в пределах Алтайского дочернего свода предполагается разуплотнение вещества верхней мантии, а для Кузнецко-Салаирского дочернего свода установлена антиизостатическая структура земной коры (Ладынин, 1976), что согласуется с относительно слабым его поднятием в неотектоническое время. Для разделяющих дочерние своды межсводных прогибов и блоковых склонов характерны, по тем же источникам, сокращенные мощности земной коры при максимальном развитии «базальтового» слоя, «гранитный» слой здесь редуцирован, а на отдельных участках он вообще отсутствует.

Линейные морфотектонические элементы

На рис.2 показаны результаты статистической обработки вершинного гипсометрического поля способом мозаичного анализа тренда, полученные на одном из последующих этапов. В зонах выявленных линейных нарушений трендовых поверхностей на топографических картах и космических снимках дешифрированы линейные морфотектонические элементы, во многих случаях совпадающие с известными региональными разломами. Подавляющее большинство показанных на морфотектонической схеме (рис.1) разломов, таких как структурно-увязанных на всем протяжении линейных морфологических элементов, выявлены впервые. Только в редких случаях за ними оставлены установившиеся названия географических пунктов, расположенных вблизи них.

Доминируют, несомненно, разломы диагональной системы, причем в равной степени распространены разломы северо-западного (продольного) и северо-восточного (поперечного) простираения. Весьма существенна роль разломов широтного вектора ортогональной системы; меридиональные разломы на данном уровне генерализации фиксируются в ограниченном количестве. На отдельных участках четко проявилась серия разломов запад-северо-западной ориентировки, которые ранее в качестве региональных не рассматривались.

Северо-западные разломы принадлежат к доминирующей серии глубинных разломов Алтае-Саянской складчатой области, параллельных ограничению Сибирской платформы. Крайний юго-западный из них, Чарско-Гобийский, фиксирует положение морфотектонической границы Алтае-Саянского и Казахстанского сегментов Центрально-Азиатского складчатого пояса. Он занимает осевое положение в пределах Обь-Зайсанской складчатой системы, с удалением от него в обе стороны наблюдается симметричное расположение складчатых сооружений все более древней консолидации (Воробьев,

Попов, 1975), на основании чего он рассматривается в качестве коллизионного. На космических снимках Чарско-Гобийский разлом отчетливо трассируется линейными фотоаномалиями светлого, или наоборот очень темного, фототона. Кольванско-Булганский разлом в северо-западной части известен как Восточная зона смятия, разделяющая герцинские структуры Рудного Алтая и каледонид Горного Алтая, а далее на юго-восток он четко дешифрируется вдоль фаса Монгольского Алтая до широты р.Булган-Гол. В структуре вершинного гипсометрического

поля ему соответствует сгущение и резкий изгиб простирания изогипс от северо-восточного в Горном Алтае до северо-западного в Рудном Алтае. На космических снимках и топографических картах уверенно дешифрируется на расстоянии почти 2 000 км Васюганско-Толбонурский разлом. Он объединяет в качестве смещенных по поперечным разломам звеньев известные глубинные разломы: Толбонурский, Курайский, Кадринский, Кубинский и др. Каждое звено в плане образует дугу, обращенную выпуклостью на юго-запад. На всем протяжении Васюганско-Толбонурский разлом, как единая структура, сопровождается полосовыми аномалиями гравитационного и магнитного полей. Геофизические данные наряду с морфотектоническими и космофотогеологическими позволили проследить этот разлом далеко на северо-запад в пределах фундамента Западно-Сибирской плиты. Вахско-Дзавханский разлом намечен по характерным изменениям в структуре вершинного гипсометрического поля и в дальнейшем протрассирован по космическим снимкам. В пределах Кузнецкого прогиба он проходит по линии Новокузнецк—Кемерово—Томск, фиксируя смену стиля складчатых и разрывных дислокаций от линейных в Присалаирской зоне до брахиформных — в Приалатаусской, что нашло отражение в смене рисунка фотоизображения на космических снимках. Юго-восточное продолжение разлома в Горной Шории, Западном Саяне, Туве и МНР объединяет простирание известных глубинных разломов: Тельбесско-Кондомского (Ашурков, 1971), Большееонского (Науменко и др., 1974) и Дзавханского (Серпухов, 1974). В осевой части Хакасско-Монгольского прогиба, вытянутого в северо-западном направлении, отдешифрировано положение Чулымско-Тувинского разлома. Его северо-западная часть, известная под названием Абакано-Ужурского разлома (Тектоника..., 1973), выражена цепочкой озерных котловин и спрямленных участков речных долин. Разлом здесь ограничивает по простиранию хребты Арга, Солгонский, Косинский и Батеневский кряж; юго-восточное продолжение разлома в пределах Западного Саяна подробно охарактеризовано А.И.Науменко с соавторами (1974) в качестве «теневого» разлома.

Северо-восточные разломы. На существование региональной системы поперечных северо-восточных разломов в пределах Алтае-Саянской складчатой области в последнее время указывают многие авторы, основываясь преимущественно на геофизических данных. История их изучения подробно освещена в статье В.Б.Караулова (1976). Но большинство поперечных разломов нами прослежено на всем протяжении впервые.

Главнейшие из них полностью пересекают складчатые сооружения Алтае-Саянской области, уходя в пределы Сибирской платформы или Казахстанской складчатой области. Джунгарско-Китайский разлом намечен по наличию линейных понижений вершинного гипсометрического поля вдоль Аюды-Цагангольского прогиба (Моисеенко, 1969) и впоследствии прослежен по телевизионным космическим снимкам на расстояние более 1000 км по линии ст. Дружба—пос. Кобук (Китай)—оз. Даяннур—оз. Баяннур (МНР). Далее, в Тувинской АССР, он ограничивает с северо-запада Сангиленский срединный массив и уходит на северо-восток севернее оз. Хубсугул в долину р. Китой (приток Ангары). Георгиевско-Тайшетский разлом в средней своей части известен как Саяно-Минусинский, а по космическим снимкам отдешифрировано его продолжение на юго-запад в направлении г. Усть-Каменогорск—пос. Георгиевка и на северо-восток в пределы Сибирской платформы по линии Шушенское—истоки р. Мана—устье р. Тагул (приток р. Бирюсы). Спасско-Иркинеевский разлом объединяет в одну структурную линию известные региональные разломы Восточного Казахстана (Спасская зона), Салаира и Кузнецкого Алатау (Аламбайский разлом) и уходит на северо-восток в пределы Сибирской платформы по линии г. Ужур—пос. Предивинск—устье р. Иркинеева. Славгородско-Казачинский разлом отдешифрирован от оз. Хорошее (район г. Славгорода) на северо-восток по линии г. Новосибирск—г. Мариинск—пос. Тюхтет и далее, в направлении слияния рек Бирюса—Чуна, пересекает Енисей выше Казачинского порога. Вдоль большинства северо-восточных разломов наблюдаются левосторонние сдвиговые смещения, что отчетливо устанавливается по смещению линейных комплексов рельефа и полосовых геофизических аномалий.

Широтные разломы. Ведущая роль широтных разломов в плане неотектонических деформаций Алтае-Саянской складчатой области общеизвестна. Такие разломы наиболее четко проявлены в современном рельефе, они контролируют размещение источников термальных и минеральных вод, а также характеризуются наиболее высокой сейсмической активностью (Жалковский, Мучная, 1975). Нарымско-Хангайский разлом пересекает южную часть Горно-Алтайского сводово-блокового поднятия и без признаков затухания на флангах прослежен от хр. Чингиз-Тау на западе до хр. Хан-Хухэй на востоке. Это сейсмически наиболее активная структура, современные сейсмообвальные движения в его зоне широко проявлены вдоль северного склона Нарымского хребта, а при

землетрясении 1905 г. на отрезке более чем 320 км Нарымско-Хангайского разлома имел место левый сдвиг амплитудой до 6,5 м (Вознесенский, 1962). Балапанско-Байкальский разлом в западной части представлен серией сбросовых уступов, по которым складчатые структуры Горного и Рудного Алтая погружаются под мезокайнозойские отложения Кулундинской впадины. Восточнее г.Горно-Алтайска разлом фиксируется аномальными расширениями и резкими коленообразными изгибами речных долин и ступенчатым понижением вершинной поверхности северных склонов Западного Саяна, далее он ограничивает с юга Уюкскую впадину и Тоджинскую котловину и предположительно подходит к Байкалу в районе устья р.Голоустная. Каменско-Тулунский разлом отдешифрирован на расстоянии более 1300 км. В западной части он в виде серии сбросовых уступов ограничивает с севера наиболее погруженную часть Кулундинской впадины и далее на восток пересекает складчатые сооружения Алтае-Саянской области по линии г.Камень-на-Оби—ст.Тягун—пос.Балахчин—истоки р.Мана и уходит в пределы Сибирской платформы южнее г.Тулун. На севере в пределах Западно-Сибирской плиты отдешифрирован Тарско-Кемчугский разлом, который ориентирован в строго широтном направлении по линии р.Тара (приток Иртыша)—устье р.Томи—устье р.Кии—слияние рек Бол. и Мал.Кемчуг. Характерно, что между перечисленными трансрегиональными широтными разломами существует «шаг», составляющий 300-350 км и сохраняющийся к северу и к югу от исследованной площади.

Меридиональные разломы. Большинство разломов меридионального вектора отдешифрировано по космическим снимкам в пределах прилегающих структур Западно-Сибирской плиты. Наиболее протяженный из них, Кулундинско-Ильякский, прослежен по штриховым линейным фотоаномалиям от западного склона увала Балапан на север по линии г.Славгород—истоки р.Васюган—устье р.Ильяк (левый приток Оби). На топографической карте линии разлома соответствуют слабо выраженные уступы в сторону западного крыла. В рельефе фундамента вдоль этой линии также наблюдаются уступы того же направления (Адаменко, 1976; Конторович и др., 1975).

Запад-северо-западные разломы, как уже отмечалось, в качестве региональных выделяются впервые. Наиболее важным из них является Тобольско-Ангарский трансрегиональный разлом, устойчиво проявляющийся на большинстве телевизионных космических снимков, где шириной

десятки км наблюдаются ориентированные в одном направлении прерывистые штриховые полосы. В средней своей части Тобольско-Ангарский разлом образует фас Кузнецкого Алатау, благодаря чему он находит отражение в морфологии вершинного гипсометрического поля и дешифрируется по резкой смене рисунка эрозионной сети, коленообразным изгибам и аномальным расширениям речных долин к северу от разлома. Общая прослеженная длина разлома составляет 2 200 км, его выход протрассирован по линии устье р.Тавда—устье р.Ишим—истоки р.Парбиг—г.Тайга—пос.Даурское на Енисее—широтный отрезок р.Уда (приток р.Чуны). В Горном Алтае также отдешифрирована серия региональных разломов запад-северозападного направления, из которых наиболее протяженный Змеиногорско-Джазаторский.

Главнейшие из продольных разломов северо-западного направления отграничивают зоны разновозрастной консолидации; в поперечном сечении строение зон этих разломов всегда асимметрично: во взброшенном северо-восточном крыле, как правило, вскрыты древнейшие протерозойские осадочно-вулканогенные глубоко метаморфизованные породы, а в опущенном юго-западном—узкие грабен-синклинальные зоны, сложенные палеозойскими породами офиолитовой ассоциации. В современном рельефе зоны продольных разломов прослеживаются вдоль подножий хребтов и возвышенностей, взброшенных или даже надвинутых на грабенообразные прогибы, nasledующие древние эвгеосинклинальные зоны. В плане такие морфосистемы дугообразно изогнуты с выпуклостями, обращенными на юго-запад. Разломы северо-восточного направления наиболее четко проявлены в пределах зон раннепалеозойской консолидации, где они образуют протяженные полосы выходов пород офиолитовой ассоциации, фиксируемые симметричными понижениями в современном рельефе (северо-восточный фланг Джунгарско-Китойского и Георгиевско-Тайшетского разломов). В западной части Алтае-Саянской области они преимущественно принадлежат к категории скрытых и на современном срезе картируются только их фрагменты. В их зонах отсутствуют или ограниченно развиты гранитоиды и преобладают продукты глубинного основного магматизма. В плане поперечные разломы смещают продольные подобно современным трансформным разломам дна океанов и складчатых окраин материков. Амплитуды преимущественно левосторонних сдвигов по поперечным разломам возрастают в северо-восточном направлении, что указывает на постепенное снижение их активности в ходе

формирования континентальной коры. Совпадение простирания поперечных разломов с генеральным направлением изоаномал силы тяжести (Кочетков, Розенфарб, 1971; Хафизов, 1971) также свидетельствует о соответствии их уступам глубинных разделов земной коры.

Структуры центрального типа

Из очень большого числа выявленных при дешифрировании космических снимков изометрических кольцевых и купольных образований—объединенных под общим названием «структуры центрального типа», объектами изучения на первых этапах исследований стали только наиболее крупные, размером не менее 25 км в поперечном сечении. Дискретность размеров структур и различия в характере их профиля позволили выделить следующие морфотектонические классы:

а) сводовые поднятия с положительным профилем и размером в плане 200-220 км;

б) купольные поднятия с положительным профилем и размером в плане от 50 до 100 (в среднем 65) км;

в) кольцевые впадины с отрицательным (вогнутым) профилем и размером в плане 50-80 км.

Сводовые поднятия наследуют общий план сводово-блоковой морфотектоники складчатой области, располагаясь преимущественно в пределах центральной части Алтае-Саянского мегасвода и составляя ядра сводово-блоковых поднятий. Несмотря на различный возраст и состав слагающих сводовые поднятия пород, они характеризуются объединяющими их морфотектоническими признаками и особенностями геофизических полей. На космических снимках во всех случаях четко видны внешние концентры сводовых поднятий, подчеркнутые окаймляющими их речными долинами и ориентированными по дугам соответствующего радиуса водораздельными седловинами и уступами. Полосчатый фоторисунок, обусловленный чередованием структурно-денудационных хребтов и субсеквентных долин, в пределах сводовых поднятий сменяется центробежным радиально-концентрическим рисунком, а линейные аномалии геофизических полей — изометричными и дугообразными, преимущественно отрицательными гравиметрическими аномалиями и мозаичным знакопеременным аномальным магнитным полем. В пределах изученной площади оконтурено четыре сводовых поднятия: Катунское, Чулышманское, Башелакское, Тигиртышское.

Катунское сводовое поднятие включает наиболее высокие хребты Горного Алтая—Катунский и Теректинский и имеет общий наклон вершинной поверхности в северо-западном направлении. Чулышманское сводовое поднятие включает одноименное плоскогорье, Шапшальский и Курайский хребты, его профиль наиболее слабо выпуклый, о чем свидетельствует незначительная разность гипсометрических отметок внешнего концентри (1800-2000 м) и максимальных высот в центральной части (3507 м—г.Ак-Оюк). Башелакское сводовое поднятие четко обособлено в рельефе северо-западной части Горного Алтая, где в его контурах находятся различно ориентированные хребты: Башелакский, Тигирецкий, Коргонский и Чергинский. Тигиртышское сводовое поднятие занимает наиболее поднятую часть Кузнецкого Алатау, его внешний концентр проходит в области среднегорья и имеет гипсометрические отметки всего 400-600 м, но поперечный профиль достаточно выпуклый и абсолютные отметки в центре достигают 2178 м (г.Верхний Зуб). Сводовое поднятие в целом обнаруживает только слабый наклон на северо-восток, о чем свидетельствует центробежный и окаймляющий рисунок гидросети, принадлежащей системам Томи, Абакана, Енисея и Чулыма.

Купольные поднятия преимущественно располагаются в пределах сводовых поднятий и морфологически весьма с ними сходны. Жесткие ядра купольных поднятий сложены гранитными батолитами или гнейсо-мигматитовыми образованиями, контуры их в большинстве случаев совпадают с контурами отрицательных гравиметрических аномалий. Кольцевые впадины по размерам сопоставимы с купольными поднятиями, но количество их (по крайней мере, выявленных на первых этапах) значительно меньше. Они дешифрируются по центростремительному рисунку гидросети, наличию окаймляющих кольцевых и дугообразных хребтов, имеют вогнутый профиль, обычно усложненный на фоне одностороннего наклона. В геофизических полях кольцевым впадинам соответствуют изометрические аномалии гравитационного поля (положительные и отрицательные) и мозаичные, преимущественно положительные, магнитные аномалии.

В целом положение отдешифрированных структур центрального типа лучше всего согласуется с геофизическими, главным образом гравиметрическими, данными. Отражение их контуров на геологических картах, фиксирующих строение поверхности современного эрозионного среза, обычно проявляется менее четко. В общем случае контуры сводовых поднятий опи-

сывают ареалы разновозрастного гранитоидного (батолитового) магматизма, обнаруживающего вполне определенные закономерности размещения по отношению к этим контурам, которые подробнее будут рассмотрены ниже. Купольные поднятия в большинстве случаев фиксируют в обобщенном виде контуры отдельных гранитных батолитов или гнейсомигматитовых куполов. Кольцевые впадины, как правило, в плане совпадают с положением крупных вулкано-тектонических депрессий. В этом случае наблюдается значительно большая степень генерализации контуров распространения вулканитов, закартированных на современном срезе, что обусловлено их сравнительно пологим залеганием. Таким образом, имеются все основания предположить глубинную природу структур центрального типа, а также их вероятную связь с процессами уплотнения—разуплотнения вещества на различных коро-мантийных уровнях, о чем свидетельствует дискретность размеров их в плане.

Некоторые структурные элементы Западно-Сибирской плиты

В примыкающей с севера к исследуемой площади части Западно-Сибирской плиты по космическим снимкам, особенно снятым в ИК-диапазоне, отчетливо дешифрируется сеть линеаментов, принадлежащая охарактеризованным выше системам. Многие из линеаментов отдешифрированы как непосредственное продолжение в фундаменте плиты известных в пределах горного обрамления разломов. Сопоставление результатов дешифрирования с геологическими и геофизическими данными, положенными в основу реконструкций рельефа фундамента плиты, и структурами мезо-кайнозойского чехла (Конторович и др., 1975; Адаменко, 1976) свидетельствует о том, что линеаменты на космических снимках действительно соответствуют главным зонам разрывных дислокаций фундамента, проявленных в качестве флексурно-разрывных зон в чехле и, в конечном счете, в современном рельефе (см. рис.1).

Четко дешифрируется положение известных Колтогорско-Уренгойского и Чузикского грабен-рифтов, ограниченных на юге Тобольско-Ангарским разломом. Не найдено столь определенного объяснения крупнейшему почти замкнутому кольцевому линеаменту, ограничивающему овалный тектонический блок литосферы с ориентированной в северо-западном направлении длинной осью. Линеамент фиксируется характерным изгибом долины Иртыша в промежутке пос.Саргатское—устье

р.Ишим и далее довольно отчетливо намечается его возможное замыкание в левобережье Иртыша северо-восточнее г.Ишим. Размеры ограниченного кольцевым линейментом овала 300×200 км, а его отчетливо прослеженная длина превышает 600 км. В структуре чехла в пределах ограниченного кольцевым линейментом овала отмечен комплекс куполовидных поднятий и валов, составляющих Вагай-Ишимский выступ и Старосолдатский мегасвод.

По различию тональности и, в меньшей степени, рисунка фотоизображения в примыкающей части Западно-Сибирской плиты фиксируется большое число овальных и кольцевых морфоструктур, которые при перенесении на топографическую карту обнаруживают хорошее соответствие с характером эрозионной сети современного рельефа. При этом они отчетливо разделяются на положительные (поднятия) и отрицательные (опускания) морфоструктуры. Поднятия и опускания различаются и по фототону: в первом случае он более темный (на снимках в ИК-диапазоне наблюдается обратное соотношение фототона). Сопоставление положения морфоструктур с пликативными дислокациями чехла свидетельствует о весьма совершенной унаследованности знака неотектонических движений хотя полного совпадения контуров современных и мезокайнозойских структур чаще всего не наблюдается.

Предварительные региональные металлогенические следствия

Программа региональных структурно-тектонических исследований предусматривает получение качественно новых критериев для прогнозирования широкого круга полезных ископаемых. Поэтому уже на первых этапах работ выполнялся анализ положения рудных объектов различных таксономических рангов по отношению к элементам сводово-блоковых структур, выявленных в процессе морфотектонического анализа.

Обращает на себя внимание положение редкометального рудного района Юго-Восточного Алтая в центральной части Алтайского дочернего свода, где они оконтурены замкнутой изогипсой 3 100 м регионального вершинного гипсометрического поля. Именно этот район в настоящее время оценивается как первоочередной для оценки известных и поисков новых месторождений вольфрама (Денисенко, Лобков, 1976). Вполне определенную металлогеническую специализацию обнаруживают сводово-блоковые поднятия и блоковые склоны. Центральные части Горно-Алтайского и Кузнецко-Алтатаусского сводово-



Рис.2. Карта сводово-блоковых структурных форм западной части Алтае-Саянской горно-складчатой области.

1—границы региональных морфотектонических блоков первого порядка; 2—границы региональных морфометрических блоков второго порядка; 3—изогипсы вершинного гипсометрического поля, м. Другие усл.обозн. см. к рис.1

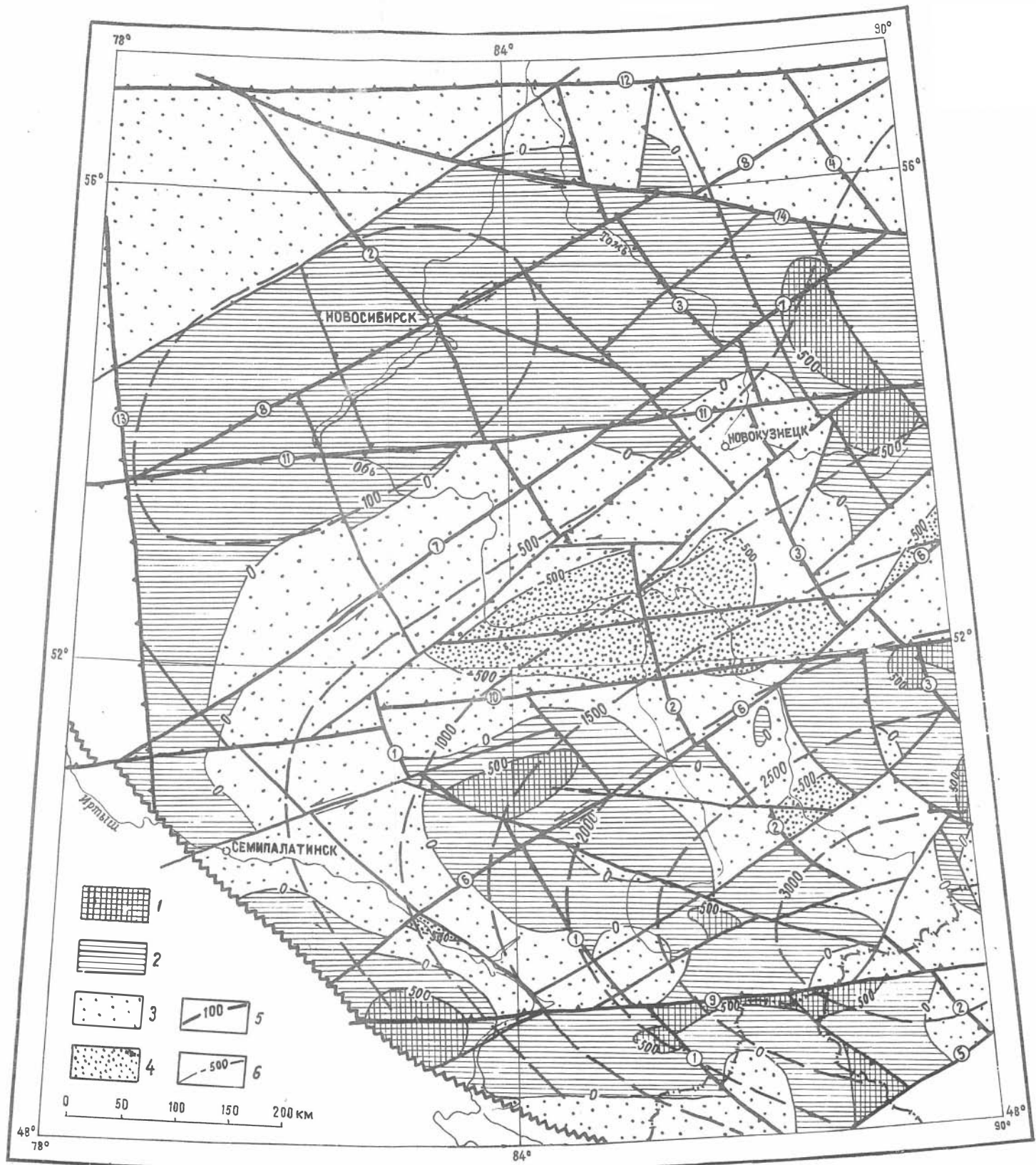


Рис.3. Карта осадочных аномалий вершинного гипсометрического поля западной части Алтае-Саянской горно-складчатой области.

1-4—Морфотектонические блоки: 1—интенсивно поднятые; 2—умеренно поднятые; 3—умеренно опущенные; 4—интенсивно опущенные. 5—изогипсы осадочного вершинного гипсометрического поля (м). Другие усл.обозн. см. к рис.1.2. 6—изолинии осадочного вершинного гипсометрического поля (м). Другие усл.обозн. см. к рис.1.2.

блоковых поднятий контролируют размещение редкометальных рудных районов, а периферические—железо- и золоторудных. Рудно-Алтайский и Салаирский блоковые склоны—это, в первую очередь, известные полиметаллические рудные районы.

Региональные морфотектонические блоки более высокого порядка, показанные на карте остаточных аномалий вершинного гипсометрического поля (рис.3), в первом приближении можно разделить на максимально и умеренно поднятые, максимально и умеренно опущенные. Относительный гипсометрический уровень блоков отражает характер «сиаличности»—«фемичности» земной коры, и соответственно, их металлогенический профиль. Максимально поднятые блоки с интенсивно развитым гранитоидным магматизмом фиксируют положение основных редкометальных рудных районов: Южно-Алтайского, Калбинского, Талицкого и Тигиртышского. Железорудные районы Горного Алтая и Кузнецкого Алатау расположены в пределах умеренно поднятых блоков, а золоторудные—в пределах умеренно опущенных. Основные полиметаллические районы Рудного Алтая также сосредоточены в пределах умеренно опущенных блоков. Интенсивно опущенные блоки фиксируют положение мезокайнозойских прогибов.

Достаточно определенными оказались закономерности пространственного распределения эндогенного оруденения относительно контуров сводовых поднятий: Катунского, Чулышманского, Башелакского и Тигиртышского. В пределах каждого из них известны редкометальные месторождения, сосредоточенные во внутренних частях их юго-восточных секторов, а во внешних северо-западных—железорудные. В направлении с юго-востока на северо-запад наблюдается отчетливый тренд петрофизических и возрастных характеристик гранитоидных массивов: в юго-восточных секторах сосредоточены наиболее молодые лейкократовые и аляскитовые редкометальные граниты, а в северо-западных—более древние гранитоиды «пестрой» формации, образующие вулcano-плутонические ассоциации с вулканитами преимущественно андезитового состава. Закономерное размещение эндогенного оруденения (железо, полиметаллы, редкие металлы) по отношению к выраженным в современном рельефе купольным поднятиям и кольцевым впадинам также устанавливается повсеместно, что уже неоднократно отмечалось многими авторами. Новые данные по этому вопросу получены и при выполнении рассматриваемых работ и будут систематизированы в дальнейшем.

Закономерные связи размещения эндогенного оруденения

установлены и в отношении отдешифрованных линейных морфотектонических элементов. Отчетливо проявлена закономерная локализация полиметаллических, золоторудных и редкометальных районов вдоль зон поперечных северо-восточных и, особенно, широтных разломов. При этом отмечается узловое распределение оруденения на участках пересечения продольных и поперечных глубинных разломов, что в сочетании с отмеченной закономерной приуроченностью таких районов к морфотектоническим блокам определенного гипсометрического уровня позволит значительно конкретизировать критерии регионального прогноза

Ртутнорудные зоны контролируются в первую очередь продольными разломами, причем, преимущественно теми из них, которые расположены на периферии сводовых поднятий. Наиболее важные рудные узлы локализованы на участках крутых изгибов зон продольных разломов на максимальном удалении от пересечений их поперечными разломами. Этот несколько неожиданный вывод достаточно аргументирован— действительно, во всех узлах пересечения известных ртутнорудных зон поперечными разломами отсутствуют не только рудопроявления, но и шлиховые ореолы киновари. В то же время ртутные месторождения и даже отдельные рудные тела локализуются на участках пересечения продольных рудоконтролирующих разломов поперечными нарушениями более высоких порядков, что еще раз подчеркивает важность определения порядка тектонических структур, обеспечиваемого способом последовательной детализации.

Заключение

Морфотектоническим анализом установлено положение естественных границ западной части Алтае-Саянской горноскладчатой области и определен общий план сводово-блоковых деформаций земной коры в ее пределах. Алтае-Саянская область представляет собой овальный мегасвод, расчлененный продольными и поперечными разломами диагональной системы и широтными разломами ортогональной системы на параллелепипедальные и секториальные блоки, которые в процессе дифференцированного поднятия мегасвода оказались поднятыми на разную высоту в соответствии с составом слагающих их пород, историей предшествующего развития и положением по отношению к ядру мегасвода. Впервые на всем протяжении протрассированы многие поперечные разломы северо-восточного и широтного

направлений. Такие разломы объединяют в единые структурные линии разобщенные фрагменты и на всем протяжении находят отражение в морфологии геофизических полей. Закономерное положение в морфотектоническом плане Алтае-Саянской складчатой области занимают отдешифрированные структуры центрального типа: сводовые и купольные поднятия, кольцевые впадины.

В количественных характеристиках современного рельефа содержится в интегральном виде сведения о важнейших чертах геологического строения и предшествующего развития складчатых областей. Морфотектонический анализ на основе дешифрирования космических снимков и пространственно-статистической обработки современного рельефа позволяет устанавливать положение структурных форм, созданных в процессе тектоно-магматической активизации и определяющих закономерности размещения многих эндогенных полезных ископаемых.

Существенно дополняются традиционные представления о структурно-тектонических особенностях регионов, уточняется положение структурно-формационных комплексов предшествующих этапов геосинклинального развития. Эти данные позволили выдвинуть новые структурно-тектонические критерии размещения месторождений железа, золота, ртути, полиметаллов, редких металлов и их четкие пространственные связи с элементами сводово-блоковой морфотектоники, которые выявлены в процессе дешифрирования космических фотоматериалов и пространственно-статистического анализа вершинного гипсометрического поля.

ЛИТЕРАТУРА

Адаменко О.М. Предалтайская впадина и проблемы формирования предгорных опусканий. Новосибирск, Наука, 1976

Ашурков В.А. Глубинные разломы Горной Шории по геофизическим данным.—В кн.: Вопросы тектоники Алтае-Саянской горной области. Новокузнецк, 1971.

Вознесенский А.В. Исследование области Хангайских землетрясений в Северной Монголии.—В кн.: Материалы отделения физико-географического. Географ. о-во СССР, вып. I, Л., 1962.

Воробьев Ю.А., Попов В.В. Региональная металлогеническая зональность территории Восточного Казахстана.—Изв. вузов. Геол. и разведка, 1975, № 10.

Гришин М.П., Крылов С.В., Морсин П.И. и др. Геофизические данные о строении земной коры юга Сибири.—В кн.: Геофизические исследования земной коры. М., Недра, 1976.

Денисенко В.К., Лобков В.Л. К оценке перспектив вольфрамоносности Горного Алтая.—Тр. ВСЕГЕИ. Нов.серия, 1976, т.227.

Жалковский Н.Д., Мучная В.И. Распределение землетрясений по энергии и сейсмическая активность Алтае-Саянской области.—В кн.: Сейсмичность Алтае-Саянской области. Новосибирск, 1975.

Караулов В.В. О поперечных разломах складчатой системы юго-западного Алтая.—Бюл.МОИП. Отд.геол., 1976, т.51, № 1.

Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. М., Недра, 1975.

Кочетков И.А., Розенфарб И.А. Схема тектонического строения северо-западной части Рудного Алтая по геофизическим съемкам.—В кн.: Методы разведочной геофизики. Вып.12, Л., Недра, 1971.

Ладынин А.В. Изостазия и плотная неоднородность верхней мантии Сибири.—В кн.: Методика и результаты комплексных геофизических исследований земной коры Сибири. Новосибирск, 1976.

Моисеенко Ф.С. Морфология новейших структур Алтае-Саянской области и сейсмичность.—В кн.: Земная кора складчатой области юга Сибири. Новосибирск, Наука, 1969.

Науменко А.И., Саликов В.В., Нефедова Л.И. Теневые поперечные разломы западного Саяна и Тувы.—Тр.СНИИГГиМС, вып.182, Красноярск, 1974.

Серлухов, В.И. Новые типы структур в Азии.—Записки Ленинград. горн.ин-та, 1974, т.XVII, вып.2.

Тектоника и глубинное строение Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск, 1973.

Хафизов Г.Ф. Глубинные разломы Горного Алтая и особенности размещения ртутного оруденения.—В кн.: Вопросы тектоники Алтае-Саянской горной области. Новокузнецк, 1971.

**А.М.Боровиков, В.Е.Ковалевский,
М.М.Мандельбаум, А.А.Прусевич, Б.Н.Холин**

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ И СКАНЕРНЫХ КОСМОСНИМКОВ НЕПСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО СВОДА НА ЮГЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Проведенное на кафедре Общей геологии Новосибирского университета в 1975-1976 гг. предварительное дешифрирование 14 различных по условиям регионов Сибири показало, что, несмотря на таежно-болотные ландшафты южных районов Сибирской платформы, они, в сопоставлении с другими районами, обладают средней геофотогеничностью. На кадровых метеоспутниковых космоснимках на каждом квадрате, площадью 10³ км² дешифрировалось по 5-15 линеаментов ландшафта и в среднем по 1 кольцевому элементу. Эти геоиндикационные элементы проявляются в неоднородностях таежно-болотного покрова, рельефа и гидросети. Анализ разноаспектных серий космоснимков показал, что максимальная геофотогеничность на юге Сибири наблюдается во второй половине зимы, в конце антициклональных периодов.

В 1977 г. на кафедре и в НИСе университета (г.Новосибирск) по заказу Восточного геофизического треста (ВГТ, г.Иркутск) была поставлена задача разработать стандартную методику дешифрирования, апробируя ее на материалах конкретного Непского района Сибирской платформы. Из общей космофототеки Сибири была подобрана оптимальная рабочая серия наиболее геоинформативных космоснимков района—два кадровых и два сканерных в четырех спектральных зонах, всего десять снимков, из них в основной работе было шесть.

Геологическое дешифрирование серии включало два этапа: 1) первичная обработка—получение сводной схемы дешифрирования геоиндикационных элементов, и 2) геологическая интерпретация—получение космогеологической карты региональных структур района, из сводной схемы. Вся обработка проводилась по новой разработанной методике серийного дешифрирования с многократным контролем, сходимости промежуточных и конечных результатов. Обработку вели три дешифровщика.

Этап первичного дешифрирования завершился построением

двух сводных схем линеаментов и кольцевых элементов. На территории 700×600 км ($100-114^\circ$ в.д. и $58-64^\circ$ с.ш.) установлено более 900 линеаментов и около 200 кольцевых и дугообразных элементов. Контроль сходимости результатов повысил достоверность и показал, что 85-95% всех элементов стабильно воспроизводимы при дешифрировании, т.е. практически достоверны. Плановая невязка объектов $\pm 3-5$ км, угловая $\pm 5^\circ$

Этап геологической интерпретации включал две стадии: а) подготовительная стадия — структурно-морфологический анализ сводных схем дешифрирования и б) собственно интерпретация на основе геолого-геофизических материалов с построением и описанием космогеологической карты района.

Структурно-морфологический анализ схем дешифрирования

Визуальный анализ схемы линеаментов и сопоставление роз-диаграмм линеаментов по 40 участкам, каждый площадью 100×100 км, позволили легко выделить четыре субпараллельные системы, охватывающие всю территорию. Густота линеаментов изменяется по площади так, что каждая система распадается на подсистемы — параллельные пучки сближенных линеаментов. Вкрест простирания каждой системы расстояния между параллельными линеаментами варьируют от 20-50 км в пространстве между пучками до 3-15 км внутри пучков.

Первая система, простирание субмеридиональное. Линеаменты группируются в два широких пучка на востоке и в западной половине района с расстоянием между ними 250 км. Ширина восточного 30-70 км, западного 100-150 км. Средний азимут простирания пучков $355 \pm 5^\circ$. В пределах пучков линеаменты сравнительно короткие, 25-75 км, прерывистые, располагаются кулисообразными и веерными группами, разброс их простираний $\pm 15^\circ$. Большинство линеаментов прерывается при пересечении линеаментами других систем.

Вторая система, простирание северо-западное. Линеаменты группируются в три пучка шириной 10-40 км с расстояниями 150-170 км, азимут $330 \pm 5^\circ$. Внутри пучков линеаменты длинные, 50-150 км, выдержанные, сближены до 2-7 км, простираются вдоль пучков с отклонениями не более $\pm 5^\circ$. При пересечении с пучками третьей и четвертой систем пучки данной системы в половине случаев прерываются, продолжаясь затем дальше.

Третья система, простирается северо-восточное. Линеаменты группируются в четыре узких выдержанных пучка, не вполне прямолинейных, шириной 5-25 км. Местами пучки веерообразно расширяются до 40-60 км. Расстояния между пучками 70-100 км. Средний азимут простираения также различен в разных частях системы—от 40° на юге до 60° на севере района. При этом вдоль своего простираения через каждые 100-200 км пучки плавно изгибаются в ту или другую сторону с отклонением на $\pm 10-15^\circ$. Внутри них линеаменты довольно выдержанные, длиной 25-100 км, есть кулисные и узкие веерообразные группировки. К южному пучку примыкает, отходя от него к югу, своеобразная подсистема типа конского хвоста. Она занимает площадь 300×100 км, состоит из узких и коротких (10-30 км) линеаментов и совпадает с известной в районе Непской зоной складок и надвигов. Простираения в этой подсистеме от 60 до 15° .

Четвертая система, простирается запад-северо-западное. Линеаменты группируются в четыре узких, очень выдержанных пучка шириной 5-25 км и расстоянием между ними 75-120 км. Пучки плавно изменяют простираение, от азимутов $285 \pm 5^\circ$ на юге и востоке района, до $300 \pm 5^\circ$ на севере и западе. Линеаменты в пучках очень выдержанные, узкие, четкие, длиной 50-250 км. Они практически нигде не прерываются в местах пересечения с линеаментами других систем. К пучкам данной системы примыкают кулисные группы линеаментов с простираением $310-315^\circ$, которые как бы опережают эти основные пучки.

Сводная схема кольцевых структур анализировалась визуально, а также с помощью вспомогательной карты центров кольцевых элементов и дуг. Согласно разработанной методике полезным средством выявления сочетаний кольцевых элементов является установление на площади центров кривизны (центров соответствующих окружностей). Точность нанесения центров не превышала $\pm 5-7$ км, однако полученная картина оказалась очень наглядной как сама по себе, так и в сопоставлении со схемой линеаментов. Густота расположения центров очень неравномерна. Выделяется пять участков больших тесных скоплений, отвечающих пяти наиболее крупным и сложным кольцевым системам.

На юге района—две самых четких субконцентрических системы размером 120-200 км, Верхненепская и Покровская. Составляющие их кольцевые элементы и дуги частично вложены друг в друга, частично пересекаются. Их центры образуют кучные скопления, вытянутые с юго-востока на северо-запад,

и соответственно слегка вытянуты очертания систем. Очень специфично соотношение между элементами этих систем и элементами третьей системы линеаментов—часть линеаментов, а местами их пучки в целом, огибает внешние дуги или прилегают к ним по касательной. Таким образом, плавные изгибы третьей системы линеаментов (чем она отличается от прочих) сопряжены с размещением данных кольцевых систем.

На западной и северо-западной окраинах района выделяются системы другого типа—две крупные, до 170-220 км, менее четко выраженные, изометричные в плане. Их центры дают изометрические кучные скопления, так что концентричность проявлена у этих систем лучше, чем у предыдущих. Между кольцевыми системами и линеаментами всегда сквозные пересечения. Однако между теми и другими намечаются связи иного рода—центры многих кольцевых элементов тяготеют к линеаментам и к узлам их пересечений, а кольцевые системы в целом—к участкам сближений и пересечений крупных пучков разного простирания.

Третий тип сложных кольцевых систем представлен линейно вытянутой цепочечной Таймура-Вакунайской системой, включающей более десяти четко выраженных концентрических структур размером 25-75 км каждая. Эта цепь протягивается вдоль одного из пучков линеаментов четвертой системы более чем на 400 км в направлении от бассейна р.Вакунайга к бассейну р.Таймура. Закономерность пространственной связи с линеаментами особенно резко выступила при наложении карты центров на схему линеаментов: 90% всех центров легли прямо на этот узкий пучок линеаментов, отклоняясь от его оси на более чем на $\pm 5-15$ км. Более того, многие центры приурочены к узлам пересечения данного пучка с пучками другой ориентировки. В бассейне р.Вакунайга центр самой резко выраженной кольцевой структуры совпадает с узлом пересечения трех пучков, принадлежащих четвертой, третьей и второй системам. Аналогичные, но менее четко выраженные цепочечные системы запад-северо-западного простирания намечаются на северной окраине района.

При первичном дешифрировании все линеаменты и кольцевые элементы разделялись по внешним морфологическим признакам, как они проявлены в рисунке ландшафта, на следующие типы: 1) сплошные, прерывистые и точечно-пунктирные; 2) широкие (более 3 км) и узкие; 3) граничные, темные и светлые. Необычайной особенностью Непского района оказалось то, что разные морфологические типы геоиндикационных элементов

практически равномерно распределены по всем системам линеаментов и кольцевых структур. Поэтому эти типы не удалось использовать для выявления закономерных связей в разных системах, чтобы получить дополнительные интерпретационные признаки.

Для сравнения результатов предварительного морфологического анализа схем дешифрирования, последние были совмещены с опубликованными схемами (Комплекс дистанционных... 1978), охватывающими западную и северную части района. Линеаменты опубликованных схем, которые строились по мелко-масштабным космоснимкам, совпали на 77%, но не с отдельными линеаментами, а с выделенными нами пучками. Около 60% сходности показали кольцевые структуры крупного и среднего размера. В целом подтвердилось тяготение кольцевых элементов к узлам пересечений линеаментов. Эти оценки дают дополнительное и независимое подтверждение достоверности как наших, так и опубликованных результатов, тем более, что величина случайной сходности схем не превышает 4%.

Геологическая интерпретация и составление космогеологической карты

Один из исходных принципов геологической интерпретации по стандартной методике заключался в том, что выделенные на сводных схемах геоиндикационные элементы должны расцениваться как объекты сами по себе достоверные и привязанные с достаточной точностью. И достоверность и точность имеют свои количественные оценки. Поэтому на этапе интерпретации задача заключается только в наилучшем геологическом истолковании установленных объектов в качестве геологических границ, тел, структурных форм и т.п. Вопросы же об их достоверности, о том, отвечают ли они некоторым реально существующим объектам (пусть их природа пока еще совершенно неизвестна) считаются окончательно решенными на предыдущем этапе первичного дешифрирования.

Геологическая интерпретация проводилась по многим критериям. Первый шаг интерпретации—отбраковка «негеологических» объектов чисто экзогенного и техногенного характера—в нашем случае оказался ненужным, в связи с небольшим разрешением снимков.

Наиболее общие теоретические критерии интерпретации основываются на геометрических признаках геоиндикационных элементов. Резко линейная форма в плане, прямолинейная или

с малой кривизной, при сочленении разноориентированных элементов в форме четких сквозных пересечений либо резких торцевых стыков позволяет предполагать, что линеаменты ландшафта отражают всегда зоны разрывов с крутым залеганием плоскости. Наиболее уверенно теоретически интерпретируются линеаменты длиной порядка 500 км и более, они могут соответствовать только крупным разрывам глубокого заложения, глубинным разломам либо мегатрещинам. Точно так же наиболее четкие и крупные кольцевые системы, размером порядка 100 км и более, можно отнести, рассуждая теоретически, только к изометричным тектоническим элементам глубинного заложения. По природе они могут быть самые разные — тектономагматические, пликативные или особые глыбовые. Таким образом, общие теоретические признаки позволяют интерпретировать только самые общие категории преимущественно крупных геологических объектов.

Ландшафтно-геоморфологические критерии интерпретации дают некоторые дополнительные и более конкретные признаки геологических особенностей региона. Такая интерпретация сводится к сопоставлению геоиндикационных элементов со всеми остальными неоднородностями ландшафтных рисунков. В рассматриваемом районе линеаменты и кольцевые элементы, имея обычно длину 25-100 км и более, совпадают с отдельными экзогенными элементами ландшафта, но только локально и частично. В целом же они выступают в рисунке именно как аномальные элементы регионального ранга, несогласно секут ветвисто-перистую гидросеть и водоразделы, мелко- и крупнопятнистые возвышенности, плато, низменных болот и лесов.

Из таких соотношений следует единственный вывод: геоиндикационные элементы могут представлять только такие неоднородности, которые связаны с подстилающим геологическим субстратом и которые сами контролируют развитие экзогенных процессов — эрозионных, аккумулятивных, мерзлотных и водных, а также развитие почвенно-растительного покрова и т.п. На это же указывают и геометрические особенности дешифрируемых систем, несвойственные экзогенным образованиям. Вероятность антропогенного происхождения подобных аномалий ландшафта исключена, если учесть их длину, ширину (не менее 1 км) и форму.

Более подробная и полная геологическая интерпретация схем дешифрирования требует использования гораздо более конкретных интерпретационных признаков. Такие признаки обеспечиваются привлечением уже не общих теоретических, а

эмпирических критериев. По своему источнику эмпирические критерии подразделяются на три группы. В некоторых случаях они позволяют получать вполне достоверные и конкретные признаки однозначными и формальными способами с количественной оценкой надежности. Один из формальных приемов интерпретации используется в нашей стандартной методике.

Первую группу важных эмпирических критериев интерпретации дают конкретные результаты дешифрирования из других «эталонных» регионов, аналогичных данному. Сопоставление результатов, обобщение закономерных связей между признаками геоиндикационных элементов и свойствами соответствующих им геологических объектов позволяет установить много конкретных интерпретационных признаков. На эффективность таких признаков, применительно к заданному району, влияют следующие условия: 1) степень сходства данного района с эталонными (а—по геологическому строению, б—по общей и избирательной геофотогеничности ландшафтов); 2) степень геолого-геофизической и аэрокосмогеологической изученности эталонных районов; 3) надежность, точность, однозначность смысла и полнота эталонных результатов дешифрирования и интерпретации, их сопоставимость с результатами первичного дешифрирования в заданном районе.

Очевидно, что наилучшие интерпретационные признаки должны давать известные программы полигонных комплексных исследований (дистанционных и наземных). Однако широкие исследования полигонов в настоящее время в Сибири только разворачиваются. Кроме того, всегда остается задача подыскать для заданного района такой полигон, который был бы наилучшим эталоном, т.е. оптимально отвечал не только второму из приведенных условий, но также первому и третьему.

При интерпретации космоснимков Непского района мы оказались в благоприятной ситуации. Во-первых, соседние районы западной окраины Сибирской платформы неоднократно дешифрировались по комплексному методу последовательной детализации с использованием совокупности разномасштабных аэрокосмических и геолого-геофизических материалов, а также наземных работ. По-существу, вся западная окраина платформы сейчас становится полигоном для геологического применения мелкомасштабных и прочих космоснимков. Во-вторых, Непский район перекрывается на севере и западе с территорией этих исследований, причем дешифрированные там региональные линейные элементы и кольцевые структуры прослежены в нашем районе и наши результаты показали хорошее (до 77%) совпадение с

Главные пучки линеаментов (зоны разломов) и характеристика их совпадения с ранее установленными геологическими структурами

З о н ы	Длина зоны, км	Ширина зоны, км мелк./крупн.	Совпадение зон с геологическими структурными элементами												
			С разломами						С линеаментами (по другим авторам)			С изогипсами фундамента (структурная карта) ^{xx}			
			Структурная карта ^{xx}			Другие карты ^{xxx}									
			км	% длины		км	% длины		км	% длины		км	% длины		
	зоны	разло- ма		зоны	разло- ма		зоны	лине- мента		зоны	зоны				
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1-я система линеаментов, меридианальная, аз. 355 ± 15 ⁰											(250 км) ^x				
Байкало-Таймырская	700	100/150	250	36	18	700	99	64	550	79	79	400	52		
Чона-Тымпчанская	400	30/70	50	12	25	400	99	99	-	-	-	50	12		
2-я система линеаментов, простирание ССЗ, аз. 330 ± 10 ⁰											(150-170 км)				
Кийско-Ключунская	600	10/70	100	17	99	200	33	66	400	66	25	170	28		
Яду-Ичерская	500	5/25	-	-	-	-	-	-	100	20	17	60	12		
Инагли-Тымпчанская	650	5/40	200	31	91	100	17	44	250	38	99	160	25		
3-я система линеаментов, простирание СВ, аз. 60-40 ± 15 ⁰											(75-100 км)				
Непско-Ботуобинская	800	10/60	250	31	83	350	44	88	250	31	71	240	31		
Непская	300	30/100	280	93	93	-	-	-	-	-	-	-	-		
Ангаро-Вилдйская	700	5/50	-	-	-	550	79	79	-	-	-	220	32		
Усть-Чоно-Ванаварская	650	5/60	-	-	-	150	23	30	50	8	99	300	46		
И аригда-Ванаварская	600	5/60	-	-	-	60	10	35	-	-	-	100	17		
4-я система линеаментов, простирание СЗС, аз. 285-300 ± 5 ⁰											(75-120 км)				
Кимчу-Ичерская	650	50/75	175	27	88	350	54	78	650	99	93	30	5		
Таймура-Вакунайская	650	5/25	-	-	-	250	39	99	450	69	96	270	42		
Ниды-Джункунская	700	5/50	-	-	-	350	50	99	700	99	99	150	21		
Амбардахская	200	30	-	-	-	100	50	50	200	99	80	-	-		
На одну зону в среднем:	570	19/67	185	35	70	295	49	69	230	45	77	147	26		

Примечания: ^x В скобках - интервал между пучками.

^{xx} Структурная карта ..., 1977 г. (см. стр.81).

^{xxx} Карты 1972-1976 гг., указанные в тексте на стр.93.

ними (таблица, графы 10 и 12). Кроме того, в бассейнах Подкаменной и Нижней Тунгуски около 60 наших линеаментов попало на те перспективные участки, где в 1977 г. проводилась наземная заверка результатов комплексного дешифрирования космофотоснимков крупного масштаба, радиолокационных и аэрофотоснимков. Многие дешифрированные разломы, трещинные зоны и узлы их пересечений контролируют там разнообразную эндогенную минерализацию, зоны гидротермальных изменений, а кольцевые структуры совпадают с интрузивными и жерловыми фациями траппов. Сходимость наших линеаментов с наиболее крупными из этих проверенных геологических структур составила от 50 до 70% в разных участках (при случайной сходимости менее 7%). Все это дало нам основание уверенно использовать интерпретационные признаки, установленные в соседних с запада районах и на северной кромке площади.

Вторая группа важных эмпирических критериев интерпретации—это материалы геологических и геофизических исследований, проводившихся непосредственно в заданном районе. Для выявления интерпретационных признаков в нашей стандартной методике предусмотрены процедуры сопоставления, которые основаны на количественной оценке геометрической сходимости между дешифрированными объектами и ранее известными геологическими и геофизическими объектами. В случае установления достоверной сходимости признаки соответствующих дешифрированных объектов используются как интерпретационные.

При совмещении схемы дешифрирования с картами наилучшую сходимость проявили пучки линеаментов, с которыми совпало большинство зон различных глубинных разломов фундамента. Все результаты формальных оценок сходимости линеаментов сведены в таблицу (графы 4-9, 13-14), где пучки уже идентифицированы с зонами разломов и получили собственные географические названия.

Сходимость разломов «Структурной карты Непского свода» (1977) колеблется от 18 до 99%, в среднем—70%. Разнотипные разломы структурных карт платформы совпадают с линеаментами на 30-99%, в среднем—69%. Учитывая, что случайная сходимость при совмещении схемы дешифрирования с картами не превышает 2-8% (в среднем 5%), мы видим, что частота полученных совпадений в 11-15 раз больше случайных совпадений. Таким образом, не менее 65% совпадений являются объективными и закономерными, заведомо неслучайными (с вероятностью порядка 0,8). Остальные 35% длины разломов не проя-

вились линеаменами ландшафта благодаря недостаточной фотогеничности и неполноте дешифрирования. Все это дает основание отождествлять пучки линеаментов с региональными и трансрегиональными разломами фундамента.

Как видно из таблицы, графы 5 и 8, из всех наших линеаментов только 35-49% по количеству и длине в среднем совпало с разломами. Следовательно, остальные 65-51% линеаментов отражают новые, ранее неизвестные разломы и фрагменты разломов, геологическую природу которых мы можем предсказывать согласно интерпретационным признакам (с вероятностью не менее чем 0,7).

Сходимость линеаментов с изогипсами структурных карт (см. таблицу, графы 13-14) составила 12-52%, в среднем 26% (при случайной сходимости 6%). Таким образом, здесь также устанавливается закономерная связь, наиболее достоверная для Байкало-Таймырской, Непско-Ботуобинской, Ангаро-Вилуйской, Усть-Чона-Ванаварской и Таймура-Вакунайской зон. Связь отражает взаимную зависимость между пликативными и блоковыми структурами регионального ранга.

На общем фоне оценок достоверной сходимости исключение составила Тектоническая карта ЯАССР, включающая восточную часть нашего района. Глубинные разломы разных типов, прослеженные сюда из Якутии авторами карты, совпадают с элементами остальных структурных карт и нашей схемы дешифрирования всего на 15%. В этом случае оценки сходимости ясно указывают на «эффект краевых невязок» — где карты, охватывающие район целиком, сходятся друг с другом на 40-70%, и только рисовка угла тектонической карты обнаружила сходимость в 3-5 раз меньшую.

Схема дешифрирования кольцевых структур при совмещении со структурными картами показала следующее:

1. Крупнейшие Преображенская и Верхненепская кольцевые системы на 70-80% совпадают соответственно с центральным куполом Непского свода и с его юго-западной периклиналью (ступенью).

2. В центре района 12 из 25 отдельных кольцевых структур среднего и малого размера (15-75 км) сходятся на 50-70% по площади с куполовидными и другими пологими пликативными структурами нижних горизонтов чехла, установленными по сейсмическим и другим данным.

Вероятность случайных совпадений для кольцевых структур сравнительно велика (10-20%).

С вероятностью порядка 0,6 несовпавшие кольцевые структуры в южной половине и в центре района можно интерпретировать как отражение изометричных пликтивно-блоковых структур в чехле и фундаменте.

Совокупность всех теоретических и эмпирических признаков, рассмотренных выше, позволила нам с достаточной достоверностью (не менее 70%) установить геологические характеристики большинства открытых дешифрированием объектов, составить космогеологическую карту и дать общее описание региональной тектоники Непского свода с учетом новых космогеологических данных.

Третья группа эмпирических критериев интерпретации— материалы специально планируемых исследований по проверке дешифрированных объектов непосредственно на месте— в данной работе не использована. Это не входило в число наших задач. Наоборот, предполагается в дальнейшем использовать полученную космокарту, чтобы обосновать наиболее перспективные узловые участки для детальных проверочных и поисковых работ, включая дешифрирование разных масштабов, геофизические и геологические наземные исследования.

Космогеологическая карта района охватывает Непско-Ботуобинскую антеклизу с Непским сводом в центре площади. Северную часть района занимает южная окраина Тунгусской синеклизы.

Непский свод яснее всего выражен в рельефе фундамента и нижних горизонтов чехла. Он представляет собой наиболее расширенную и поднятую часть антеклизы. Его юго-восточное крыло— сравнительно простая моноклираль. Северное крыло также простое, более пологое, имеет субширотное простирание. Западный склон свода, напротив, сильно усложнен брахиформными поднятиями, впадинами и зонами разломов субмеридионального простирания. Здесь можно выделить Кийско-Ереминскую зону нарушений. Столь же сложно устроена юго-западная переклираль свода— в форме погруженной ступени, в пределах которой расположены известные нефтегазовые залежи Маркова и верховьев Непы. К северо-западу от свода отходит Ереминское поднятие. Оно осложнено Чуньским выступом, который выдается к северу в южное крыло Тунгусской синеклизы. На востоке Непский свод отделяется седловиной от предполагаемого далее по простиранию Мирненского свода. Седловина осложнена на южном крыле Тымпычанской зоной нарушений— субмеридиональных грабенов и горстов. Дешифрирование показало, что Тымпычанская зона продолжается на север вплоть до р. Чона, пересекая антеклизу.

Центральная купольная часть свода и его юго-западная периклиналь совпадают со своеобразными крупными кольцевыми системами первого типа, которые частично огибаются региональными и трансрегиональными разломами. Можно предполагать, что фундамент в этих частях свода представлен древнейшими ядрами архейской консолидации. Последующие процессы метаморфизма и магматизма выровняли физические свойства этих комплексов, так что они сейчас не проявляются четко ни в геофизических аномалиях, ни в распределении позднепалеозойских разрывных деформаций. Однако устойчивость к деформациям у этих изометрических блоков сохранялась, по крайней мере, во время заложения антеклизы, когда они влияли на развитие разломов северо-восточного простирания. С тех пор и сохранились признаки кольцевой мегаотдельности в этих частях свода. Если такая интерпретация оправдана, то само заложение антеклизы и Непского свода в данном месте платформы получает свое объяснение—наибольшие относительные поднятия приурочены к крупным неоднородностям фундамента, к изометричным ядрам консолидации.

В этих частях свода намечается следующая эмпирическая закономерность: Ярактинская, Аянская и Токминская нефтегазовые залежи, как и Кийская структура, приурочены к периферическим частям Верхненепской кольцевой системы, вписываясь в ее внешний контур, а Покровская залежь вместе с двумя соседними слабовытянутыми куполами приурочены к периферии внутреннего кольца диаметром 60 км, входящего в Покровскую систему. Принимая неслучайность подобного размещения, следует считать по аналогии перспективными для поисков и все остальные периферические участки Верхненепской и Покровской кольцевых систем.

Наблюдается также совпадение ряда пликативных форм с кольцевыми структурами среднего и мелкого размера: в районе Преображенки их три—в бассейне р.Еремы пять куполовидных поднятий и три мульды, на Чуньско-Ереминском выступе—одна крупная диаметром 50 км. Это позволяет предполагать, что и в таких случаях мы имеем связь рельефа фундамента с изометричными элементами его внутренней структуры типа гранито-гнейсовых куполов и т.п. Во всяком случае новооткрытые, неотожествленные с известными объектами кольцевые структуры в средней части района указывают на возможность обнаружения новых куполовидных форм размером 15×-60 км на Чуньском структурном носе, к западу и северо-западу от Преображенки, на северном крыле Непского свода. Кроме того,

в северо-восточной части свода, где простираение крыла резко изменяется от субширотного к северо-восточному, в бассейне р.Вакунайка выделяется одноименная кольцевая структура, очень четкая, концентрическая, диаметром 60 км. Она приурочена к структурному узлу, в котором пересекаются зоны трех глубинных разломов, принадлежащих второй, третьей и четвертой и является крайним звеном Таймура-Вакунайской цепочечной кольцевой системы, связанной с магматогенными структурами траппов. Однако не исключено, что в пределах Вакунайской структуры также существует куполовидное поднятие в нижних горизонтах чехла. В таком случае оно вероятнее всего разбито разломами и осложнено трапповыми интрузиями.

На севере района, в пределах южного крыла Тунгусской синеклизы, выделяется кроме Таймура-Вакунайской цепочечной кольцевой системы (приуроченной к одноименному разлому) много других менее четких кольцевых структур и целых систем. Все они тяготеют к зонам разломов, контролирующих трапповый магматизм и эндогенную минерализацию, и сами контролируют размещение этих образований (жерловых фаций и т.п.). Поэтому кольцевые структуры северной части района, как и в соседних районах платформы, следует отнести к категории тектоно-магматических структур центрального типа. Они связаны с вулканоплутоническими трапповыми комплексами, которые не вполне вскрыты эрозией и не везде еще закартированы. Большинство кольцевых структур на севере не отождествлено ни с какими геологическими объектами и поэтому они являются перспективными для постановки детальных поисково-съёмочных работ.

Блочные региональные структуры кристаллического фундамента Непского свода, установленные различными геофизическими методами, подтвержденные и дополненные в результате дешифрирования (см. таблицу) отображают интересные взаимосвязи с пликативными формами свода и антеклизы в целом. В статистически усредненной форме это проявляется как параллелизм разломов и изогипс фундамента (табл. I, графы 13 и 14).

Первая система трансрегиональных глубинных разломов имеет субмеридиональное простираение. Она хорошо известна в других частях Сибирской платформы. К ней относятся Байкало-Таймырская зона в западной части района и Чона-Тымпычанская—на востоке. Первая из них длиннее и шире и резче проявлена в геофизических полях. По возрасту заложения

все исследователи относят Байкало-Таймырскую зону к архею. По всем признакам Чона-Тампычанская зона аналогична первой и также должна иметь архейское заложение. На космогеологической карте выявляются следующие структурные соотношения, явно закономерные:

1. Наиболее поднятая часть антеклизы—Непский свод—расположена точно между двумя меридиональными зонами разломов, как ограниченный ими блок; в каждой зоне фундамент относительно опущен.

2. В пределах каждой зоны по всей ширине наблюдаются наиболее усложненные и дифференцированные пликативные нарушения кровли фундамента и нижних горизонтов чехла, а местами горсты и грабены; эти меридиональные зоны дислокаций пересекают всю антеклизу от крыла до крыла.

Обе особенности показывают, что в период заложения Непского свода и на первых этапах его развития эти архейские зоны разломов сохраняли тектоническую подвижность и контролировали формирование региональных пликативных структур платформы, они могли также проявляться в фациальной зональности при отложении нижних горизонтов чехла как в региональном, так и в локальном масштабах.

Труднообъяснимой особенностью Байкало-Таймырской зоны, которая отмечалась и другими авторами, является то, что ось зоны дешифрируется на 100-70 км западнее по сравнению с тем, что дают геофизические материалы по фундаменту. Очевидно, что зона представляет собой широкую, до 200 км, плосу многократных и разнотипных деформаций. Поэтому в разных физических полях положение и ширина зоны выглядят различно. В пользу этого говорят последние данные сейсморазведки и электротомии. Согласно первым, там выделяются в фундаменте несколько широких, местами до 5-15 км, зон дробления (пониженных скоростей), которые не выдержаны по простиранию и ветвятся. Они протягиваются от широты Маркова до бассейна Еремы и Чуни. Согласно вторым, устанавливается меридиональная полоса повышенной электропроводности фундамента шириной до 70-100 км.

Вторая система трансрегиональных разломов фундамента имеет северо-западное простирание. Эти зоны разломов более узкие, четкие, выдержанные и явно моложе архейских. Вероятное заложение—рифей. На юге района с ними совпадают отдельные локальные и более крупные разломы в чехле, иногда

флексуры в солевой и подсолевой толщах. Одна из зон этой системы, Инаригда-Тымпычанская, пересекается с меридиональной Чона-Тымпычанской зоной на участке Тымпычанского вала, и там закартированы сейсморазведкой, ее фрагменты. Далее к югу по простиранию прослеживаются разломы, которые уже принадлежат структурам Байкало-Патомского складчатого комплекса и играют в нем роль поперечных элементов. В соседних районах Сибирской платформы, к западу и северо-западу от нашего, также встречаются разломы этого простирания (Комплекс... 1978). Местами они контролируют магнетитовую минерализацию наряду с разрывами прочих систем. Характерно, что разломы этой системы пересекаются и смещаются по линиям разломов северо-восточного и субширотного простирания.

Можно полагать, что в узлах пересечений разломов данной системы с прочими, особенно с меридиональными, должна быть повышена дислоцированность чехла аналогично Тымпычанскому участку. Такие узлы намечаются в верховье р.Южн. Чуня и в бассейне р.Илимпея.

Третья система трансрегиональных глубинных разломов имеет северо-восточное простирание и широко распространена в соседних районах платформы. На западе платформы заложение этих разломов в конце рифея—начале палеозоя связывают с завершающим этапом формирования байкалид Енисейского кряжа, где эти разломы смещают мелкие геофизические аномалии, контролируют поздние проявления магматизма и эндогенной минерализации. В Тунгусской синеклизе во время ее формирования активность разломов данной системы проявилась вплоть до пермотриасового этапа. С ними связаны гидротермально-метасоматические зоны изменений в траппах, магматогенные и рудоносные структуры центрального типа в узлах пересечений с разломами четвертой системы запад-северо-западного простирания.

В районе восточной периклинали Непско-Ботуобинской антеклизы с разломами данной системы связаны крупные пояса даек основных пород давно известных близ г.Мирного.

Непосредственно в нашем районе разломы северо-восточного простирания протягиваются параллельно оси Непско-Ботуобинской антеклизы, разделяя ее на три продольных блока, каждый шириной 75-100 км. Очевидно, разломы тесно связаны с заложением антеклизы и ее дальнейшим формированием. Не случайно, что плавные повороты простираний Непско-Ботуобинского и Ангаро-Вилуйского разломов сопряжены с положением ядерных кольцевых структур в осевой части свода. По всем признакам возраст заложения разломов—конец рифея

или начало палеозоя. На последующих этапах развития антеклизы в палеозое и пермотриасе с этими блоковыми структурами коррелировались по ориентировке пликативные структуры чехла на южном крыле антеклизы—линейные валы. Развитие соляных дислокаций Непской зоны мелких складок также обнаруживает сопряженность в плане с зоной Непско-Ботуобинского разлома, так как пучки складок ассимптотически притягиваются к нему с юга.

Непско-Ботуобинский разлом на всем своем протяжении совпадает до деталей с положением важной фациальной границы осадочных и магматогенных образований, которая проходит вдоль оси антеклизы. К северо-западу от границы распространены многочисленные несогласные интрузии траппов, встречаются поля пермских и триасовых отложений. К юго-востоку от границы все эти образования отсутствуют, но зато на поверхность выходят палеозойские отложения, которые перекрывают мощные соленосные толщи и дислоцированы в линейные платформенные складки с участием соляной тектоники. Судя по распределению соляных дислокаций, вдоль этой границы соленосные толщи резко теряют мощность, либо выклиниваются. На участке большой излучины р.Непы, где Непско-Ботуобинский разлом пересекается с Кимчу-Ичерской зоной разломов северо-западного простирания, к нему тяготеют поля вулканических трубок взрыва. Непско-Ботуобинский разлом выражен также в геоморфологии района.

Зона Ангаро-Вилюйского разлома, проходящая вдоль северного крыла антеклизы, прослеживается от Ангары далеко на северо-восток платформы, где определяет ступенчатое погружение северного крыла Вилюйской синеклизы. В нашем районе этот разлом отсекает северо-западный блок Непского свода от его ядерной части.

Следующий к северу Усть-Чона-Ванаварский разлом той же системы может рассматриваться как северо-западная граница тех региональных поднятий фундамента, которые образуют Непско-Ботуобинскую синеклизу в целом. Судя по рисунку изогипс и их соотношению с разломами, можно полагать, что опущенный блок фундамента в бассейнах рек Вакунайка и Чона, составляющий сейчас подножие склона антеклизы, ранее принадлежал ее крылу, и это крыло простиралось прямолинейно в северо-восточном направлении от верховья р.Ерема до устья р.Чона. В таком случае блок испытал опускание лишь на этапе расширения Тунгусской синеклизы в связи с движениями по разломам четвертой системы запад-северо-западного про-

стирания. В результате погружений в пермотриасе антеклизы была здесь сужена и окончательно оформились современные очертания Непского свода—сужение на северо-востоке и максимальное расширение на меридиане р.Ниж.Тунгуска. Если наши предположения подтвердятся, то для этих районов, куда вдоль меридионального разлома протягивается Чона-Тымпычанская зона дислокаций, повысится перспективность на нефть и газ.

Не только Непско-Ботуобинский, но и все остальные разломы третьей системы могут сопровождаться в чехле фаціальными замещениями толщ, градиентами мощностей, флексурами и зонами трещиноватости.

Четвертая система трансрегиональных разломов наиболее четко проявлена на севере района и затухает только на южном крыле антеклизы. Эти разломы фундамента и чехла широко распространены в пределах Тунгусской синеклизы и явно связаны с заложением и формированием ее южной части. Возраст их заложения считается пермотриасовым. Они контролируют в палеозойско-триасовом чехле размещение секущих трапповых интрузий, поясов даек, зон гидротермальной минерализации, они смещают геофизические аномалии, к ним приурочены зоны градиентов региональных магнитных и гравитационных полей, они разделяют блоки с разной глубиной фундамента и с разным характером траппового магматизма и т.п. Две таких зоны протягиваются из синеклизы непосредственно в наш район: Кимчу-Ичерская (Березовско-Ванаварская, по В.И.Астахову) и Таймура-Вакунайская. Эта последняя и следующая к северу Нидым-Джункунская зоны ограничивают борта Нижне-Тунгусского габенообразного прогиба, который осложняет южную центриклиналь синеклизы в северо-западном углу нашей площади. Как говорилось выше, возможно, что на юго-восточном простирании этого же погруженного блока в пермотриасовое время произошло опускание фрагмента северного крыла Непского свода, размерами 120×250 км. В связи с этим простирание северного крыла с северо-восточного изменилось там на запад-северо-западное.

В северной части района с разломами четвертой системы связаны многочисленные кольцевые структуры траппового происхождения, в том числе замечательная Таймура-Вакунайская цепочечная система длиной до 400 км.

Зоны разломов четвертой системы являются самыми молодыми по заложению и дешифрируются по всему району, вплоть до южного крыла антеклизы. Следовательно, есть вероятность того, что и в пределах Непского свода на простирании этих

зон обнаружится повышенная дислоцированность как фундамента, так и чехла, по крайней мере, в нижних горизонтах. Вероятны проявления траппов, трещинные зоны проницаемости и т.п.

Таким образом, региональная блоковая структура кристаллического фундамента платформы представляет собой своеобразную мегаотдельность земной коры. Как в Непском районе, так и в соседних расстояния между параллельными глубинными разломами довольно стабильны: 250 км для первой системы, 150-170 км для второй, 75-100 км для третьей и 75-120 км для четвертой. Древнейшие архейские разломы представлены наиболее широкими, расплывчатыми и фрагментированными зонами, а пермотриасовые—наиболее четкими и выдержанными по простиранию зонами.

Эта мегаотдельность в разной степени «просвечивает» через чехол благодаря длительным многократным воздействиям на его формирование со стороны двигавшихся блоков фундамента. Есть признаки малоамплитудных неотектонических и современных движений по главнейшим разломам Сибирской платформы.

Дешифрирование выявило системы блоков более полно, и теперь мы можем говорить о Непско-Ботуобинской антеклизе и ее Непском своде как о сложных многоступенчатых горстовых структурах. Своеобразными деталями свода являются центральные ядерные блоки с повышенной степенью консолидированности и с субконцентрическими системами мегаотдельности, различимой на космоснимках. Кроме того, пликативные структуры среднего ранга размером 15-75 км, которые осложняют свод и крылья, можно связывать с унаследованными движениями изометрических неоднородностей фундамента типа мелких ядер консолидации и гранито-гнейсовых куполов. На космоснимках они проявляются в форме кольцевых элементов среднего размера.

Выводы

Дешифрирование разрывных структур по космоснимкам в природных условиях юга Сибири показало, что в отличие от большинства других геологических и геофизических методов космогеологический метод обеспечивает более сплошное и равномерное изучение региональных структур по всей площади и по всем направлениям.

Это оказывается возможным благодаря тому, что региональная блоковая отдельность кристаллического фундамента

проявляется в достаточной степени также и в структурах чехла, вплоть до поверхностных покровов. Зоны линейных элементов ландшафта не обязательно должны совпадать с крупноамплитудными разрывными смещениями в фундаменте, а тем более—в чехле и на земной поверхности. Однако все достоверные линейные элементы могут отражать, по крайней мере, мало- и микроамплитудные разрывные нарушения, зоны флексур, повышенного дробления или рассеянной трещиноватости (а значит—и повышенной проницаемости), как в породах чехла, так и фундамента. Отсюда следует возможность контролирующей роли таких зон в миграции и размещении флюидов как гидротермальных, так и углеводородных.

Замечательной особенностью космогеологического метода оказалось то, что он позволяет подтверждать и детализировать большинство тех разнотипных и разноориентированных разломов фундамента, которые в разные годы устанавливались разными авторами и на основе различных комплексов геофизических методов. В отношении глубинных разломов схемы разных авторов в Непском районе совпадают всего на 40-60%. Неполнота отдельных схем выясняется, когда применение новых более точных методов глубинного картирования дает неожиданные открытия новых разломов (например, результаты ВГТ в Тымпычанском районе). Все это порождает дискуссии о полноте и правильности разных тектонических схем. При такой изученности преимущество космогеологического метода очевидно—дешифрирование подтверждает более 70% всех разломов разного типа и ориентировки, независимо от того, в каких геофизических полях, какими комплексами методов и какими авторами они были установлены. При этом в большинстве случаев дешифрированием уточняется положение, простираемость, внутреннее строение и полная протяженность зон разломов. Применение стандартной методики дешифрирования с многократным контролем сходимости позволяет довести надежность результатов и выводов до того уровня, который имеют геофизические методы. Таким образом, дешифрирование повышает достоверность региональных тектонических построений и снимает больше половины бесплодных дискуссионных проблем. Естественно, что дешифрирование космоснимков, в свою очередь, порождает немало дополнительных проблем и вопросов, но они приводят обычно к новым, свежим рабочим гипотезам, оживляющим региональные исследования. Одно из главных достижений дешифрирования в Непском районе состоит в том, что выявились четкие протяженные системы региональных и

трансрегиональных разрывов, в то время как на прежних вариантах тектонических карт сеть разломов показывалась неполно и фрагментарно.

Масштаб космогеологического картирования определяется абсолютным пределом—разрешающей способностью приемной аппаратуры и фотоматериалов. Глубинность метода зависит от масштаба космосъемки—крупные внутренние структуры фундамента и глубинных горизонтов коры лучше всего отражаются на мелкомасштабных ТВ-снимках; на сканерных снимках высокого разрешения, использованных нами, отражаются обычные региональные структуры фундамента, его поверхности и наиболее резкие нарушения чехла; космоснимки более крупных масштабов и РЛ-снимки полнее всего отражают строение чехла, а аэрофотоснимки—локальные структуры верхнего этажа.

На сканерных космоснимках высокого разрешения глубинные разломы дешифрируются не как простые линии, а как закономерно построенные продольные, ветвящиеся либо кулисные пучки линеаментов ландшафта. В узлах пересечения таких зон дешифрируются отдельные детали сочленений. Это позволяет целенаправленно сопоставлять разные зоны дислокаций и их сочленения с тем, чтобы выбирать наиболее интересные и перспективные узловые участки для более детальных исследований. Согласно современным методическим разработкам первая стадия таких исследований проводится камерально, путем дешифрирования комплекса аэрокосмических материалов все более крупного масштаба. (Комплекс..., 1978). Следующая стадия—наземные работы. Первые положительные результаты таких детализирующих исследований уже получены на ряде перспективных участков на западе платформы.

Таким образом, дешифрирование космоснимков рационально использовать на промежуточных этапах исследования региональных структур платформы. Эти результаты используются затем для направления последующих дистанционных и наземных геолого-геофизических съемок и поисков.

В Непском районе на основании анализа схем дешифрирования и космогеологической карты намечается восемь узловых участков: 1) Ярактинско-Кийский, 2) Преображенский, 3) Мало-Ереминский, 4) Тымпычанский, 5) Вакунайский, 6) Джункунский, 7) Северо-Чуньский, 8) Яду-Илимпейский. Размеры участков порядка 50×100 км. Участки 1-4 расположены в южной, более доступной и лучше изученной части района. Первые семь могут оказаться перспективными на нефть и газ, а 5, 7 и 8—на эндогенное оруденение, связанное с трапповым магматизмом.

На узловых участках могут быть выяснены и уточнены взаимоотношения между разломами разных систем, их влияние на структуру и фации чехла, соотношения кольцевых структур с блоковыми и пликативными нарушениями, роль разрывов фундамента в образовании зон проницаемости в отложениях чехла, структурный контроль магматических проявлений и т.п. Для геологической интерпретации результатов дешифрирования должен привлекаться весь комплекс имеющихся геологических и геофизических материалов.

ЛИТЕРАТУРА

Комплекс дистанционных методов при геологическом картировании таежных районов (на примере Приенисейской Сибири). Л., Недра, 1978.

Структурная карта Непского свода м-ба 1:1 000 000.— (Отв.ред. М.М.Мандельбаум и Б.Н.Холин), 1976.

Структурная карта Непского свода м-ба 1:1 000 000.— (Отв.ред. М.М.Мандельбаум и Б.Н.Холин), 1977.

Тектоническая карта Якутии м-ба 1:1 500 000. (Гл.ред. Мокшанцев К.Б.). 1975.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ТЕРРИТОРИИ ЯКУТСКОЙ АССР

В Институте геологии ЯФ СО АН СССР уже несколько лет проводятся исследования по применению телевизионных и иных космических снимков для изучения тектонического строения и сейсмического районирования восточной части Сибирской платформы и Верхояно-Чукотской складчатой области.

Телевизионные и космические снимки с «Союза-22», позволяют получать информацию о характере проявления разрывных нарушений по латерали, их глубинности, выяснять некоторые черты строения фундамента и нижних горизонтов земной коры. В отдельных случаях уточняются условия залегания и структуры осадочного чехла и фундамента, магматических тел, выявляются палеосейсмодислокации.

Методика выделения геологических тел сводится к многократной проверке признаков их дешифрирования на снимках, снятых в различные дни и времена года. Как показывает опыт, для территории Якутии наиболее информативными являются телевизионные изображения, сделанные осенью и весной, при наличии снегового покрова и хорошей освещенности.

На телевизионных снимках находят отражение наиболее крупные геологические тела. Это главным образом зоны глубинных разломов, выраженные в кристаллическом фундаменте и орогенном этаже, и иногда «просвечивающиеся» через платформенный чехол. Разломы платформенного чехла дешифрируются, как правило, в виде зон сгущения трещиноватости.

Дешифрировочными признаками глубинных разломов на телевизионных снимках служат протяженные рвы или уступы, сеть субпараллельных штрихов, граница раздела участков (блоков) с различным фототонем. Глубинность их подчеркивается перекрытием более молодыми, не нарушенными отложениями. Характерные признаки глубинных разломов изменяются в открытых и закрытых участках территории. Так, на Алданском щите некоторые глубинные разломы разделяют блоки с различным фототонем, а под платформенным чехлом дешифрируются лишь в виде теневых линий, как бы просвечивающих сквозь чехол, особенно в участках его небольшой мощности (до 1000 м).

Как уже было сказано, на этих снимках удается выделить крупные блоки, особенностями своего геологического строения определяющие различный фототон на телевизионных снимках.

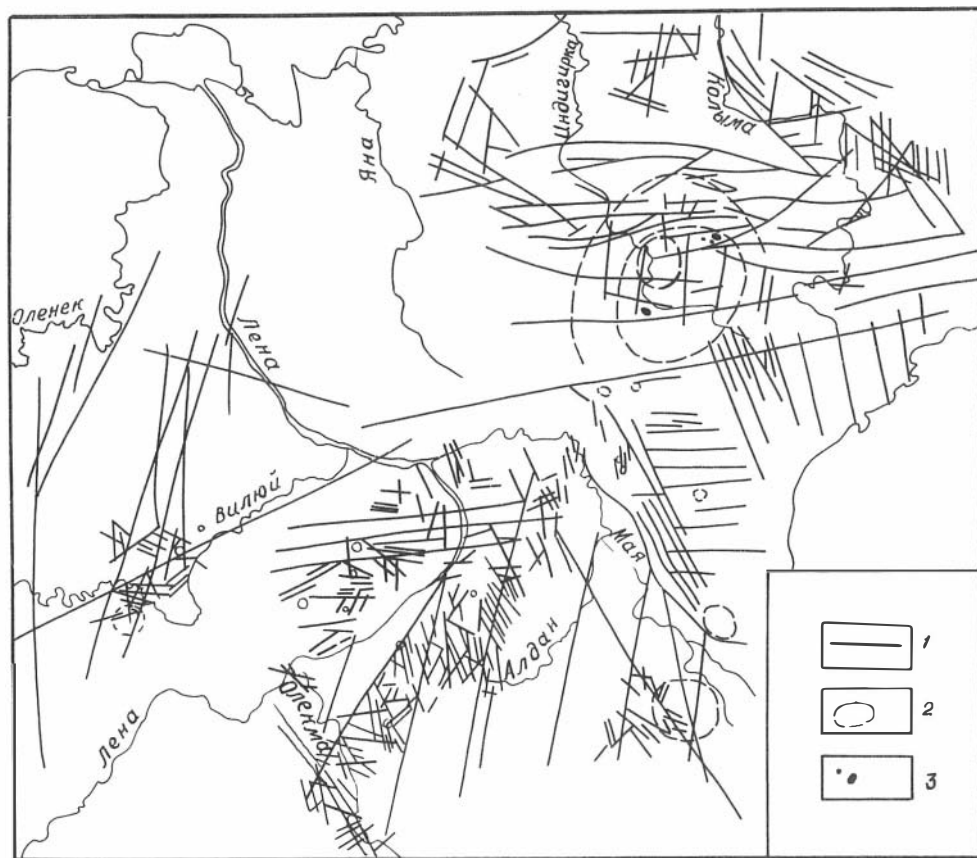
На некоторых снимках, на участках выходов кристаллического фундамента на поверхность и в закрытых районах удается оконтурировать овальные кольцевые структуры, которые, по мнению некоторых исследователей, отражают глубинное строение коры, а, возможно, и мантии (Глуховский, 1978; Хворостова, 1978; Шаров, Балакшин, 1978). Достоверность выделения кольцевых структур в целом не велика. Наши исследования показали, что довольно отчетливо видимая кольцевая структура на одном снимке с трудом угадывается или полностью отсутствует на других. В отдельных местах кольцевые структуры образованы отчетливо дешифрируемыми на снимках другого масштаба и качества уступами горизонтально залегающих осадочных пород, обнажающихся по склонам водотоков. Доказательств связи этих поверхностных структур с глубинными пока не имеется. Некоторые кольцевые структуры в поле развития кристаллических пород вызваны другими причинами.

Несмотря на некоторую условность, уверенно выделяемые кольцевые структуры представляют большой интерес как с теоретической, так и практической точки зрения и требуют самостоятельного изучения.

В Верхояно-Чукотской складчатой области на телевизионных снимках глубинные разломы проявляются четкими рвами и уступами, протягивающимися на десятки километров. Здесь отчетливо картируются крупные блоки, кольцевые структуры, а также относительно более мелкие разрывные нарушения.

На снимках с «Союза-22» глубинные структуры дешифрируются значительно слабее, чем на телевизионных. Так, на снимках платформы наиболее четко отражаются разломы платформенного чехла, участками отчетливо видны зоны трещиноватости. Находят отражение и основные черты структуры платформенного чехла: отдельные интрузивные тела, слоистость горных пород. На этих снимках глубинные разломы дешифрируются менее четко, так как обычно распадаются на ряд самостоятельных разломов, связь которых с одним глубинным линейным элементом улавливается слабо. Кольцевые структуры в пределах фундамента, по существу, не проявляются. В закрытых участках платформы некоторые кольцевые структуры видны довольно хорошо.

В Верхояно-Чукотской складчатой области на снимках с «Союза-22» отчетливо дешифрируются детали строения хорошо



Тектоническое строение некоторых участков Сибирской платформы и Верхне-Чукотской области по данным дешифрирования космических снимков (по Г.С.Гусеву и А.Ф.Петрову).

1—разломы, 2—кольцевые структуры, 3—палеосейсмодислокации

известных глубинных разломов (Нелькано-Кыллахского, Бурхалинского, Нерского, Дарпирского), устанавливаются небольшие кольцевые структуры, выявляется мелкая трещиноватость, прослеживаются элементы залегания горных пород.

Рассмотрим ниже тектоническое строение некоторых участков Сибирской платформы и Верхояно-Чукотской области по данным дешифрирования космических снимков (см. рис.).

На телевизионных снимках в бассейне р.Олекмы, в приустьевых участках рек Нюкжа, Хани, Тунгурчи дешифрируются два линеамента, протягивающихся на юг за пределы территории СССР, а на север—примерно до р.Лены. На Алданском щите эти линеаменты совпадают с Тунгурчинским и Темуляктиским разломами, разделяющими блоки архейских пород гранулитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма. К ним приурочены прогибы и грабены, заполненные осадочно-вулканогенными отложениями верхнего архея-нижнего протерозоя (борсалинская, тунгурчинская, тасмиэлинская и сеймдинская серии). Здесь широко развиты интрузии габбро-диоритов, диоритов, пироксенитов и гранитов. Зона Темуляктиского разлома является сейсмоактивной, в ее пределах зафиксированы 6-балльные землетрясения.

На телевизионных снимках отчетливо дешифрируются также центральный и восточный фланги Станового краевого шва, Южно-Якутский и Тукурингрский разломы. Очень четко оконтуриваются разломами Зейская впадина. Разломы, как правило, разделяют здесь блоки с различным геологическим строением, что и подчеркивается фототонами на снимках. Большинство этих разломов находят отражение и в геологической структуре. Однако следует заметить, что, если на поверхности мощность зоны Станового разлома, по геологическим данным, колеблется от 2 до 40 км, то на снимке она наблюдается в виде одной тонкой линии. Это обстоятельство, вероятно, можно объяснить отражением на снимке только осевой зоны разлома, соответствующей выходу на поверхность наиболее глубинной плоскости. Хорошо дешифрируются и древние архейские разломы Алданского щита—Тыркандинский, Борсалинский, Нимнырский и др.

В закрытых участках территории, на Ботуобинской седловине, Алданской антеклизе отчетливо дешифрируются Вилюйско-Мархинский, Нюрбинский и другие разломы Ангаро-Вилюйской системы (Тектоническая карта..., 1976). Кроме этого хорошо прослеживаются линеаменты, не выявленные геофизическими и геологическими методами. Так, на снимках виден субширотный линеамент, протягивающийся вдоль р.Вилюй. От верховьев

р.Селигир через истоки Мархи, пересекая Вилюй и Чону, прослежен линеамент субмеридионального простиранья, не проявленный на поверхности.

На севере Анабарской антеклизы на телевизионных снимках отчетливо прослеживаются линейные северо-восточного простиранья разломы, протягивающиеся от Айхальского поднятия в сторону Оленекского. Ранее эти разломы намечались только по геофизическим материалам (Тектоническая карта..., 1976).

На южном борту Вилюйской синеклизы от Покровская и Якутска в северо-западном направлении, в сторону Вилюйска, протягивается несколько параллельных линеаментов, которые можно объединить в Покровско-Вилюйскую систему, геологическая природа которых остается невыясненной. На снимках с «Союза-22» зоны этих линеаментов прослеживаются в виде сплошной полосы мелкой трещиноватости, ширина которой достигает 200 км, а протяженность более 500 км.

Более или менее достоверные кольцевые структуры отмечены в районе г.Мирного, в верховьях левого притока р.Синей—руч.Нуоранджима. На Алданском щите можно выделить множество не совпадающих на разных снимках кольцевых структур, часто как бы наложенных друг на друга. Одной из наиболее достоверных можно считать кольцевую структуру, прослеживающуюся на крайнем востоке Алданского щита. Она проходит через верховья рек Уяй, Учур, Маймакан и устье левого притока р.Чумикан. Диаметр кольца около 100 км.

На снимках с «Союза-22» прослеживаются многие разломы, установленные геологическими методами. Однако на северном склоне Алданской антеклизы, в междуречье Алдана и Лены, выявлена густая сеть разломов меридионального простиранья. Большинство из выявленных на космических снимках разломов не картируется геологическими методами. Здесь же устанавливается редкая сеть трещин северо-западного и северо-восточного простиранья, хорошо развитая, как это установлено геологической съемкой, на Алданском щите. Севернее, на левобережье р.Лены, сеть субмеридиональных разломов образуется уже упомянутыми Покровско-Вилюйскими линеаментами северо-западного простиранья.

На снимках с «Союза-22» и телеотпечатках в некоторых случаях отчетливо устанавливается характер макросейсмических эффектов. Так, наземные наблюдения и инструментальные данные показывают, что 9-балльное Артыкское землетрясение 1971 г. имеет два эпицентра, находящиеся друг от друга на

расстоянии 25-30 км. На космических снимках именно в местах эпицентров видны эллипсы размером $2,5 \times 1,5$ км, длинные оси которых вытянуты в северо-западном направлении. Вероятно, контуры эллипсов отражают кольцевые разломы, оконтуривающие очаги землетрясения. Если предположить, что размер кольцевых нарушений находится в зависимости от глубины очага и магнитуды землетрясения, то существование более крупного кольцевого разлома (эллипсы размером 10×10 км), расположенного на 7 км восточнее южного эпицентра Артыкского землетрясения, может указывать на то, что в районе Верхне-Нерской впадины в прошлом происходили землетрясения большей силы, чем Артыкское 1971 г. Точно такой же эллипс просматривается на космических снимках на западном склоне хр.Сарычева в верховьях р.Индикирки. Однако, для более широкого прямого использования космической информации при сейсмическом районировании мы пока не обладаем ее достаточным количеством, чтобы установить палеосейсмодислокации в других сейсмически опасных зонах Восточной и Южной Якутии.

Для этой цели пока используются косвенные признаки (разломы, ландшафт и прочее).

Опыт дешифрирования космических снимков на территории Якутии показывает, что космические снимки несут большое количество геологической информации, позволяющей более полно изучить уже известные тектонические структуры. Однако выявляется много новых элементов, которые не нашли отражения в геологических материалах. Новые космические элементы несомненно требуют специального полевого изучения с целью установления геологической сущности этих объектов. По некоторым из них мы уже обладаем достаточными сведениями. Так, в Южном Верхоянье на космических снимках отчетливо прослеживается сеть разломов северо западного простирания. На геологических картах этих разломов нет. Однако детальное изучение трещиноватости в этом районе показывает широкое развитие трещин северо-западного простирания, положение которых в структуре Южного Верхоянья ранее не имело удовлетворительного объяснения. Теперь, после дешифрирования космических снимков, мы знаем, что эти трещины связаны со скрытыми разломами северо-западного простирания.

ЛИТЕРАТУРА

Глуховский М.З. Кольцевые структуры юго-востока Сибири и их возможная природа.—Геотектоника, 1978, № 4.

Тектоническая карта Якутской АССР и сопредельных территорий. Масштаб 1:1 500 000. М., ГУГК, 1976. Отв. ред. К.М.Мокшанцев.

Хворостова З.М. Кольцевые структуры в бассейне Яны, обнаруженные на космических снимках.—Геол. и геофиз., 1978, № 1.

Шаров Г.Н., Балакшин Г.Д. Предварительные результаты дешифрирования космических телевизионных снимков Якутии.—В кн.: Новости геологии Якутии. Вып.4, Якутск, 1978.

РАСШИФРОВКА СТРУКТУРЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО И ОКЕАНИЧЕСКОГО СЕГМЕНТОВ ЛИТОСФЕРЫ В РАЙОНЕ КАМЧАТСКОГО ЖЕЛОБА

Структура земной коры в районе Камчатки и Командорских островов представляет большой интерес во многих отношениях, но наибольший — в связи с дискуссией о природе зоны перехода океан—континент в западной и северо-западной части Тихого океана. С появлением комплекса разномасштабных снимков поверхности полуострова открылись новые возможности для более глубокого изучения структуры верхней коры земли, а также выявления особенностей строения и более глубоких ее горизонтов. Следует указать, что в этом направлении уже получены интересные результаты (Флоренский, 1978; Гусев, 1976; Леглер, 1976; Симбирев, 1976, 1978 и др.).

Мы попытались сделать следующий шаг анализа природы блоковой структуры земной коры, а именно—увязать данные дешифрирования аэрокосмических снимков с сейсмологическими материалами и провести физическое моделирование предполагаемой геодинамической модели структур верхней коры, выявленных для Камчатки и сопряженных территорий океана. В нашем распоряжении были телеснимки территории с метеоспутников, опубликованные сканерные изображения с американского спутника «Лэндсэт I», специально изготовленные фотомонтажи аэроснимков отдельных районов различного масштаба. Для проверки структурных построений нами проводились наземные геологические работы. Учитывались геологические карты полуострова и данные работ на акватории океана.

Дешифрирование космических снимков полуострова позволяет установить две характерные особенности структуры земной коры: 1) наличие дуговых линеаментов (Ривош, 1964) и 2) закономерную мозаику блоков (История ..., 1974; Симбирева и др., 1976).

Сопоставление приведенных на рис.1, а также других данных, полученных нами для всей территории Камчатки, с сейсмологическими (рис.2) показывает, что наблюдаемая картина может быть наиболее удовлетворительно объяснена геодинамической моделью широкого сдвига в условиях регионального сжатия.

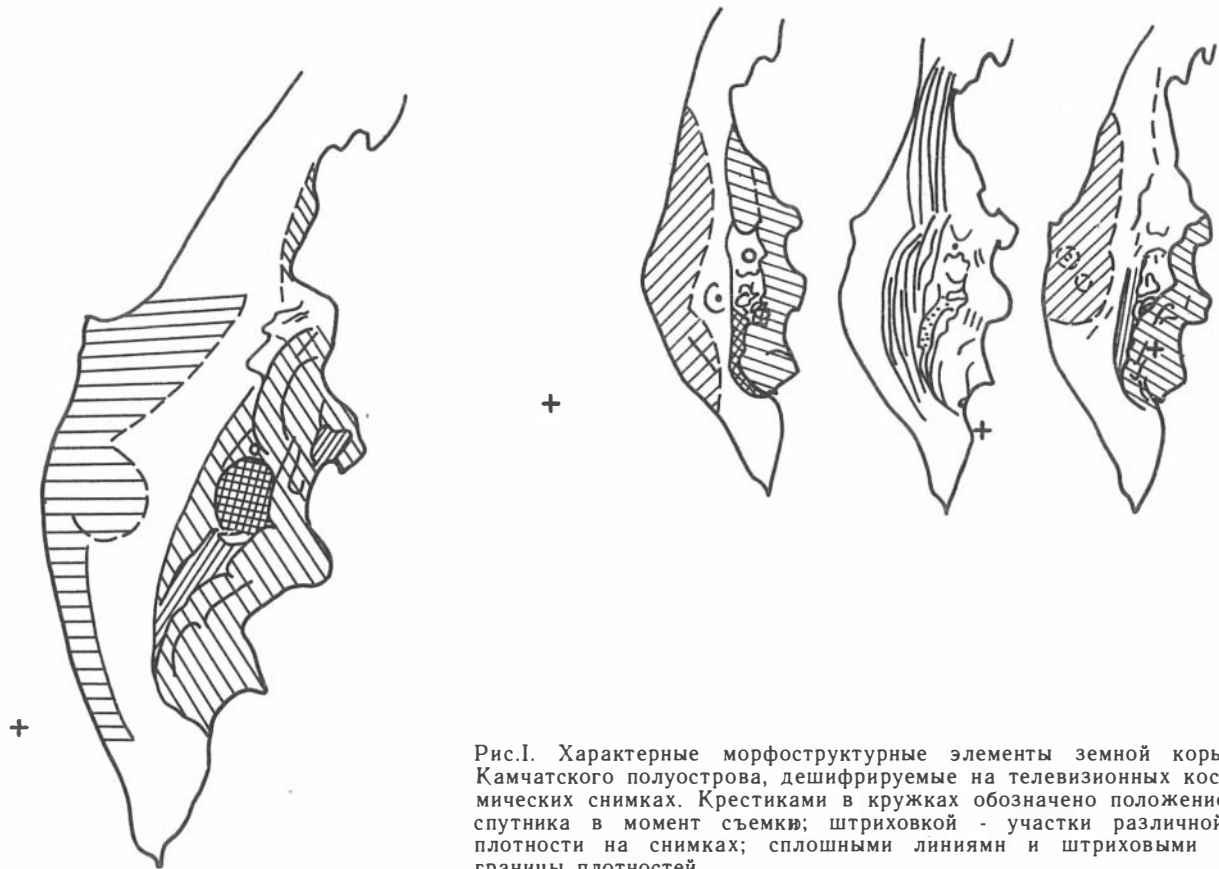


Рис.1. Характерные морфоструктурные элементы земной коры Камчатского полуострова, дешифрируемые на телевизионных космических снимках. Крестиками в кружках обозначено положение спутника в момент съемки; штриховкой - участки различной плотности на снимках; сплошными линиями и штриховыми границы плотностей

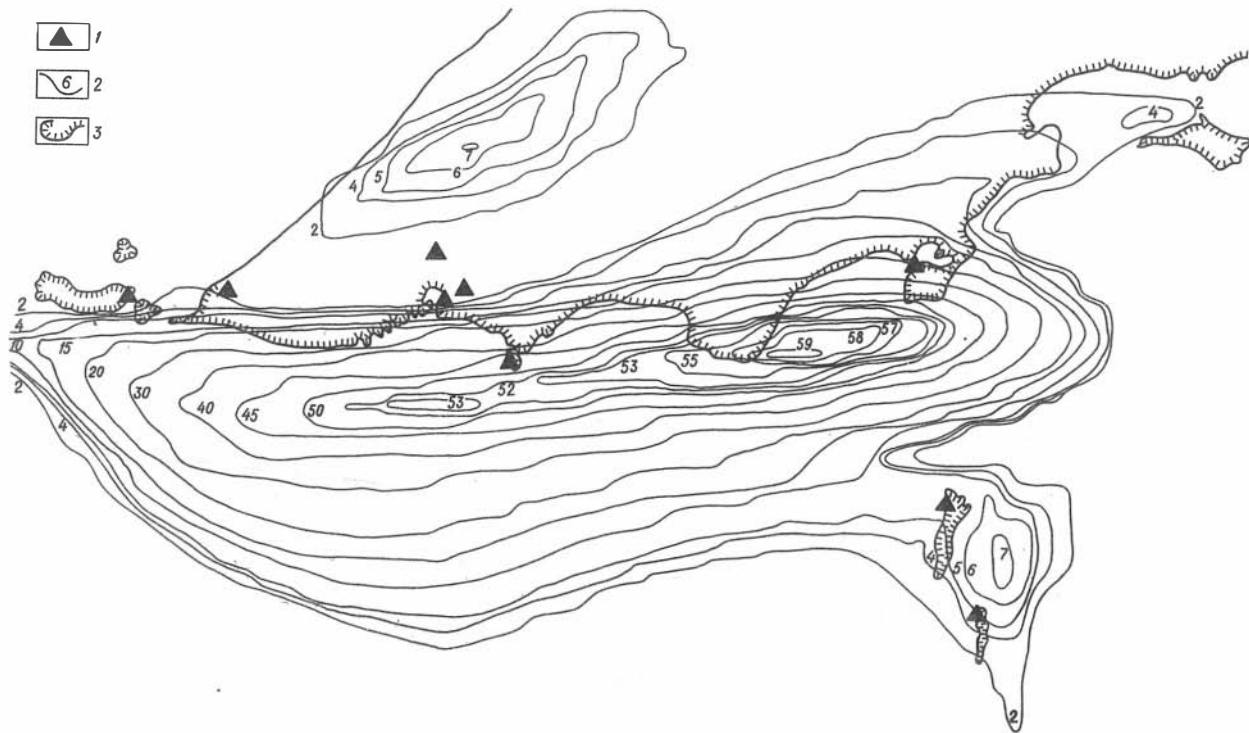


Рис.2. Тренд четвертого порядка, характеризующий интегральное распределение сейсмической энергии в земной коре (глубина землетрясений меньше 25 км) по данным о сильных землетрясениях 1964-1976 гг. ($K=11$).

1—сейсмостанции; 2—изолинии значений землетрясений; 3—границы суши

Укажем, что идея о наличии сдвиговых нарушений, связанных с активными окраинами континентов в коре, не нова. Для глобальных геотектонических построений ее использовали Меерхффы (1974) и Кери (Carey, 1976), а в последнее время к ней обращались исследователи описываемой территории. Однако кроме общей идеи анализа конкретных структур необходим хотя бы качественный физический эксперимент, позволяющий представить себе ситуацию, когда в широкой зоне произошел сдвиг и протекает релаксация напряжений.

При этом данные такого эксперимента, как и строящаяся на его базе модель, должны объяснить, по меньшей мере, следующее: а) мозаично-блоковую структуры земной коры и, вероятно, литосферы с конкретным характером напряженного состояния в отдельных блоках; б) наличие различного ранга зон сжатия и растяжения, сдвигов, надвигов и сбросов; г) весьма специфический характер распределения вулканогенных пород верхнеэоцен-четвертичного возраста; 4) характерные конфигурации границ шельфа и впадин, а также наличие весьма своеобразных купольно-кольцевых структур со специфическим видом напряженных состояний пород земной коры на различной глубине: е) одну их характернейших черт структуры полуострова, а именно—наличие крупных дуговых разломов, открытых здесь еще Ривошем (1964).

Нами были **проведены** такого рода эксперименты с оптически активными эквивалентными средами для случаев горизонтальных и вертикальных сдвигов при наличии сжатия и растяжения в направлении, поперечном к направлению приложения сжимающих сил.

Мы попытались кроме того объяснить механизм сочетания сдвигов с другими видами деформационных структур, выявляемых при расшифровке строения Камчатки и прилегающих блоков, в частности, с изгибами и купольно-шарнирными образованиями. Это позволило нам выйти за рамки чисто традиционного анализа сдвиговых зон в узких пределах действия пары сил, обычно реализуемого или единой плоскостью скольжения, или кулисообразной системой сигмоидальных трещин отрыва (скола)

Для сравнения экспериментальных данных с природными примерами в наш анализ были включены все деформационные структуры, сопутствующие сдвиговым зонам, в результате чего выявлены следующие их особенности (рис. 3):

1. Оказалось, что размещение и ориентировка структурных элементов в осевой части этих зон не постоянны, а изменяются

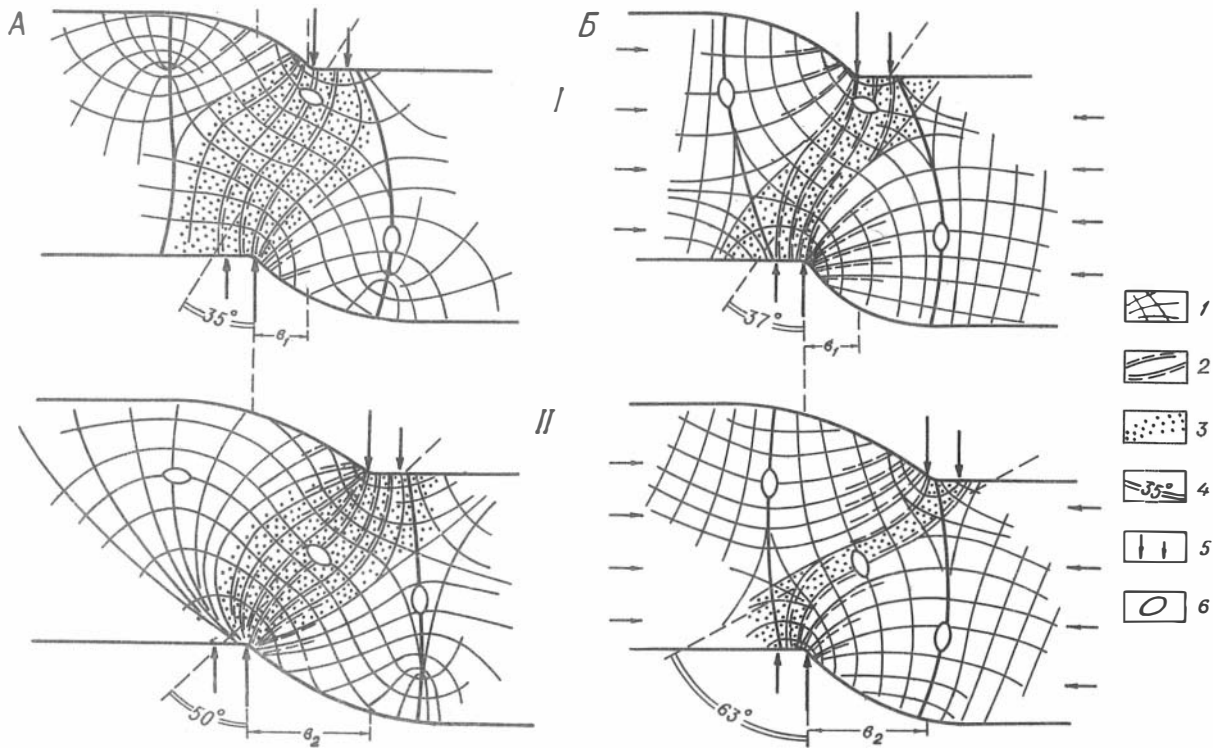


Рис.3. Поля напряжений и прогноз разрывов в моделях сложных сдвиговых зон, возникающих под действием встречных сосредоточенных сил.

I, II — изменение направления разрывов в зависимости от ширины (v_1 , v_2) зоны сдвига при сочетании сдвига с изгибом (А) и с боковым сжатием (Б); 1 — траектории нормальных напряжений; 2 — трещины растяжения; 3 — область развития деформаций, обусловленных действием пары сил сдвига, включающая поле изгиба и бокового сжатия; 4 — углы между осевой трещиной и направлением сдвига; 5 — направление сдвиговых усилий; 6 — положение эллипсоида напряжений и их направление

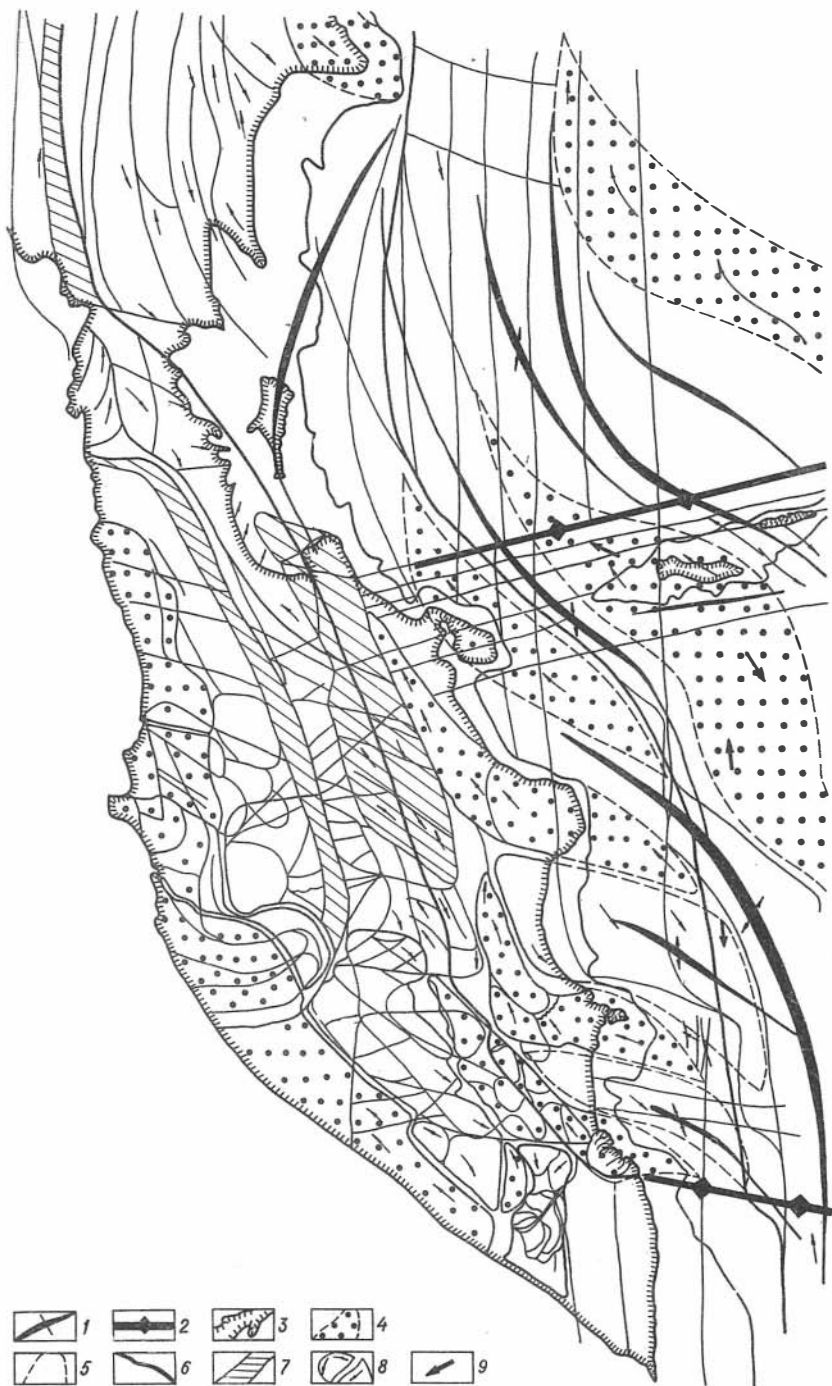


Рис.4. Структурная схема земной коры в зоне сочленения океанического и материкового сегментов литосферы в районе Камчатского полуострова.

1—зоны локального растяжения; 2—боковые нодальные границы; 3—границы шельфа; 4—зоны локального сжатия; 5—предполагаемые восточные границы сигмоидальных зон сжатия и растяжения; 6—границы зоны широкого правостороннего сдвига, с которой связаны наиболее характерные закономерности чередования локальных участков сжатия и растяжения; 7—продольные нодальные области между зонами право- и левостороннего сдвига; 8—отдельные блоки в верхней коре земли (стрелками показано преимущественное направление движения масс горных пород в пределах блока при развитии широкого сдвига); 9—предполагаемые направления движения блоков на акватории океана

в зависимости от их ширины, свойств деформируемого материала, величины сдвигающей нагрузки и бокового сжатия. Угол между границами кулисной системы и направлением сдвига изменяется для упруго-эластичных материалов (желатино-глицериновый студень), в пределах 20-60°, для упруго-жестких (плексиглас) — 20-32° и для упруго-вязких (эпоксидные смолы) — 30-40°.

2. Типичная для сдвиговых зон сигмоидальная форма трещин отрыва является не только следствием поворота трещин при последующей пластической деформации, как предполагалось ранее, а определяется структурой поля нормальных напряжений, возникающей в начальной стадии процесса и характеризующейся скашиванием траекторий этих напряжений в зоне действия сжимающих сил.

3. Анализ центральной осевой части зоны сдвига совместно с периферическими структурами дает нам основание вслед за Гзовским (1975) выделить в целом зону сложного сдвигания. Такая зона ограничена нейтральными линиями и состоит из области сдвига и области изгиба, образующих общую для всей зоны систему трещин отрыва.

Взаимодействие разнородных полей напряжения особенно отчетливо проявляется в случае приложения к зоне сдвига бокового сжатия. В таких условиях границы сложной зоны сближаются, углы наклона трещин отрыва увеличиваются, а осевая зона проявляется в виде узкой сигмоиды, занимая не более 10-15% общей площади широкой сдвиговой зоны. В то же время более развиты деформации, вызванные сопряжением траекторий бокового сжатия с каждой из пары сдвигающих сил. Они могут быть представлены системами дугообразных трещин, симметрично расположенными по обе стороны от осевой сигмоиды. Последняя сопоставима в природе с единичной протяженной зоной растяжения (глубоководный желоб, линейный прогиб), не имеющие связи с какими-либо системами равных ей по рангу разрывов и окруженной мелкими разрывами несдвигового генезиса.

4. Кроме отмеченных зон, возникающих в результате вариаций одного способа приложения нагрузок, в виде противоположно направленных сосредоточенных сил необходимо различать сдвиговые зоны, образующиеся вследствие приложения нагрузки по всему объему сдвигаемых пластин.

Подобные сдвиговые зоны моделировались Клоосом (Cloos 1936), Риделем (Riedel, 1929), Стояновым (1977) и описаны Гзовским (1975). Они существенно отличаются постоянством ориентировки траекторий главных напряжений (около 45° к

направлению сдвига) и размещением участков концентрации напряжений в центральной части зоны, а не по ее краям, как в случае приложения сосредоточенных сил.

В целом по данным экспериментов и сравнению их с геологическими материалами можно полагать, что отмеченные типы структур проявляются в природной обстановке как независимо так и в сочетании друг с другом. Такая ситуация характерна для вертикально расположенных рассматриваемых зон, где аналогом объемного нагружения опускаемых крыльев является сила тяготения, а роль сосредоточенных нагрузок выполняют жесткие глубинные массы (препятствия). Именно такие комбинации свойственны, по-видимому, зонам сопряжения материковой и океанической коры, характеризующимся, как и представленные модели, резкой асимметрией строения, которое невозможно объяснить, опираясь лишь на существующие в литературе описания механизма простых зон сдвига.

Обнаруженные особенности распределения напряжений при развитии широкого сдвига позволили, как нам представляется, получить непротиворечивую картину (рис.4) процесса формирования структур в коре Камчатки и сопредельных акваторий океана (Симбирева и др., 1976).

Несложно видеть, что в предлагаемой схеме учитываются все перечисленные выше фактические данные. Следовательно, подобное объяснение результатов дешифрирования снимков поверхности Камчатки материалов морских исследований и сейсмологических данных может обсуждаться как вероятный вариант механизма формирования структуры земной коры в зоне сочленения океан—континент. В частности, удастся показать, почему восточным полуостровам с их горстовой структурой соответствуют локальные поля сжатия, а заливы представляют собой чередующиеся зоны растяжения. Западная и восточная вулканические зоны располагаются в области нодальной границы, разделяющей области с разнонаправленным смещением блоков, между соседствующими зонами сдвигов, а Центральная Камчатская депрессия отвечает широкой полосе растяжения между указанными границами.

Глубоководный желоб является закономерной структурной зоной растяжения при сдвиге, но более крупного ранга, чем только что упомянутые структуры. Поперечные разрывные структуры в южной части Авачинского залива и севернее Командорских островов могут также интерпретироваться как боковые нодальные плоскости при широком сдвиге в условиях регионального сжатия.

Таким образом, дуговые линеаменты в пределах Камчатки и акватории океана—закономерные структуры зоны широкого сдвига. Поскольку при этом появляются локальные чередующиеся зоны сжатия и растяжения, то мозаично-блоковая структура верхней коры земли также образуется вследствие развития широкого сдвига в условиях регионального сжатия.

ЛИТЕРАТУРА

- Гзовский М.В.** Основы тектонофизики. М., Наука, 1975.
- Гусев Н.А.** Изучение районов современного вулканизма и его связи с глубинной геологией по снимкам из космоса.—В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т.5, М., 1976.
- История** развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Камчатка, Курильские и Командорские о-ва. М., Наука, 1974.
- Лаглер В.А.** Деформации погружающейся литосферной плиты и продольные сдвиги Курило-Камчатской островной дуги.—В кн.: Тектоника литосферных плит. М., 1976.
- Меерхофф А., Меерхофф Г.** Новая глобальная тектоника — основные противоречия.—В кн.: Новая глобальная тектоника. М., Мир, 1974.
- Ривош Л.А.** Геомангнитная характеристика главных тектонических структур Востока СССР, переходной зоны от Азиатского континента к Тихому океану и абиссального дна последнего.—Геол. и геофиз., 1964, № 5.
- Симбирев И.Б.** Некоторые особенности и результаты дешифрирования мелкомасштабных и космических и топографических изображений Камчатского региона.—Бюл.вулканолог.станций СССР, 1976, № 52.
- Симбирев И.Б.** Кольцевые комплексы Камчатки.—Бюл.вулканолог. станций СССР, 1978, № 54.
- Симбирева И.Г., Федотов С.А., Феофилактов В.Д.** Неоднородности поля напряжений Курило-Камчатской дуги по сейсмологическим данным.—Геол. и геофиз., 1976, № 1.
- Стоянов С.С.** Механизм формирования разрывных зон. М., Недра, 1977.
- Флоренский П.В.** Области новейшей вулканической деятельности.—В кн.: Геологическое изучение земли из космоса. М., Наука, 1978.
- Carey S.W. The expanding Earth. Amsterdam-Oxford-New York, 1976, 460 p.
- Cloos H. Einführung in die Geologie. Berlin, 1936.
- Riedel W. Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen.—Zentralblatt für Mineralogie. Abt. Geol. und Paläont., Berlin, 1929, s.354-368.

О СИСТЕМНОМ ПОДХОДЕ К РЕЛЬЕФУ КАК О ЧАСТИ ПРОГРАММЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ЗЕМЛИ С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

О предмете исследования. Предлагаемая статья преследует цель определить в общих чертах возможности геоморфологического вклада в программу изучения природных ресурсов Земли с помощью космических средств.

Поставленная задача требует необщепринятого отношения к рельефу. Поскольку степень устойчивости природно-территориального комплекса как целостного организма является результатом многообразного динамического переплетения всех элементов ландшафта, рельеф как один из этих элементов можно рассматривать в качестве природного ресурса.

Л.С.Берг, по праву считающийся основоположником ландшафтоведения в России, пишет: «...географический ландшафт есть такая совокупность или группировка предметов и явлений, в которой особенности рельефа, климата, вод, почвенного и растительного покрова и животного мира, а также, до известной степени, деятельности человека сливаются в единое гармоничное целое, типически повторяющееся на протяжении данной зоны Земли. Ландшафт есть как бы сообщество высшего порядка, соединяющее в себе, с одной стороны, сообщества организмов (биоценозы)..., а с другой—комплексы неорганических явлений: форм рельефа, скоплений вод, климатических факторов; к элементам ландшафта относятся и такие тела как почвы, которые есть производное и органического мира, и неорганических частей земной коры... И если выразиться фигурально, то можно сказать, что каждый ландшафт есть как бы некий организм, где части обуславливают целое, а целое влияет на части... Специальные науки изучают лишь отдельные звенья этого сложного клубка взаимоотношений, отдельные кирпичики этого здания, география же должна понять и объяснить структуру и механизм ландшафта.» (Берг, 1936, с.11-12).

Используя подход Л.С.Берга, мы опираемся на следующие основные принципы ландшафтного географического подхода, которые разделяются большинством ведущих ученых в этой области (Арманд, 1975; Преображенский, 1972; Солнцев, 1962; Сочава, 1978): 1—объектом исследования являются террито-

риальные комплексы всех элементов природы; 2—изучение природных ресурсов этих комплексов должно вестись так, чтобы это было исследование «не аггломерата предметов и явлений, а ландшафта, в котором все части связаны друг с другом в упорядоченное целое» (Берг, 1963, с.14).

В качестве единой теории, охватывающей все разнообразие явлений в географической оболочке, используется современный системный подход. Выделение системы в процессе исследования целостного организма, определение ее составных элементов и установление функционального назначения системы зависят от содержания задачи, стоящей перед исследователем.

Попробуем сделать соответствующие определения применительно к рассматриваемой задаче. Можно предположить, что пространственная дифференциация приповерхностной части Земли на природные комплексы происходит с целью сохранения подвижного равновесия Земли как планеты в условиях ее вращения в гравитационном и электромагнитном полях. Осуществление этой дифференциации обеспечивается благодаря постоянно протекающему взаимообмену веществом и энергией между компонентами природы, между соседними комплексами и между географической оболочкой и внешним миром (элементами космоса).

А.А.Григорьев (1960) показал, что движущей силой любого географического явления можно считать единство противоположно направленных процессов, прихода и расхода вещества и энергии, их ассимиляции и диссимиляции. Следовательно, изучая рельеф как элемент природного комплекса, необходимо иметь в виду, что процессы морфогенеза обеспечиваются механическими перемещениями масс (как при образовании тектонических структур, так и в результате осадочного литогенеза), физико-химическим саморазвитием вещества, вызывающим деформации земной коры по различным причинам (изменение объемов, процессы магматизма, вулканизм, почвообразование, жизнедеятельность живых организмов, климат-формирующая деятельность атмосферы и т.п.). Полная оценка непрерывного движения, изменения, переноса и превращения вещества и энергии, по-видимому, уходит в далекие перспективы.

О способе исследования. При разработке концепции обмена веществом и энергией особое место может занять метод балансов, широко и плодотворно используемый в географии (Григорьев, Будыко, 1956; Арманд, 1975). Методика составления геоморфологических балансов пока не разработана, однако, существуют предпосылки для успешного применения этого

метода при изучении динамических особенностей рельефа, и предпринимаются первые шаги в этом направлении, о чем речь пойдет ниже.

Составление балансов при изучении природных явлений Д.Л.Арманд (1975) связывает с определением объема объекта исследования. Несомненно, что потоки вещества и энергии различны в разных объемах изучаемого тела, поэтому важно устанавливать пределы балансирования не только боковые, но также нижний и верхний. Потоки, начинающиеся или кончающиеся за пределами выделенной системы, следует рассматривать как внешние.

Выделение объемов при исследовании природных комплексов необходимо и по другой причине. Системная ориентация приводит к предположению, что высокая степень организации, обеспечивающая возможность планеты приспособиться к внешним условиям до достижения с ними подвижного равновесия, основана на иерархическом строении системы.

Это означает, что каждая система, состоящая из элементов, одновременно является элементом более крупной системы. Между уровнями, расположенными на разных ступенях иерархической лестницы, существуют связи управления. Внутри каждого отдельного уровня его равноправные элементы находятся в координационных отношениях и связях.

Наиболее удачное принципиальное представление об иерархическом строении географической оболочки как системы дает схема Д.Л.Арманд (1975, с.12), раскрывающая взаиморасположение природных территориальных комплексов разных рангов (см. рисунок). Вертикальные границы между комплексами определяются по принципу относительной однородности, горизонтальные — по принципу исчезновения влияния того фактора, на основании которого выделяется данный комплекс.

Установление горизонтальных границ—чрезвычайно трудное дело, и в геоморфологии этот вопрос представляет «не поднятую целину». Пожалуй, легче всего намечаются пути к определению объема самого низкого иерархического уровня. В качестве варианта можно предположить, что верхняя граница этого объема представлена земной поверхностью (возможно, придется включить сюда самые приповерхностные части атмосферы). Нижнюю границу объема можно поместить в пределах перехода элювиальных образований в подстилающие коренные породы. В этом объеме имеют место процессы дезинтеграции коренных пород, приводящие их в подвижное состояние, что способствует транспортировке рыхлого материала различными экзогенными процессами.

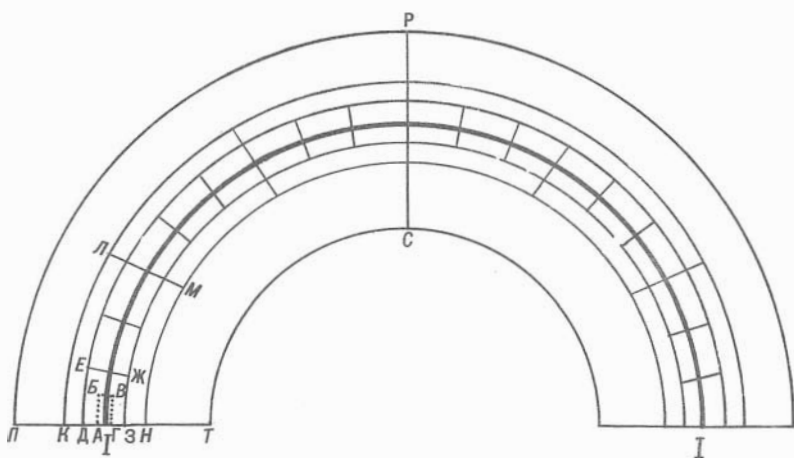


Схема иерархического строения географической оболочки.

I—I—Дневная поверхность Земли. Природно-территориальные системы: АБВГ—элементарного (приповерхностного) уровня; ДЕЖЗ—II уровня; КЛМН—III уровня; ПРСТ—IV уровня (геоморфологические формации)

Динамические свойства описываемого приповерхностного иерархического уровня определяются физическими и химическими напряжениями, существующими внутри горных пород, участвующих в экзогенном рельефообразовании, а также напряжениями в экзогенных средах, осуществляющих перенос обломочного материала (например, в водном потоке). В этом уровне необходимо учитывать также энергетическую составляющую процессов почвообразования и биогенной компоненты.

Для уровней более высокого ранга определение положения горизонтальных границ потребует специальных исследований. Сейчас выскажем лишь такие предположения: верхние границы объемов этих уровней должны проходить в газовой оболочке Земли, где формируются локальные и глобальные климаты планеты; нижние же границы должны опускаться на все большую глубину от земной поверхности по мере перехода ко все более высоким иерархическим уровням. Эта мысль основывается на данных геофизических исследований, свидетельствующих о несомненной сложной связи рельефа с внутренним строением земной коры, с положением границы Мохо и физическим состоянием верхов верхней мантии.

Вертикальные границы природных комплексов как систем

различных иерархических уровней поддаются непосредственному наблюдению. Их большое множество мозаично разделяет поверхность Земли на участки, отличающиеся друг от друга своими физико-географическими показателями. Трудность заключается в том, что необходимо определять ранги этих границ и найти признаки, по которым должны выделяться природные комплексы различных иерархических уровней. Нужны не случайные, а существенные признаки, не производные, а определяющие, от которых зависят набор и степень проявления других признаков, раскрывающих межкомпонентные и межкомплексные связи, а также связи управления между иерархическими уровнями. Поскольку речь идет о предсказании поведения системы, такие признаки должны также характеризовать главный механизм, определяющий развитие системы, иными словами, энергетические основы ее эволюции.

В связи с необходимостью определения степени устойчивости территориального комплекса при техногенных нагрузках, а также степени опасности усиления или ослабления отдельных компонентов, играющих определяющую роль в жизни комплекса, неизбежно выяснение энергетических характеристик ландшафта.

Неоценимую услугу здесь могло бы оказать составление энергетических балансов геоморфологического процесса. Однако в настоящее время затруднительно составить даже предварительные списки статей прихода и расхода такого баланса, не говоря уже о проведении операций, подобных выяснению ареалов и сроков действующих факторов, количественного измерения каждого фактора и т.п. Тем не менее на современном уровне геоморфология готова к качественному изучению динамики геоморфологических процессов.

Определение энергетических характеристик геоморфологических процессов, вероятно, следует рассматривать в тесной связи с оценкой условий как равновесного состояния этих процессов, так и отклонения равновесия в ту или другую сторону. Имея в виду это положение, можно сказать, что современная геоморфология располагает достаточной базой для внедрения системного подхода в изучение рельефа, поскольку исследование равновесного и неравновесного состояний рельефообразующих процессов занимает в геоморфологии большое место. Прежде всего напомним о работах, связанных с установлением понятия о равновесном профиле реки. Опыт И.П.Карташова (1972) по применению концепции В.В.Ламакина (1948) в изучении геологической и геоморфологической деятельности рек показывает широкие возможности использования балансовых характеристик. И.П.Карташов рассматривает направлен-

ность и интенсивность флювиальных процессов в зависимости от баланса рыхлого материала, участвующего в формировании аллювиальных толщ. Выделение форм рельефа по этому признаку построено на изучении связи между интенсивностью и направленностью формообразующего процесса с одной стороны, и насыщенностью агента рыхлым материалом, с другой. Эта балансовая характеристика определяет отношение между работоспособностью агента и возможностью среды предоставить в его распоряжение рыхлый материал для переноса. Таким образом, флювиальное рельефообразование может происходить при отрицательном, равновесном и положительном балансах рыхлого материала, что соответственно будет характеризовать динамические фазы врезания, перестилания (транзита) и накопления.

Состояние изученности форм и отложений флювиального происхождения не оставляет сомнения в том, что по характеру рельефа и коррелятным отложениям можно судить о динамической фазе процесса. Существуют также предпосылки для того, чтобы довести до аналогичного уровня наши знания о склоновых процессах, формах и отложениях. Первые попытки исследований в этом направлении уже имеются (Хворостова, 1976б; Титов, 1971). Концепция К.К.Маркова (1948) о геоморфологических уровнях содержит также большие перспективы определения энергетических характеристик рельефообразования.

Авторам представляется, что расчленение рельефа с целью изучения динамического состояния территориальных комплексов и должно опираться на показатели энергетической стороны геоморфологического процесса.

Определенные трудности появляются при установлении площадей автономных систем, из которых складываются отдельные иерархические уровни. Прежде всего, из чего состоят автономные системы приповерхностного иерархического уровня? Должны ли эти первоначальные системы быть очень малыми и заключать в себе лишь генетически однородные поверхности рельефа или они должны представлять сочетание генетически различных элементов рельефа, объединенных парагенетическими связями? Более перспективным представляется второй вариант.

В качестве примера автономной системы приповерхностного иерархического уровня можно привести участок горного рельефа, в образовании которого участвует весь комплекс ведущих процессов соответственной физико-географической зоны (в гумидном климате это будут элювиальные, склоновые и речные процессы). Динамические состояния всех экзогенных процессов

в пределах этой системы настолько связаны между собой, что при определении энергетической характеристики геоморфологического процесса в целом нет смысла разделять генетические виды рельефо- и осадкообразования (Хворостова, 1976, а, б)

Определение совокупностей рельефа, составляющих автономные природно-территориальные системы более высоких рангов, потребует специальных исследований. При этом нужно иметь в виду, что автономные системы каждого более высокого ранга должны характеризоваться таким взаимным расположением систем более низкого ранга, которое продиктовано не случайным сонахождением, а динамической необходимостью, вызванной спонтанным развитием соответствующего иерархического уровня.

Исходя из геоморфологического аспекта изучения природно-территориального комплекса, можно предложить следующий перечень иерархических уровней, начиная со II: II - одинаковый набор элементов I уровня, находящихся в сходных взаимоотношениях, составляющих однотипную структуру земной поверхности. Примерами могут служить отдельные горные участки с одинаково направленными и сходными по интенсивности осадко- и рельефообразованием, которые определяются близкими значениями баланса рыхлого материала. Межгорные впадины, однородные на всем протяжении, также могут рассматриваться как автономные системы этого уровня; III - геоморфологические комплексы, объединяющие такие системы II уровня, которые характеризуются одинаковой направленностью, но разной интенсивностью процессов рельефо- и осадкообразования (горные хребты, нагорья, межгорные равнины); IV - геоморфологические комплексы, различающиеся уже и по интенсивности и по направленности рельефо и осадкообразования. Автономные системы этого уровня будут представлены геоморфологическими комплексами, относящимися к рангу горных стран и крупных равнин. Возможно, что различие в комбинациях автономных систем этого уровня будет определять основы выделения геоморфологических формаций по Н.А.Флоренсову (1964, 1971, 1976). В качестве их примеров Н.А.Флоренсов приводит рифтовую формацию и формацию островных дуг и глубоководных желобов.

Проследив эти иерархические уровни, заметим, что чем большие уровни охватываются, тем большие объемы и разновидности вещества и энергии должны привлекаться при анализе механизма их организации. Для определения членов балансовых уравнений иерархических уровней более высоких

порядков, по-видимому, может служить развитие идеи О.В.Кашменской (1976) о балансах вещества и энергии в земной коре.

Выбор показателей для составления баланса геоморфологического процесса в пределах даже наиболее знакомого приповерхностного иерархического уровня потребует учитывать взаимодействие факторов, которые в совместном проявлении раньше не рассматривались. Стоит, например, начать изучать интенсивность денудации в конкретном случае, как потребуются знание количества атмосферных осадков, испарения, способности подстилающих пород к инфильтрации, типов подземного и поверхностного стоков, валового увлажнения обломочного чехла, механического состава обломков, степени насыщенности чехла коллоидами, степени устойчивости подстилающих пород при местных температурных и водных режимах, микро- и мезоструктуры геологических тел, степени развития почвенного покрова, биологической составляющей геоморфологического комплекса, местных уклонов рельефа и других показателей.

При проведении перечисленных анализов геоморфологи столкнутся не только со знакомыми и удовлетворительно разработанными приемами, но также с исследованиями, которые редко проводились до сих пор и методика которых должна разрабатываться почти сызнова. Речь идет об изучении почвенной и биологической составляющих в энергетике рельефообразования. Эти факторы могут играть регулирующую роль в создании динамических свойств геоморфологических комплексов, на что обратил внимание И.П.Герасимов (1970).

Место геоморфологии в разработке рассматриваемой проблемы определяется тем, что ее предмет требует осведомленности в равной степени как в географических, так и в геологических закономерностях строения земной поверхности. При системной ориентации геоморфология, по-видимому, станет связующим звеном между географией и геологией, между геофизикой «от географии» и геофизикой «от геологии». Такая особенность геоморфологии может вывести ее на главную роль в исследовании спонтанных тенденций развития природно-территориальных комплексов.

Картирование геоморфологических комплексов на основе анализа космической информации как геоморфологический вклад в изучение природных ресурсов. Оценка природных ресурсов потребует прежде всего их инвентаризации на основе классификации, выполненной по признакам, раскрывающим ценностные характеристики природных комплексов. Поскольку речь идет о возможностях предсказания реакции геолого-гео-

графической среды на вмешательство человека, в первую очередь интерес должны вызвать свойства ландшафта, свидетельствующие о степени его устойчивости. Авторы полагают, как было показано выше, что в этом случае самым работающим основанием классификации может оказаться энергетическая характеристика природных комплексов, а наиболее результативным способом исследования—метод балансов.

Второй, не менее необходимый прием при учете природных ресурсов заключается в картировании территориальных комплексов. «Карта есть начало и конец географического изучения, описания и выделения ландшафтов. Без карты географический ландшафт как бы висит в воздухе» (Берг, 1936, с.18). Л.С.Берг пишет: «Охарактеризовать или выделить какой-либо географический ландшафт можно лишь тогда, когда мы установим границы, отделяющие один ландшафт от другого. Поэтому ... география есть наука о том, чем и как заполнено пространство внутри естественных границ любого реального земного многообразия ..., а таковым и является ландшафт» (там же, с.17).

Итак, ближайшая актуальная задача изучения природных ресурсов состоит в нахождении границ естественных территориальных комплексов. Необходимо знать границы территориальных комплексов всех иерархических уровней.

Опыт показывает, что нахождение границ природных комплексов низких таксономических рангов не вызывает затруднений. Однако чем выше иерархический уровень природного комплекса, тем с меньшими обоснованиями устанавливаются его границы. Прежде чем провести границу между крупными территориальными комплексами, охватывающими необозримые пространства, необходимо изучить структуру этих комплексов. Под структурой подразумевается совокупность отношений и связей между элементами изучаемого объекта. Говоря о геологических телах, имея в виду их структуру, Ю.А.Косыгин считает, что «...под отношениями можно понимать пространственное положение их элементов, а под связями—те силы, которые удерживают элементы в пределах системы и обеспечивают, таким образом, ее существование как органичной целостности» (Косыгин, 1974, с.72).

Авторы склонны аналогично относиться и к структуре природно-территориального комплекса как системы. В таком случае географ при определении границ комплекса стоял перед трудной задачей изучения отношений и связей его элементов, не зная даже, сколько элементов, какие они и какова их повторяемость в анализируемом территориальном комплексе.

Еще труднее в таких обстоятельствах выяснить иерархическое строение системы. Не видя всю систему в целом, «идя снизу», приходилось интуитивно угадывать набор главных признаков для выделения систем соподчиненных таксономических рангов. Однако «Методически правильнее строже начинать районирование сверху... Только идя сверху, можно построить ... стройную соразмерную систему таксономических единиц, основанную на принципе: от ведущих факторов к ведомым, от главных к второстепенным, и установить сопоставимые ранги для удаленных ландшафтов» (Арманд, 1975, с.168).

В последнее десятилетие, когда в руках естествоиспытателя оказались материалы дистанционного изучения Земли, положение коренным образом изменилось. В сущности, природно-территориальные комплексы в своей сумме составляют лик Земли, который можно наблюдать и фотографировать из космоса. Материалы аэрофотосъемки, фотографии с пилотируемых кораблей и орбитальных станций, а также телевизионные снимки, полученные с метеорологических спутников Земли, являются непосредственным изображением природно-территориальных комплексов разных иерархических уровней. Чем мельче масштаб космической съемки, тем более высокий ранг природных систем отображается на снимках.

Из синтеза отображения одного и того же природного комплекса на разного рода космических снимках создается определенный фотооблик этого комплекса, по восприятию аналогичный художественному образу, т.е. с таким набором существенных признаков, который принадлежит этому и только этому природному комплексу. При системном подходе, как нам представляется, фотооблик природного комплекса может служить индикатором дешифрирования структуры и динамического его состояния. Напомним, что при ландшафтном методе дешифрирования индикатором структуры ландшафта служит один из видимых на аэрофотоснимке компонентов (растительность, почвы, гидросеть и др.). При увеличивающейся от масштаба к масштабу генерализации на космическом снимке мы видим не отдельные компоненты, а слияние их в один целостный облик. Поэтому смысловым содержанием понятия «индикатор» здесь выступает не один компонент как часть целого, а характер отображения в целом на космическом снимке, обусловленный внутренней структурой ландшафта. В связи с таким пониманием фотооблика природного комплекса геоморфологическое дешифрирование можно, вероятно, считать прямым индикационным, а в случае рассмотрения его как вспомогательного при геолого-тектонических работах—косвенным.

Ценным качеством космических снимков является то, что на них генерализация признаков территориальных комплексов при переходе с более крупных масштабов на все более мелкие происходит независимо от воли исследователя. На более мелкомасштабных снимках получается объективное изображение существующих ландшафтов, генерализованных соответственно масштабу снимка. Например, среди мелкомасштабных снимков телевизионный космический снимок по рангу генерализации занимает третье место после глобальных и региональных (Космическая фотосъемка ..., 1975). Остается только «разглядеть» законы генерализации и это значительно проще, а главное, при современном состоянии наук о Земле, ценнее, чем выводить их при картировании с переходом на все более мелкие масштабы «без подглядывания у природы».

Преимущество ландшафтного метода дешифрирования географы поняли давно. Оно заключается в том, что ландшафтный метод «основывается на изучении целостных относительно замкнутых геосистем (природных территориальных комплексов). Последние непосредственно связаны как между собой, так и с подстилающим их геологическим основанием. Поэтому каждая геосистема в аэросъемочном и в еще большей мере—космическом изображении является прямым признаком дешифрирования в самом глубоком смысле. Подобные признаки дешифрирования выражают наивысшую меру сопряженности между природными индикаторами и индицируемыми объектами, их информативность соответствует наиболее высокому доверительному интервалу» (Мирошниченко, 1978, с.211).

Таким образом, изложенные выше соображения, как нам представляется, могут свидетельствовать о том, что современная геоморфология готова принять участие в изучении природных комплексов с целью оценки природных ресурсов. Первые шаги должны заключаться в создании серии разномасштабных карт рельефа природно-территориальных комплексов. Геолого-географические системы отдельных иерархических уровней требуют изображения в соответствующем, только им необходимом, масштабе. Поэтому решение задачи инвентаризации природных ресурсов следует основывать на тесном соприкосновении изучения природных комплексов как систем и дешифрирования разномасштабных аэро- и космических снимков.

При картировании рельефа систем (природных комплексов) двух самых низких иерархических уровней может использоваться опыт составления карт генетически однородных поверхностей рельефа. Кроме того, как показано выше, при разработке

классификаций рельефа систем первых двух уровней можно опереться на учение о динамических фазах рельефо- и осадкообразования и на представление о балансе рыхлого материала.

На картах рельефа двух самых низких иерархических уровней будет изображено взаимодействие и взаиморасположение геоморфологических комплексов, относящихся не только к единой динамической фазе рельефо- и осадкообразования, но также характеризующихся одинаковой степенью выраженности этой фазы (одинаковой интенсивностью проявления динамической фазы).

Динамический подход окажется гораздо более непривычным при картировании рельефа систем вышестоящих иерархических уровней, облик которых зависит от балансовых характеристик вещества и энергии внутрикорового и экзогенного происхождения. Однако пока не найдены надежные и доступные непосредственному наблюдению признаки рельефо- и осадкообразования, по которым можно судить о балансовых характеристиках этого типа, предлагаемый подход не сможет сыграть своей эффективной роли. Тем не менее, авторам еще не довелось познакомиться с геоморфологическими исследованиями соответствующих масштабов и обобщений, опыт которых мог бы использоваться при выборе таких признаков.

Рельеф систем более высоких уровней будет выглядеть как геоморфологические комплексы, состоящие из рельефа многих систем более низких иерархических уровней. Можно предположить, что установлению балансовых характеристик и суждению о процессах, происходящих внутри объемов систем, поможет сопоставление поверхностных процессов и особенностей рельефа с геофизическими полями, с данными геологического строения объемов, занятых системами, а также установление исторических корней систем.

Необходимость многоуровневого картирования рельефа требует единого принципа выделения объектов на основании динамического и энергетического показателей состояния новейших геолого-географических структур. Впервые возникает возможность сравнения динамических характеристик земной коры новейшего этапа на различных далеко удаленных друг от друга территориях.

Геоморфологический вклад в изучение природных ресурсов, основанный на применении системного подхода с использованием материалов дистанционной съемки, выразится не только в реализации вышеописанных возможностей. Необходимость выявлять роль геологического субстрата в жизнедеятельности

рельефа заставит с особой тщательностью подходить к изучению геологического строения и тектонической структуры объемов, составляющих природно-территориальные комплексы. Все подтвержденные, уточненные и вновь открытые особенности послужат изучению закономерностей размещения полезных ископаемых. В этом аспекте системные исследования рельефа следует рассматривать как дополнение к геологическому и тектоническому анализам.

Изучение рельефа, как части природно-территориального комплекса, может оказать большую помощь в определении закономерностей размещения гипергенных полезных ископаемых. Это связано с тем, что в предлагаемом освещении геоморфологического анализа особое место уделяется исследованию экзогенных процессов, являющихся главными факторами разрушения, переноса и отложения коренных пород. Изучение этих факторов раскрывает особенности высвобождения, переноса и сосредоточения полезных компонентов в конкретных месторождениях.

ЛИТЕРАТУРА

Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. М., Мысль, 1975.

Берг Л.С. Физико-географические зоны СССР. Ч.1. Л., Изд-во Ленинград. ун-та, 1936.

Герасимов И.П. Современные рельефообразующие экзогенные процессы. Уровень научного познания, новые задачи и методы исследования.—В кн.: Современные экзогенные процессы рельефообразования. М., Наука, 1970.

Григорьев А.А. Современное состояние теории географической зональности.—В кн.: Советская география. Итоги и задачи. М., Географгиз, 1960.

Григорьев А.А., Будыко М.И. О периодическом законе географической зональности.—Докл. АН СССР, 1956, т.110, № 1.

Карташев И.П. Основные закономерности географической деятельности рек горных стран (на примере Северо-Востока СССР). М., Наука, 1972.

Кашменская О.В. Поверхности выравнивания как часть горной геоморфологической системы.—В кн.: Проблемы экзогенного рельефообразования, Кн.11, М., Наука, 1976.

Космическая фотосъемка и геологические исследования. Л., Недра, 1975.

Косыгин Ю.А. Основы тектоники. М., Недра, 1974.

Ламакин В.В. Динамические фазы речных долин и аллювиальных отложений.—Землеведение. 1948, т.2.

Марков К.К. Основные проблемы геоморфологии. М., Географиздат, 1948.

Мирошниченко В.П. Природные индикаторы и развитие аэрометодов.—Изв. Всесоюз. географ. о-ва СССР, 1978, т.110, вып.3.

Преображенский В.С. Беседы о современной физической географии.—М., Наука, 1972.

Солнцев Н.А. Основные проблемы советского ландшафтоведения.— Изв. Всесоюз. географ. о-ва СССР, 1962, т.93, № 1.

Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск, Наука, 1978.

Титов Э.Э. Строение и развитие склонов гор Северо-Востока СССР.— Автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. геогр. наук, М., 1971.

Флоренсов Н.А. О некоторых общих понятиях в геоморфологии.—Геол. и геофиз., 1964, № 10.

Флоренсов Н.А. Геоморфологические формации.—В кн.: Проблемы эндогенного рельефообразования. М., Наука, 1976.

Хворостова З.М. Основные аспекты проблемы педимента.—В кн.: Поверхности выравнивания гор Сибири. Новосибирск, Наука, 1971.

Хворостова З.М. О системном подходе к изучению геоморфологических формаций.—В кн.: Проблемы геоморфологии и четвертичной геологии Северной Азии. Новосибирск, Наука, 1976 а.

Хворостова З.М. Склоновые процессы и механизм образования поверхностей выравнивания.—В кн.: Проблемы экзогенного рельефообразования. Кн. II. М., Наука, 1976 б.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ И ЗОН ТАЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО АЛТАЯ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Данные о распределении снеготазпасов в горах—это исходная информация для гидрологического расчетов и прогнозов стока горных рек. Вследствие труднодоступности горных территорий измерения снежного покрова, как правило, проводятся только по дну речных долин, более или менее доступных для наблюдений. Наиболее же высокогорные части речных бассейнов, где накапливаются основные запасы снега, этими съемками не освещаются.

В данной статье на примере рек Алтае-Саянской горной системы рассматриваются возможные пути использования спутниковой информации для расчета и прогноза стока горных рек в весенне-летний период.

Исходным материалом послужили телевизионные снимки (ТВ-снимки) территории Алтае-Саянской горной системы, полученные с советских метеорологических спутников «Метеор» и американских «Эсса» и «Ноаа» за 1969-1978 гг. Были также использованы данные многозональных снимков с 25 и 28 ИСЗ «Метеор» в зонах 0,5-0,6 и 0,8-1,0 мкм за 1977-1978 гг.

По ТВ-снимкам определялась степень заснеженности территории и высота снеговой линии в бассейнах рек Верх.Обь, Катунь, Бия, Верх.Енисей; многозональные снимки были использованы для определения тающего снега.

Дешифрирование снежного покрова проводилось визуально, в зависимости от тона и текстуры ТВ-снимков (Калинин и др., 1977). ТВ-снимки сопоставлялись с физико-географической картой и картой растительности рассматриваемой территории соответствующего масштаба. При работе учитывалось, что в горных районах граница снежного покрова с большой детальностью повторяет гипсографию бассейна и соответствует рисунку гидросети.

Поскольку использовались ТВ-снимки с различных метеорологических спутников, проводилось сопоставление данных параллельных наблюдений с советских и американских спутников за ряд лет (1974-1977 гг.). Расчеты показали, что величина расхождения при определении степени заснеженности бассейнов не превышает 0,5%.

Полученные по ТВ-снимкам данные о высоте снеговой линии сопоставлялись с расчетными и с результатами авиационных снегомерных работ в горных районах Алтая. Удовлетворительные результаты дает также сравнение данных о высоте снеговой линии в бассейне р.Катунь, определенных по ТВЦ-снимкам, и по расчету о температуре воздуха и стоке за период снеготаяния (Харшан, 1970).

Исследования показали, что высота снеговой линии, рассчитанная по ТВ-снимку, как правило, выше фактической в среднем на 250-300 м. Величина ошибки зависит от времени съемки и характера растительности, покрывающей бассейн. Так, при дешифрировании снежного покрова в западных и особенно северных районах Алтая, покрытых лесной растительностью, ошибки были больше, чем при дешифрировании в безлесных юго-западных районах. Наибольшие ошибки в определении высоты снеговой линии (350-400 м) имеют место для высот от 800 до 1800 м, т.е. в горных районах покрытых лесом, а наименьшие (до 100 м и менее) — при достижении таких высот, на которых кончается лес порядка 1800-2000 м.

Степень заснеженности бассейна является важной характеристикой при расчетах стока горных рек. Есть основание полагать, что для горных районов существует зависимость между величиной снеготаяния и степенью заснеженности территории на определенный момент времени. Наличие связи этих характеристик отмечается, в частности, В.Н.Паршиным (1956). Как показали расчеты, чем больше величина максимальных снеготаяний в начальный период снеготаяния, тем больше степень заснеженности территории и ниже располагается снеговая линия. Так, в 1969 г., когда сумма зимних осадков превышала норму в полтора раза, снеговая линия в конце апреля находилась на отметке 1700 м в бассейне р.Катуни. После малоснежной зимы 1973-1974 гг. (зимние осадки составляли 74% от нормы) снеговая линия в это время находилась на высоте 2400 м.

Таким образом, степень покрытости бассейна снегом в горных районах может служить количественным показателем аккумулярованных вне запасов воды, которые могут поступить в речную сеть в период половодья.

Основными факторами, определяющими динамику схода снежного покрова являются максимальные снеготаяния и сумма накопившихся положительных температур воздуха от начала таяния до даты получения ТВ-снимка. Нами были построены графики изменения размера заснеженной площади от указанных

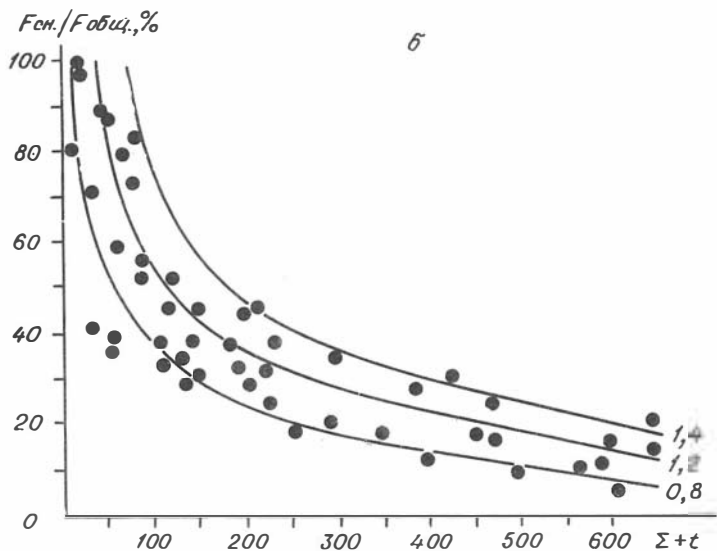
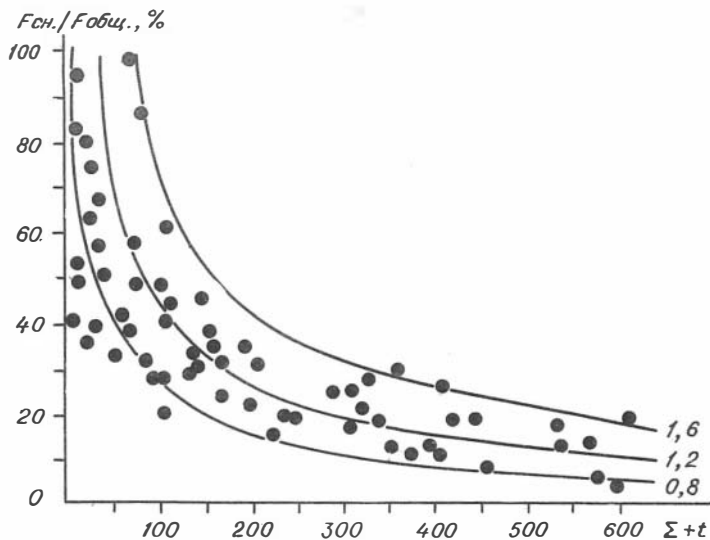


Рис.1. Изменение размера заснеженной площади басс. верх.Оби и верх.Енисея от суммы накопившихся положительных температур воздуха ($\Sigma + t$) от начала таяния до получения ТВ-снимка и от величины максимальных снегозапасов (S). Цифрами—снегозапасы в модульных коэффициентах

факторов для бассейнов рек Бия, Катунь, Верх.Обь, Верх.Енисей (Рис.1). Эти зависимости представляют собой семейство кривых типа экспонент. В таком расположении точек на графике отражаются условия схода сезонных снегозапасов. Точки, обозначающие годы с большими снегозапасами (1969, 1973, 1975) располагаются в верхней части графика, а точки, обозначающие малоснежные годы—в нижней части (1971, 1974, 1976 гг.). С учетом модульных коэффициентов снегозапасов на графиках было проведено несколько линий, соответствующих различным значениям снегонакопления в горах. Отклонения отдельных точек от указанных кривых обусловлены большими снегопадами в это время.

Данные о распределении снегозапасов в горах—ценная информация расчетного и прогностического характера. Можно предположить, что при прочих равных условиях между вертикальным градиентом снегозапасов и скоростью подъема сезонной снеговой линии должна существовать обратная связь. Но в этом случае нам необходимо учитывать интенсивность таяния, так как само по себе стационарное положение снеговой линии или ее незначительный подъем еще не могут свидетельствовать о резком возрастании снегозапасов. По этой причине скорость подъема высоты снеговой линии подсчитывалась нами на 1° положительной среднесуточной температуры воздуха, как показателя интенсивности снеготаяния.

Расчеты показали, что величина подъема снеговой линии на 1° положительной температуры воздуха различна для отдельных высотных зон и зависит от водности года. Так, при нахождении снеговой линии на высотах от 1000 до 2200 м величина подъема ее колеблется от 30-40 до 2-3 м/град.сут. в многоводные годы и от 45-60 до 5-6 м/град.сут. для маловодных лет. При достижении высот порядка 2200-2800 м скорость подъема снеговой линии изменяется в небольших пределах и составляет 0,5-4,0 м/град.сут., что свидетельствует о возрастании снегозапасов на этих высотах. Наряду с общей закономерностью возрастания атмосферных осадков с высотой, увеличению снегозапасов в этой зоне по-видимому значительно способствует и перераспределение снежного покрова, осуществляемое в виде широко распространенных в высокогорной зоне Алтая снежных лавин, а также за счет метелевого переноса снега из гольцового пояса в верхнюю зону леса. Значительные масштабы перераспределения снежного покрова под действием ветра подтверждается, в частности, материалами последних исследований в бассейне одного из притоков Катуни—р.Коксы (Чубенко,

1974). Все эти особенности и служат видимо причиной того, что основная волна половодья и максимальные расходы воды в Катуні наблюдаются как раз в период нахождения снеговой линии на высотах 2250-2800 м.

Была сделана попытка сопоставить данные об объемах стока в бассейне р.Катуни с данными о температуре воздуха и площадях тающего снега. Площадь одновременного снеготаяния зависит от положения верхней и нижней границ таяния. За нижнюю границу таяния мы принимали высоту снеговой линии, определенную по ТВ-снимку. Верхняя граница таяния рассчитывалась по положению нулевой изотермы. Таким образом нами были определены площади тающего снега в период половодья за 1969-1978 гг. Кроме этого для определения площадей таяния использованы многозональные снимки с 25 и 28 ИСЗ «Метеор» в зонах 0,5-0,6 и 0,8-1,0 мкм за 1977-1978 гг.

Сравнение площадей одновременного снеготаяния, полученных двумя способами, дало возможность построить зависимость объема стока в бассейне р.Катуни от площади тающего снега и величины притока тепла на нее для периода половодья 1969-1978 гг. Приток тепла подсчитывался как сумма накопившихся положительных средних суточных температур воздуха за период таяния на средней высоте. Коэффициент корреляции полученной зависимости равен 0,89. Это говорит о достаточно большой точности определения площадей тающего снега по спутниковой информации.

Расчеты снеготаяния необходимы при анализе формирования талого стока. Отсутствие необходимых наблюдений в горах ограничивает применение методов теплового баланса для расчетов снеготаяния. В связи с этим большое распространение в практике получили расчеты интенсивности снеготаяния, основанные на использовании температуры воздуха как показателя теплоприхода. Наличие спутниковой информации позволило определить величину коэффициента таяния для горных районов Алтая. Для бассейна р.Катуни средняя величина этого коэффициента составляет 3,4 мм/град.сут. Заметим, что для горных районов Средней Азии указанный коэффициент изменяется от 4,7 до 6,8 мм/град.сут. в зависимости от экспозиции склонов (Попов, 1979).

Для более рационального использования водных ресурсов большой интерес представляют прогнозы стока, составленные в период снеготаяния на оставшуюся часть половодья. Величина этого стока определяется в основном оставшимися в бассейне снегозапасами. В нашем случае степень покрытия бас-

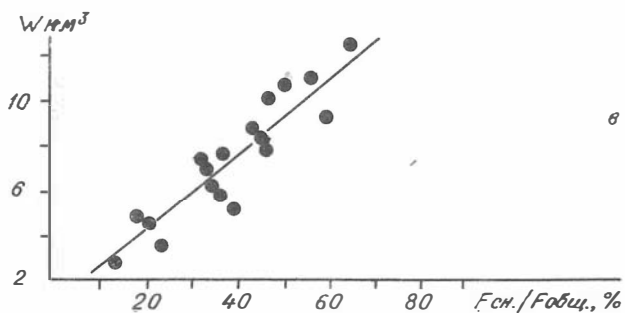
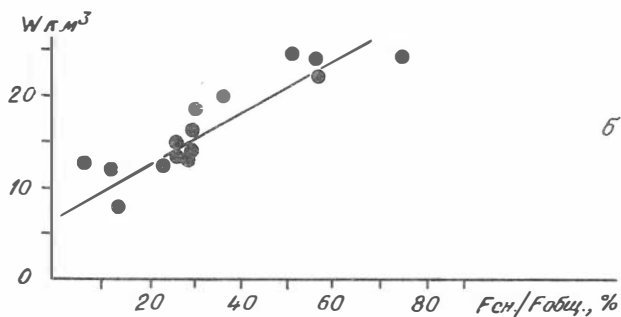
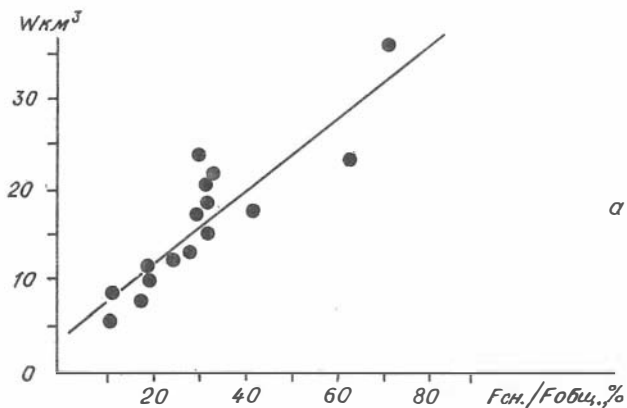


Рис.2. Зависимость объема стока за оставшийся период половодья Оби у Барнаула, Катуня у Сростков, Енисея у Никитино от размера заснеженной площади. Объем стока за май-июнь (1) и за июль (2).

Показатели качества зависимости объема стока на оставшийся период половодья от степени заснеженности территории

Река, пункт замера	Отношение	Коэффициент корреляции
Обь - Барнаул	0,45	0,89
Катунь - Сростки	0,56	0,85
Енисей-Никитино	0,41	0,94

сейна снегом, рассчитанная по спутниковым данным, вполне характеризует оставшиеся снеготопы. Нами были получены зависимости объема стока половодья для рек Катунь, Бия, Верх.Обь и Верх.Енисей от размера заснеженной площади на оставшиеся 6-8 недель (см. рис.2 и таблицу).

По критериям, принятым в практике гидрологических прогнозов, зависимости, принятые в таблице, являются хорошими.

В заключение отметим, что использование спутниковой информации, особенно многозональной, значительно облегчает анализ условий формирования стока горных рек и прогноз половодья.

ЛИТЕРАТУРА

Калинин Г.П., Курилова Ю.В., Колосов П.А. Космические методы в гидрологии, Л., Гидрометеиздат, 1977.

Паршин В.Н. Использование снегомерных съемок в горах в целях прогноза стока горных рек.—Метеорология и гидрология, 1956, № 5.

Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. Л., Гидрометеиздат, 1979.

Харшан А.А. Долгосрочные прогнозы стока горных рек Сибири. Л., Гидрометеиздат, 1970.

Чубенко А.Г. Исследование снежного покрова в бассейне р.Коксы (Горный Алтай)—Горноалтайск, 1974, вып.13.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ ЛЕСОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Открытие крупных месторождений в Тюменской области дало начало интенсивному развитию экономики северных районов Западной Сибири. Особенно активно в настоящее время осваивается территория в северной части Обь-Иртышского междуречья (рис.1) с пуском дороги Тюмень-Сургут ставшая одной из основных лесосырьевых баз Западной Сибири.

Освоение природных ресурсов Обь-Иртышья увеличило во много раз значение антропогенных факторов в природных процессах, воздействию которых подвержены прежде всего леса. Таким образом, эксплуатация лесных ресурсов, с одной стороны, и антропогенное воздействие на лес—с другой—вызвали значительные изменения в структуре лесного покрова, последствия которых без соответствующих научных исследований предсказать невозможно. В связи с этим становится весьма актуальным изучение лесного покрова и его трансформации, совершающейся под совокупным воздействием географических и антропогенных факторов.

Следует отметить, что леса северной части Обь-Иртышского междуречья изучены крайне слабо, что не позволяет в настоящее время оценить лесные ресурсы и определить тенденцию их изменения. Известные методы исследований не могут дать необходимых данных для решения задач научного лесопользования. Нужны принципиально иные методы исследований, позволяющие получить достаточную информацию о лесах такого обширного региона, как северная часть Обь-Иртышского междуречья в наиболее короткое время.

В изучении структуры и динамики лесов весьма перспективно использование космических снимков в сочетании с аэроснимками. Аэроснимки при изучении и инвентаризации лесов применяются издавна. (Самойлович, 1953; Колосова, Райзер, 1953; Сухих и др., 1977, Киреев, 1977 и др.), разработаны методики их использования, эффективность которых общеизвестна. Однако ввиду крупномасштабности снимков и их невысокой информативности эти методики предусматривают использование в основном прямых признаков древостоев и недостаточно или совсем не учитывают пространственных связей между компонентами

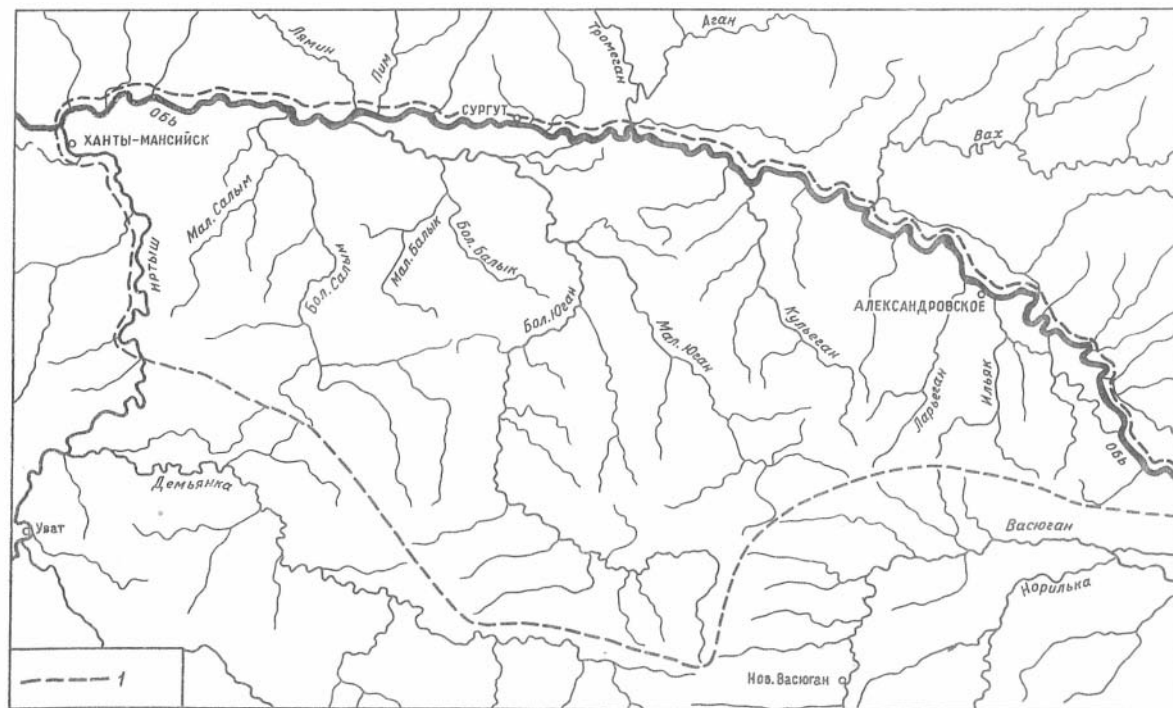


Рис.1. Территория северной части Обь-Иртышского междуречья.
 1 — граница исследуемого района

ландшафтов. С появлением космических снимков (Виноградов, Кондратьев, 1971; Береговой и др., 1972; Виноградов, 1976) как никогда острым стал вопрос об изучении взаимосвязей между всеми компонентами природно-территориальных комплексов.

Поэтому эффективность дешифрирования лесов на аэрокосмических снимках будет зависеть от того, насколько специалист леса будет компетентен в геологии, геоморфологии и ландшафтоведении (Киреев, 1977).

При сравнении космических снимков и тематических карт одних и тех же территорий Западной Сибири было установлено, что общие черты территориального размещения лесов обусловлены в основном особенностями строения рельефа, поэтому при изучении лесов северного Обь-Иртышья усилия были направлены на выявление связей между этими двумя компонентами ландшафтов. Изучение взаимосвязей между рельефом и лесом дает также перспективу разработки индикационных признаков лесорастительных условий так как форма рельефа, является наиболее важным признаком и может рассматриваться как синтетическое выражение суммы природных факторов ... (Колесников, 1956, с.161).

Материалы космической съемки уже на первых этапах их интерпретации позволили существенно изменить многие представления о геолого-геоморфологической основе ландшафтов всей таежной зоны Западной Сибири и о значении этой основы в формировании облика и структуры ландшафтов в целом. Прежде всего обнаружилась значительно более тесная связь между общими закономерностями геологического строения и ее рельефом, с одной стороны, и лесным покровом, с другой.

На этих снимках получили отражение многие важные особенности строения рельефа, одной из характерных черт которого является ярусное строение. Данному вопросу уделяли внимание многие исследователи (Заррина и др., 1961; Сваричевская, 1961; Тарноградский, 1963; Городецкая, 1964; Черняева (Городецкая), 1966; Кузин, Чочина, 1965; Волков, Волкова, 1965; Волков и др., 1969). Однако специального изучения (с использованием космических снимков) ступеней рельефа и их связи с лесной растительностью не проводилось. Настоящая работа является первой попыткой такого рода.

Еще одной особенностью рельефа северной части Обь-Иртышского междуречья является его эрозионное расчленение. Характер речной сети зависит прежде всего от того, какую высотную ступень прорезают долины. В пределах междуречья

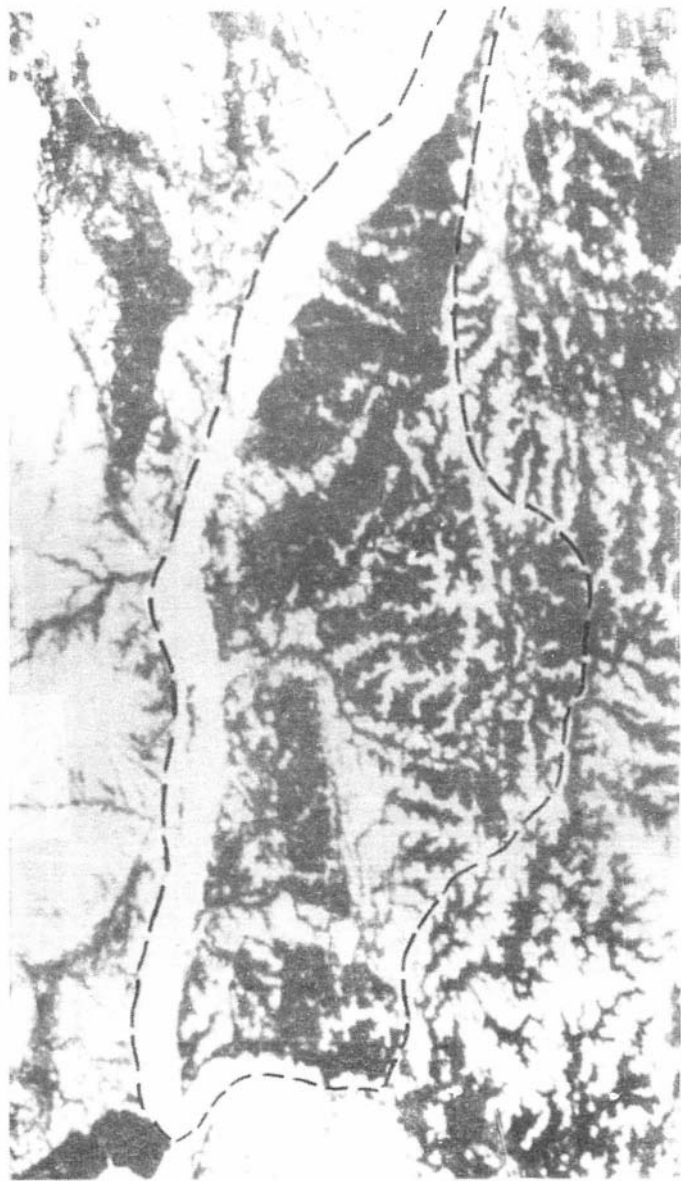


Рис.2. Космический снимок, полученный с метеорологического ИСЗ.
! — граница исследуемого района

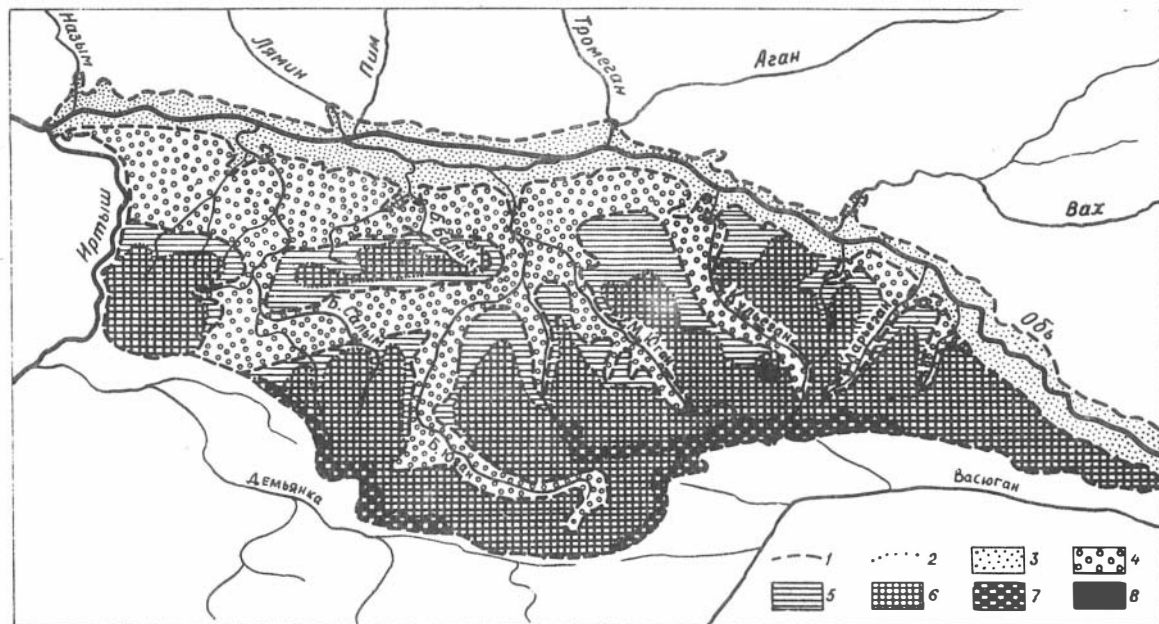


Рис.3. Геоморфологическая картосхема северной части Обь-Иртышского междуречья.

8—наиболее возвышенные участки междуречных пространств; 7—центральные участки основной ступени междуречных пространств; 6—краевые участки основной ступени междуречных пространств; 5—приречные понижения и низкая ступень междуречных пространств; 4—низкая озерно-ингрессионная тер-аса; 3—пойма и первые надпойменные террасы; 1—границы ступеней рельефа; 2—граница основной ступени рельефа. Составил И.А.Волков

в целом наименее интенсивно расчленены верхние части между- речных пространств, а также дно долины Оби и Иртыша. Вся остальная территория прорезана сетью мелких и средних долин различной густоты и глубины. Все это влияет на общее строение рельефа и пространственную структуру лесного покрова, а в связи с этим—на рисунок и тон изображения на космических снимках. При этом степень и характер расчленения рельефа является основным фактором размещения лесов и залесенности территорий.

Совместный анализ топографических и тематических карт, интерпретация космических снимков масштаба 1:10 000 000— 1:2 000 000 позволили составить схематическую геоморфоло- гическую карту на которой отражены основные ступени рельефа и основные ассоциации или группы типов рельефа северной части Обь-Иртышского междуречья (рис. 2,3). Наземные же исследования, проведенные в бассейне р.Ларь-Еган и на при- мыкающем к ее устью участке долины р.Обь, дали возможность охарактеризовать состав лесов и их размещение в пределах выделенных геоморфологических поверхностей* (рис.4).

Наиболее низкую ступень рельефа образуют русла, про- токи, поймы и речные первые надпойменные террасы Оби и ее наиболее значительных притоков (см. рис.2,3). Эта поверх- ность объединяет самые молодые формы рельефа. Она представ- ляет собой неглубоко расчлененную позднеледниковую и голо- ценовую равнину, сложенную песчаными и супесчаными осад- ками руслового и пойменного типа. Лесистость ее не превышает 50%, поэтому пойма Оби отображается на космическом снимке в виде светлого, местами почти белого тона. На всем широтном отрезке Оби дно ее долины протягивается полосой шириной 25-30 км и отделено от более древних поверхностей четкими, хотя и невысокими уступами, протягивающимися строго па- раллельно друг другу. Аналогично строение и дна долины Ир- тыша, которое имеет вид светлой ленты шириной 12-15 км. Такое понижение мог образовать только единый поток в ги- гантском речном русле, занимавшем все дно долины предшест- вовавшего пойменного (средне- и позднеголоценового) этапа . Дно долины Оби преимущественно занято травяными ассоциа- циями лугов и низинных болот, не встречающихся более на других возрастных ступенях. Состав лесов и их размещение также специфичны для этой поверхности. В отличие от других ступеней рельефа здесь широко представлены осоковые и

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

ивовые лесные и кустарниковые сообщества и лишь фрагментарно встречаются хвойные и мелколиственные леса. Наиболее характерным для поймы является присутствие тополельников, образуемых *Populus nigra*. Осокорники преимущественно I-II класса бонитета, приурочены к редкозаливаемым участкам, расположенным в пределах высокой поймы на гипсометрических отметках 42-43 м.

Значительно больше чем тополевики в пойме Оби распространены ивняки, которые представлены смешанными насаждениями трех видов ив: *Salix alba*, *S. rossica*, *S. triandra*. Среди ивняков наиболее часто встречаются два типа насаждений: ветлянки, образуемые ивой белой и ивой русской, и тальники, образуемые ивой русской и трехтычиночной. Первый тип насаждений располагается на склонах грив, а также на мелких гривах и плоских повышенных участках изначально с более легким механическим составом осадков. Второй тип, напротив, распространен по межгривным понижениям на отложениях более тяжелого механического состава.

Отличительные особенности растительности и, в частности, лесного покрова, обусловлено гидрологической ролью Оби. В течение длительного исторического периода ее влияние распространяется на все пространство днища долины, что и определило состав растительного покрова и его пространственную структуру. Леса занимают наиболее молодую, расчлененную часть территории поймы и менее всего они представлены на выположенной поверхности древней поймы.

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. Она не везде достаточно ясно отграничивается от междуречных пространств, однако по характеру структуры изображения четко прослеживаются уступы ее тыловых швов (см. рис.3). В виде постепенно сужающихся «заливов» терраса входит в приустьевые участки местных долин и продолжается вглубь междуречий в виде речной первой надпойменной террасы. Терраса имеет монотонный состав осадков. Преобладают неслоистые и горизонтальные суглинки, часто со слабым ожелезнением по плоскостям напластования. Ясных следов деятельности русел нет, много озер, имеющих неправильные очертания и заболоченные берега. Сочетающаяся с озерной террасой первая надпойменная терраса местных долин повсюду ограничена эрозионными уступами, а ее площадка занимает фактически все дно этих

долин. Она сложена преимущественно песчаными и супесчаными русловыми и суглинистыми пойменными осадками. Слабо расчлененная озерными котловинами и долинами рек озерная терраса, включая ингрессионные заливы, объединяет типы рельефа, которые обуславливают своеобразный характер пространственной структуры растительного покрова.

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 неправильной формы, что в сочетании с болотными массивами создает полосчатость структуры озерной террасы на космических снимках. Все выпуклые повышенные формы рельефа отмеченных поверхностей покрыты, преимущественно IV класса бонитета, зеленомошниковыми кедровниками и их производными березовыми и осиновыми лесами. Березняки и осинники возникли на месте разрушенных огнем темнохвойных лесов, и их следует относить к возрастным этапам послепожарного развития кедровых лесов (Седых, Смолоногов, 1975). Об этом свидетельствует повсеместное наличие углей в верхних горизонтах почвы и присутствие хорошо развитого подроста и второго яруса из темнохвойных пород. Березняки чаще всего приурочены к участкам, сложенным тяжелыми суглинистыми осадками, а осинники—преимущественно к приречным, хорошо дренированным местообитаниям с более легкими отложениями.

Плоские повышенные слабодренированные участки заняты в основном гидроморфными разновозрастными древостоями кедра V-Va классов бонитета или смешанными кедрово-сосновыми Va-Vб классов бонитета с примесью лиственных пород. В депрессиях, а также на присклоновых периферических участках повышенных форм рельефа на торфяных залежах располагаются, как правило, низкопродуктивные Va-Vб классов бонитета сосняки сфагновой группы. Они также распространены на краевых участках террасы, являющихся переходными зонами к другим геоморфологическим поверхностям. Первая надпойменная терраса местных рек, соприкасающаяся с озерной, занята преимущественно высокополнотными сосняками IV класса бонитета лишайниковой и зеленомошниковой групп.

Пространственная особенность размещения лесов и распространение на озерной террасе преимущественно болотных массивов обусловлено слабым общим наклоном и слабой расчлененностью поверхности. Этим же определено повсеместное

распространение только тяжелых и средних осадков и приуроченность к ним кедровых лесов и их производных.

Следующие три высотные ступени в совокупности образуют междуречные пространства (см. рис.2,3). Внешняя, сниженная часть междуречий крупных рек обособливается в виде самостоятельной ступени рельефа высотой 65-75 м. Эта ступень имеет различную ширину и не везде четко прослеживается. От более возвышенной части междуречных пространств она отграничена пологим не всегда четко выраженным уступом, основание которого располагается на отметках, близких к 70-75 м. На зимних космических снимках эта ступень не отражена, но на топографических картах она прослеживается достаточно четко.

Основная часть междуречья, имеющая преобладающие отметки 80-90 м, также может рассматриваться как самостоятельная высотная ступень рельефа (см. рис.2). С ней связаны верховья местных речных систем и центральные участки, покрытые верховыми водораздельными болотами.

Поверхности этих ступеней имеют сложное эрозионное расчленение и именно здесь выделяется третья ассоциация типов рельефа (см. рис.3). Обе ступени насыщены густой гидросетью, хорошо дренированы и покрыты лесами.

На космическом снимке они отображаются темным тоном, светлые пятна—водораздельные болота. Лесом покрыто не менее 80% территории, остальную часть занимают болота, которые располагаются на центральных участках междуречных пространств и заполняют дно долин отмершей гидросети. Общий уклон поверхности и ее изрезанность предопределили характер размещения осадков и гидрологический режим различных участков, чем и обусловлен формационный состав лесного покрова и его пространственная структура. Наиболее производительные сосняки, отсутствующие в пойме Оби и на озерной террасе, здесь повсеместно распространены и приурочены в основном к наиболее наклонным и расчлененным участкам. Так, краевые хорошо дренированные участки междуречий, примыкающие к долинам средних и крупных рек, а также склоны долин мелких речек заняты высокосомкнутыми IV и V классов бонитета сосновыми лесами лишайниково-зеленомошниковых групп.

Слабо- и умереннодренированные участки междуречий, имеющие полого-волнистый рельеф, преимущественно заняты кедровыми лесами IV класса бонитета и их производными—березняками и осинниками. Вогнутые и плоские формы рельефа которые широко распространены на междуречной территории,

обычно заняты сосновыми и сосново-кедровыми низкопродуктивными лесами и верховыми болотами. На поверхности последних двух ступеней рельефа можно выделить еще одну ассоциацию типов рельефа (см. Рис.3), характеризующую умеренным эрозийным расчленением. Первичная поверхность сартанской озерной равнины здесь расчленена эрозийными формами далеко не повсеместно. Соседние долины отделены друг от друга пятнами и полосами плоской заболоченной междуречной равнины. Приречные поверхности, изображенные на космическом снимке в виде листовидных форм темного тона, заняты темнохвойными лесами с преобладанием кедра и их производными лиственничными.

Наконец, последней ступенью рельефа являются наиболее возвышенные участки междуречий, поверхность которых расположена на отметках, близких к 100 и более. В пределах этой и предыдущей ступеней рельефа распространены наиболее плоские или слабо расчлененные формы рельефа, образующие пятую ассоциацию типов рельефа в северной части Обь-Иртышского междуречья. Она хорошо отображается на космическом снимке в виде вытянутых светлых пятен неправильной формы. Здесь распространены наиболее значительные массивы верховых болот. Леса приурочены только к слабо возвышенным участкам редко встречающимся среди болотных массивов, или же к приречным поверхностям верховий местных рек. На них обычно распространены темнохвойные насаждения и их производные. На торфяных залежах чаще всего встречаются рямо-вые сосняки Vб класса бонитета.

Таким образом, рассмотрев характер размещения лесов в северной части Обь-Иртышского междуречья, следует заключить, что наиболее распространены здесь кедровые леса и их производные лиственничные, которые располагаются на слабо и умеренно дренированных поверхностях озерно-ингрессионной террасы и междуречных пространств. Присутствие этих лесов связано с наличием повсеместного покрова суглинков сартанского и позднеледникового возраста. Наиболее продуктивные из них — зеленомошниковые березовые, осиновые и кедровые леса приурочены, как правило, к повышенным формам рельефа, а менее продуктивные сфагновые насаждения преимущественно занимают плохо дренируемые плоские и вогнутые формы рельефа, расположенные среди бугров, на участках, которые лишены мощной торфяной залежи. Сосновые леса имеют меньшее распространение в указанном районе, чем кедровые. Наиболее продуктивные из них зеленомошниковые сосняки располагаются

только на хорошо дренированных участках поймы и первой надпойменной террасы местных рек и глубоко расчлененных поверхностях междуречий. Малопродуктивные сосняки сфагновых типов занимают только плоские и вогнутые слабо дренированные участки всех возрастных ступеней рельефа, преимущественно с наличием торфяных отложений, за исключением поймы Оби.

Состав и продуктивность лесов, характер их размещения и степень покрытия ими территории находятся в тесной связи с высотным положением, наклоном и уровнем расчленения геоморфологических поверхностей. Так, наиболее молодая и менее расчлененная возрастная ступень поймы Оби, расположенная в пределах абсолютных отметок 35-45 м, имеет наименьшую лесистость и специфичный формационный состав лесов. В свою очередь, наиболее древние и наиболее расчлененные возрастные ступени рельефа, расположенные в пределах абсолютных отметок 60-90 м, особенно залесены и также отличаются от остальных ступеней определенным составом лесов и характером их размещения.

Лесистость и характер размещения лесов в сочетании с другими растительными формациями определяют изобразительные свойства геоморфологических поверхностей, которые распознаются на космических снимках масштаба более 1:10 000 000.

Таксационные показатели лесов, исключая определение лесистости, на космических снимках не дешифрируются. Эти снимки при наличии сведений о взаимосвязях между лесом и рельефом, полученных на ограниченных по площади ключевых участках, могут быть использованы для качественной оценки лесного покрова. В частности, исследование лесов, проведенное нами на геоморфологической основе с помощью космических снимков, позволило при небольшом объеме наземных работ выявить основные черты пространственной структуры лесного покрова такого обширного региона, как северное Обь-Иртышье.

ЛИТЕРАТУРА

Астахов В.И., Еременко В.Я. Новейший структурный план и рельеф Западно-Сибирской равнины по данным телевизионного космического снимка.—В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геофизика. Т.V, М., 1976.

Береговой Г.Г., Виноградов Б.В., Чочин Г.Б. Фотографирование Земли из космоса.—В кн.: Исследования природной среды с пилотируемых орбитальных станций. Л., Гидрометеиздат, 1972.

Волков И.А., Волкова В.С. Фазы обводнения внеледниковой полосы Западно-Сибирской низменности.—В кн.: Основные проблемы изучения четвертичного периода. М., Наука, 1965.

Волков И.А., Волкова В.С., Задкова И.И. Покровные лессовидные отложения и палеогеография юго-запада Западной Сибири в плиоцен-четвертичное время. Новосибирск, Наука, 1969.

Виноградов Б.В. Космические методы изучения природной среды. М., Мысль, 1976.

Виноградов Б.В., Кондратьев К.Я. Космические методы землевладения. Л., Гидрометеозидат, 1971.

Городецкая М.Е. Морфоструктура и возраст рельефа равнин юга Западной Сибири.—Изв. АН СССР. Сер.географ. 1964, № 3.

Заррина Е.П., Каплянская Ф.А., Краснов И.И. и др. Перигляциальная формация Западно-Сибирской низменности.—Труды ВСЕГЕИ, 1961, т.65.

Киреев Д.М. Методы изучения лесов по аэроснимкам. Новосибирск, Наука, 1977.

Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока. М., Наука, 1956.

Колосова А.Е., Райзер П.Я. Использование аэроснимков при таксации леса. М., Гослесбумиздат, 1953.

Кузин И.Л., Чочина Н.Г. Проблема оледенения Западно-Сибирской низменности.—В кн.: Основные проблемы изучения четвертичного периода. М., Наука, 1965.

Самойлович Г.Г. Применение авиации и аэрофотосъемки в лесном хозяйстве. М. Гослесбумиздат, 1953.

Сваричевская З.А. Древний пенеПЛен Казахстана и основные этапы его преобразования. Л. Изд-во Ленинград. ун-та, 1961.

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

Сухих В.И., Гусев Н.Н., Данюлис Е.П. Аэрометоды в лесоустройстве. М. Лесная промышленность, 1977.

Тарноградский В.Д. Основные черты геоморфологического строения юго-западной части Западно-Сибирской низменности.—Труды ВСЕГЕИ. 1963, т.90.

Черняева (Городецкая) М.Е. Морфоструктура и возраст юго-запада Западно-Сибирской равнины (на примере Пришимья). Автореф.дисс. на соискание учен. степени канд. географ. наук. М., 1966.

ВОПРОСЫ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ, НООСФЕРОГЕНЕЗ И МЕДИЦИНА

Несомненно, что процесс освоения человечеством космического пространства не является лишь неким выдающимся эпизодом в развитии науки. Это одно из проявлений тех общих закономерностей в развитии человечества и нашей планеты, о которых писали В.И.Вернадский, К.Э.Циолковский, А.Л.Чижевский и многие другие ученые.

Освоение гигантских территорий Востока нашей страны осуществляется неравномерно, концентрация энергии, механизмов на отдельных небольших участках достигает невиданных размеров. Величина миграционных потоков людей между западом и востоком, севером и югом в нашей стране превышают по величине и скорости самые крупные миграции народов, известные в древней и новой истории. Время в динамике современной жизни настолько «ускоряется» и «сжимается», что В.И.Вернадский (1977) такой научно-технический прогресс называет планетарно-космическим взрывом. Работы по освоению космоса требуют специального анализа не только того, что это дает людям сегодня, но в большей степени, что оно дает людям завтра. Исследования ученых СО АН СССР, СО АМН СССР, ДВНЦ АН СССР и других институтов на востоке страны показали, что принципы отраслевого планирования в освоении территории вступают в противоречия с проблемами регионального развития. Стало очевидно, что сложившиеся антропобиогеоценозы требуют системного комплексного подхода, и любые вмешательства в целях использования отдельных их элементов или их односторонняя эксплуатация чреваты тяжкими, подчас невосполнимыми потерями (Шварц, 1974). Например, потеря плодородных почвенных покровов, сокращение многих видов животного и растительного мира, появление и агрессия занесенных организмов, опасных для человека и вредных для сложившихся биотопов.

Биосферогенезу, превращению биосферы в ноосферу (Вернадский, 1944), ноосферогенезу (Камшилов, 1974) могут препятствовать непредвиденные изменения. Возникают вопросы: как соотносятся ноосферогенез и освоение космического пространства; каковы динамические взаимосвязи ноосферогенеза и ноокосмоса (Казначеев и др., 1974); не отражают ли оба этих глобальных по своим масштабам явления более глубокий и

сложный закономерный процесс-эволюцию планеты под влиянием человечества (Фролов, 1973), человеческого разума как космического (Циолковский, 1954) или планетарного явления (Вернадский, 1977). По нашему мнению, это именно так. Классические представления опирались на эволюцию биологического мира на основании работ Ч.Дарвина и его последователей. Это учение развивается и формулируется как «синтетическая теория эволюции», при этом в процессе эволюции учитывается внешняя сфера в региональном и глобальном объемах. Однако нельзя не вспомнить о том, что еще в 1931 г. В.И.Вернадский выдвинул гипотезу возникновения биосферы на Земле как единого живого «организма» в результате космического воздействия. В работах А.А.Любишева (1971, 1975), Л.С.Берга (1977), Н.И.Вавилова (1967) указывались и другие пути эволюции биосферы, среди которых закономерности, показанные и предсказанные Ч.Дарвином (изменчивость, отбор, наследственность), представляют собой лишь частные проявления более сложных процессов биосферогенеза.

В работах С.С.Шварца (1972), Д.К.Беляева (1970, 1972, 1974) при анализе закономерностей так называемого дестабилизирующего отбора и дометикации животных высказывается мысль о том, не направляется ли человечество, обустроивая и окружая себя комфортом, удобствами, по в некотором роде искусственному пути биологического развития, и не переключается ли сегодня социально организованный процесс антропо-эволюции, несомненно сегодня продолжающийся с явлениями, наблюдаемыми в динамике дometикации животных. Естественно, здесь нет аналогий, а автор данной статьи далек от этой мысли. Но знаем ли мы, например, сегодня о последствиях столь существенного изменения светового режима или урбанизации условий жизни для будущих поколений? Это отнюдь не пессимизм, напротив, это потребность развития новых направлений в современной науке. Одно из таких направлений развивалось А.А.Чижевским (1976), открывшим тесную зависимость многих биологических, психофизиологических и патологических процессов от космических излучений, активности солнца и колебаний электромагнитного поля (ЭМП). Возникла проблема взаимосвязи, единства и противоположностей макро- и микробиокосмоса. До сих пор, к сожалению, за исключением весьма простых гелиоклимато-патологических параллелей эта проблема в медицине не нашла своего развития. В современной магнитобиологии (где имеется много новых интересных данных) исследуются, в основном, воздействия техногенных ЭМП на

биологические процессы. Исследования собственных сверхслабых полевых излучений в биосистемах и взаимосвязь этих излучений с естественной «полевой» экологией изучается все еще недостаточно. В последних исследованиях (Казначеев и др., 1966) мы показали четкую зависимость не только роста и состояния клеточных культур, митотической активности и старения клеток *in vitro*, но и изменение информационной функции сверхслабых световых потоков в ультрафиолетовом диапазоне собственных излучений клеток от различных изменений естественного ЭМП Земли и периодов межпланетных секторов. На основании многочисленных исследований ученых Института клинической и экспериментальной медицины СО АМН СССР показана существенная зависимость процессов свободно-радикального окисления жиров у людей, переезжающих в Заполярье, особенно в периоды резких колебаний ЭМП Земли и выносливости организма от активности систем неферментативных и ферментативных антиоксидантов. Особое состояние адаптации (напряжения) человеческого организма в таких условиях получило название «синдрома полярного напряжения» (Казначеев, 1975).

По-видимому в антропоэволюции космическим факторам принадлежит значительно большая роль, чем принято считать. Речь идет и о проблемах продления продолжительности жизни человека как вида.

Активное формирование будущего человечества (Кузнецов, 1975) можно осуществить только в рамках комплексной научно-технической программы, разработка которой стала необходимой. Остается выяснить, на какой теоретической основе должны базироваться такие программы. По Дж.Берналу (1969, с.213) «Жизнь есть частичная, непрерывная, прогрессирующая, многообразная и взаимодействующая со средой самореализация потенциальных возможностей электронных состояний атомов» Какова же экология, внешняя среда этих «электронных состояний атомов»—тех атомов, которые в их взаимодействии в конечном счете создают жизнь? Вероятно, здесь и смыкаются закономерности эволюции макро- и микрокосмоса, выраженные в замечательном предвидении В.И.Вернадского о био-, ноосфере и ноосферогенезе. Ясно, что техносферогенез есть лишь вынужденное, промежуточное состояние этого процесса, а человеческий гений освобождает новые для Земли формы энергий, которые в естественных условиях существовали и существуют в космическом пространстве, изменяет тепловой климатический режим планеты, что прежде было следствием космических сил и планетарных глобальных процессов (Будыко,

1977), изменяет гидрорежим обширных территорий планеты в целом, состояние ее атмосферы и т.д. Совокупность этих преобразований может быть названа ноосферогенезом. Построение и ноосферы на Земле (ноокосмогенез) невозможно без комплексного освоения космоса. Вот та наиболее общая гипотеза, отражающая уровень нашей отечественной науки.

Медико-биологические и санитарно-гигиенические проблемы, связанные с развитием аэрокосмической информации, многочисленны. Они могут быть разделены на две группы: стратегические и тактические.

К стратегическим следует отнести создание глобального аэрокосмического патрулирования и мониторинга состояния планеты в метеорологическом, экологическом, санитарно-гигиеническом и других аспектах. Заметим, что в отечественной науке незаслуженно мало развиваются проблемы экологии человека—комплексного направления о развитии и механизмах взаимодействия человеческих популяций с окружающей средой, об управлении и совершенствовании здоровья (Шварц, 1974; Максимова и др., 1975; Прохоров, 1975). Это направление отнюдь не заменяет гигиенические исследования и не умаляет гигиену как комплекс наук, так же как задачи последних не могут заменить задачи экологии, более того они, как и многие другие научные направления, входят в комплекс экологических проблем и вне развития этого комплекса могут подвергнуться в дальнейшем излишнему раздроблению и лишиться возможностей достаточно эффективно использовать и обобщать полученную ценную информацию. Вопросы эволюции человечества, продления его активной жизни, совершенствования его биосоциальной природы, обеспечение надежного здоровья и счастья будущих поколений,—вот в конечном счете стратегические задачи ноокосмо- и ноосферогенеза.

Тактические задачи. Прежде всего—это проблемы космической биологии и медицины, это новый путь познания жизни (Парин, 1973; Газенко, 1962) и организация постоянного экологического и санитарно-гигиенического патрулирования. Это особенно важно в процессе проектирования и освоения новых территорий на востоке страны. Санитарно-гигиеническое патрулирование, перечень возможных сигналов, методы их регистрации, обработки, по существу, не разработаны. Постоянный контроль за космическим излучением ЭМП, качеством атмосферы и тропосферы, за состоянием водных бассейнов, растительных покровов, распределением загрязняющих потоков,—все эти данные, обработанные и сопоставленные с состоянием

заболеваемости населения соответствующих регионов, могут быть очень оперативно использованы для внесения необходимых корректив как в гигиеническом плане, так и в оптимизации системы здравоохранения. Накопление такой информации, полученной с помощью аэрокосмических систем, в сочетании с наземными данными открывает новые горизонты в медико-биологической науке. Так, наблюдение за распространением некоторых очагов природно-очаговых инфекций и паразитарных болезней (например, описторхоз в бассейне Оби) и контроль за их ограничением с высокой эффективностью может быть реализован методами аэрокосмической информации (динамики режимов загрязнения и температуры воды), то же самое относится к уточнению некоторых неблагоприятных для населения минеральных провинций, для управления потоками используемых продуктов с компенсирующим содержанием микроэлементов и т.д. Перспективно создание специальных банков аэрокосмических фотоматериалов.

Необходимо объединение усилий институтов СО АН СССР, СО ВАСХНИЛ, СО АМН СССР, медицинских институтов, НИИ Министерств здравоохранения РСФСР и СССР для разработки таких программ и их технической реализации. Возникает необходимость расширения кооперации вычислительных центров (по обработке поступающей аэрокосмической и наземной информации) и создания центров оперативного управления экологической и санитарно-гигиенической динамикой осваиваемых территорий востока страны как единой экологической системой Земли, и кроме того, необходима подготовка специалистов по гигиене и экологии и организации соответствующих спецкурсов в университетах.

Важный вклад в развитие изложенных программ могут внести и ученые Сибирского отделения АМН СССР, где уже разработана программа по адаптации человека, по которой проводятся необходимые теоретические и клинические исследования, направленные на повышение эффективности систем профилактики, диагностики и лечения с учетом климато-географической и производственной специфики осваиваемых территорий. Таковы перспективы развития как фундаментальных, так и прикладных медико-биологических проблем на современном этапе ноосферогенеза. Конечно, руководящая и направляющая роль в их комплексном развитии и реализации должна принадлежать Совету по биосфере АН СССР с организацией в нем специальной медико-биологической (экологической) секции.

В заключение напомним слова В.И.Вернадского (1977)

о том, что с появлением на нашей планете озаренного разумом живого существа планета переходит в новую стадию—биосфера переходит в ноосферу, и, более того, мы выходим за пределы планеты.

ЛИТЕРАТУРА

- Беляев Д.К.** Биологические аспекты domestikации животных.—В кн.: Генетика и селекция новых пород сельскохозяйственных животных. Алма-Ата, 1970.
- Беляев Д.К.** Генетические аспекты domestikации животных.—В кн.: Проблемы domestikации животных и растений. М., 1972.
- Беляев Д.К.** О некоторых вопросах стабилизирующего и дестабилизирующего отбора.—В кн.: История и теория эволюционного учения. Л., 1974.
- Берг А.С.** Труды по теории эволюции (1922-1930). Л., 1977.
- Бернал Дж.** Возникновение жизни. М., 1969.
- Будыко М.И.** Глобальная экология. М., 1977.
- Вавилов Н.И.** Избранные произведения в двух томах. Л., 1967, т.1.
- Вернадский В.И.** Несколько слов о ноосфере. Успехи современной биологии, 1944, т.18, вып.2.
- Вернадский В.И.** Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление. М., 1977.
- Газеико О.Г.** Некоторые проблемы космической биологии.—Вестн. АН СССР, 1962, № 1.
- Казначеев В.П.** Современные проблемы адаптации человека.—В кн.: Адаптация и проблемы общей патологии. Новосибирск, 1974, т.2.
- Казначеев В.П.** Некоторые проблемы хронических заболеваний. Вестн. АМН СССР, 1975, № 10.
- Казначеев В.П., Михайлова Л.П., Шурин С.П.** Информационные взаимодействия в биологических системах, обусловленные электромагнитным излучением оптического диапазона.—В кн.: Прогресс биологической и медицинской кибернетики. М., 1974.
- Казначеев В.П., Михайлова Л.П., Сударев В.Н. и др.** Исследования биологической роли собственных электромагнитных излучений, как фактора адаптивного поведения клеток в условиях широтных перемещений.—В кн.: Тезисы докладов II Всесоюзной конференции по адаптации человека к различным географическим, климатическим и производственным условиям. Новосибирск, 1966, т.1.
- Камшилов М.М.** Эволюция биосферы. М., 1974.
- Кузнецов П.Г.** Искусственный интеллект и разум человеческой популяции.—В кн.: Александров Е.А. Основы теории эвристических решений. Подход к изучению естественного и построению искусственного интеллекта. М., 1975.
- Любичев А.А.** О критериях реальности в таксономии.—В кн.: Информационные вопросы семиотики, лингвистики и автоматизированного перевода. М., 1971, вып.1.
- Любичев А.А.** К классификации эволюционных теорий.—В кн.: Проблемы эволюции. Новосибирск, 1975, т.4.
- Максимова Л.В., Райх Е.А., Саравайская Л.И.** Географические аспекты экологии здоровья человека (обзор основных тенденций развития 1964-

- 1973).—В кн.: Географические аспекты экологии человека. М., 1975
- Парин В.В.** О вероятном ..., о невероятном. (Об успехах в физиологии и космической биологии). М., 1973.
- Прохоров Б.Б.** Система понятий в некоторых дисциплинах, изучающих систему «среда обитания—население—здоровье».—В кн.: Географические аспекты экологии человека. М., 1975.
- Фролов И.Т.** Философия и современная биология. М., 1973.
- Циолковский К.Э.** Реактивные летательные аппараты.—Собр. соч. М., 1954, т.2.
- Чижевский А.Л.** Земное эхо солнечных бурь. М., 1976.
- Шварц С.С.** Доместикация и эволюция (к теории искусственного отбора).—В кн.: Проблемы доместикации животных и растений. М., 1972.
- Шварц С.С.** Проблемы экологии человека.—Вопр. философии, 1974, № 9.

УДК 77.047 (201) + 551/9

О современном состоянии теоретической базы космогеологических исследований. Б. Н. Можаяев. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

В статье рассмотрены основные проблемы космогеологических исследований, связанных с разработкой теоретической и методической базы космогеологии, с составлением космофотогеологических карт, с обработкой изображений и использованием ЭВМ.
Табл.1, библи.21.

УДК 77.047 (201) + 551/9

О состоянии и задачах применения космической информации. В системе Министерства геологии СССР. М. А. Артамонов, Г. В. Махин. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

Рассматриваются основные задачи и возможности изучения геологического строения земной коры в разномасштабных и многозональных аспектах фотоизображений. Проведенные научно-методические разработки и накопленный опыт позволяют констатировать, что материалы космических съемок представляют новое и эффективное средство познания геологического строения земной коры и определения перспективных направлений поисков полезных ископаемых.

УДК 77.047 (201) + 551/9

Особенности тектонической интерпретации космоснимков и пути ее совершенствования. Д. М. Трофимов. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

Предлагается разработка методов автоматизированного распознавания и картирования геологических объектов по космическим снимкам, а также получение по результатам фотометрирования изображений количественных данных по характеру отражательных свойств природных объектов в виде фототоновых аномалий, количественный и качественный анализ с помощью различных методов фильтрации и распознавания образов рисунка фотоизображения рельефа местности.

Библи. 29.

УДК 551.243.8: 550.814 (470.4/5)

Геолого-геоморфологическая информативность космических снимков Земли в связи с проблемой изучения глубинных структур и поисками полезных ископаемых. Л. К. Зятыкова, А. А. Оболенский. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

Зоны глубинных разломов являются важнейшим структурным элементом складчатых сооружений юга Сибири: в общем плане они образуют две гигантские дуги, симметрично обрамляющие южный выступ Сибирской платформы. Установлены разломы и в фундаменте самой Сибирской платформы, которые связаны с активизацией.

Зоны глубинных разломов являются линейными металлогеническими зонами сложного профиля, так как в них оказываются пространственно и структурно совмещенными различные месторождения полезных ископаемых, связанные с разнотипным и разновозрастным магматизмом.

Различные по тектоническому положению, длительности развития, сложности проявления различных форм движений, магматизма и метаморфизма зоны глубинных разломов отчетливо выделяются морфологически на космических снимках, в особенности разломы, претерпевшие тектоно-магматическую активизацию и неотектонические движения. Комплекс этих признаков может достоверно распознаваться на космических снимках и использоваться при поисковых работах.

Табл.1, библ.7

УДК 551.4 (571.1)

Реставрация древней гидрографической сети южных равнин Западной Сибири по материалам аэрокосмической съемки.

В.А. Николаев, Д.А. Синельников. Аэрокосмические исследования природных ресурсов. Новосибирск, 1979.

Кратко рассматриваются две концепции развития речных систем Западно-Сибирской равнины. Приводится описание реставрированных по материалам аэрокосмических съемок древних ложбин стока. Определяются пути реставрации древних озерно-речных систем южных равнин Западной Сибири.

УДК 550.81 + 629.785 + 571.1.51

Геолого-геоморфологическая интерпретация дешифрирования космических снимков с целью изучения проявления новейших тектонических движений. Л.К. Зятькова. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

Использование космической информации для геолого-геоморфологических исследований в различных климатических структурно-геоморфологических условиях дает дополнительные материалы к рациональному освоению природных ресурсов Сибири. Предлагаются конкретные методы структурно-геоморфологического дешифрирования для выявления районов активного проявления новейших тектонических движений в Западной Сибири.

Табл.2, библ.4

УДК 551.243.8:550.814 (470.4/5)

Сводово-блоковая морфотектоника западной части Алтае-Саянской горной области по данным геологического дешифрирования космических снимков. Я.М. Грицук. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

Рассматривается морфотектоника современного рельефа на основе дешифрирования космических снимков и пространственно-

статистической обработки, что позволяет установить положение структурных форм, образованных в процессе тектоно-магматической активизации и определяющих закономерности размещения многих эндогенных полезных ископаемых.

Илл.3, библи.16

УДК 550.81 + 629.785 + 571.51

Геологическая интерпретация результатов дешифрирования телевизионных и сканерных космоснимков непского нефтегазоносного свода на юге Сибирской платформы. А.М.Боровиков, В.Е.Ковалевский, М.М.Мандельбаум, А.А.Прусевич, Б.Н.Холин. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

Стандартизованная методика дешифрирования серий космоснимков с многократным контролем сходимости применена для изучения региональных структур территории, исследуемой Восточным Геофизическим Трестом. Для геологической интерпретации результатов дешифрирования использованы теоретические критерии и материалы исследований как в данном районе, так и в соседних. Формальный метод количественных оценок геометрической сходимости показал, что зоны линеаментов отражают глубинные разломы, установленные геофизическими методами. Прослежены разломы четырех систем: субмеридионального, северо-северо-западного, северо-восточного и запад-северо-западного простираний. Кольцевые системы и отдельные кольцевые структуры отражают либо древние ядра консолидации, выраженные также в куполовидных поднятиях чехла, либо—трапповые тектоно-магматические комплексы. Космогеологическая карта более подробно показала взаимосвязи региональных плеквативных и дизъюнктивных структур Непского свода Намечен ряд перспективных узловых участков для более детальных дистанционных и наземных исследований.

Табл.1, библи.2

УДК 551.19 + 77.047 (201)

Некоторые результаты геологического дешифрирования космических снимков территории Якутской АССР. Г.С.Гусев, А.Ф.Петров. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

В статье рассмотрены результаты применения космических снимков при изучении тектонического строения и сейсмического районирования восточной части Сибирской платформы и Верхояно-Чукотской складчатой области.

Илл.1, библи.4

УДК 551.240

Расшифровка структуры земной коры в зоне сочленения континентального и океанического сегментов литосферы в районе Камчатского желоба. В.Н.Шарапов, П.М.Бондаренко, И.Г.Симбирева. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

На основе анализа космических снимков, тренда эпицентров коровых землетрясений и физических экспериментов предлагается модель формирования некоторых структур зоны сочленения океан-континент как области широкого сдвига.

Илл.4, Библ.10

УДК 551.4 + 528.7:911

О системном подходе к рельефу как о части программы изучения природных ресурсов земли с помощью космических средств. З.М. Хворостова, Л.С. Миляева. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

Как природные ресурсы рассматриваются не только полезные ископаемые, но также почвы, растительность, воды, энергетические запасы, комфортность среды, входящие в состав природно-территориальных комплексов.

Для охвата всего разнообразия явлений, происходящих внутри комплексов, рациональнее всего использовать системный подход, при этом природные комплексы должны рассматриваться в качестве целостных систем. Рельеф с наполняющим его геологическим содержанием выступает как субстрат природного комплекса, а геоморфологический вклад в его изучение выражается в исследовании этого субстрата, которое целесообразно вести, опираясь на энергетические характеристики рельефа, а также используя метод балансов. Выделяются иерархические уровни геолого-геоморфологических систем, каждый из которых необходимо картировать в масштабе, соответствующем только этому уровню. Объективное установление границ систем возможно только на основе сопряженного и многократного дешифрирования материалов дистанционного исследования Земли, поскольку аэрофотокосмические и телевизионные снимки являются непосредственными документальными изображениями природных комплексов разных рангов.

УДК 551.507:506.124

Определение границ и зон таяния снежного покрова на территории Горного Алтая по данным спутниковой информации. Н.В. Вострякова. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

На примере рек Алтае-Саянской горной системы рассматриваются возможные пути использования телевизионной и многозональной информации с метеорологических спутников для изучения динамики схода снежного покрова в целях расчета и прогноза стока в весенне-летний период.

Табл.1, библ.5

УДК 634.0.113

Предварительные результаты комплексного изучения лесов Западной Сибири с использованием космических снимков. В.Н. Седых, И.А. Волкова. Аэрокосмические исследования природных

ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

По материалам наземных исследований, данным анализа топографических карт и телевизионного космического снимка выявлено, что состав и территориальные особенности размещения лесов находятся в тесной связи с возрастом, наклоном и уровнем расчленения геоморфологических поверхностей. На основе космического снимка составлены карты-схемы на которых отражены особенности строения территории северной части Обь-Иртышского междуречья и общая специфика пространственной структуры лесного покрова.

Илл.4, библи.18

УДК 77.047(201)

Вопросы космической информации, ноосферогенез и медицина.
В.П.Казначеев. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1979.

В статье рассматривается роль космической информации в разработке теоретических положений изучения биосферы и ее новой стадии развития ноосферы.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие.	3
Можаяев Б.Н. О современном состоянии теоретической базы космогеологических исследований.	6
Артамонов М.А., Махин Г.В. О состоянии и задачах применения космической информации (в системе Министерства геологии СССР).	21
Трофимов Д.М. Особенности тектонической интерпретации космоснимков и пути ее совершенствования.	26
Зятькова Л.К., Оболенский А.А. Геолого-геоморфологическая информативность космических снимков в связи с проблемой изучения глубинных структур и поисками полезных ископаемых	36
Николаев В.А., Синельников Д.А. Реставрация древней гидрографической сети южных равнин Западной Сибири по материалам аэрокосмической съемки.	43
Зятькова Л.К. Геолого-геоморфологическая интерпретация дешифрирования космических снимков с целью изучения проявления новейших тектонических движений.	51
Грицук Я.М. Сводо-блоковая морфотектоника западной части Алтае-Саянской горной области по данным геологического дешифрирования космических снимков.	57
Боровиков А.М., Ковалевский В.Е., Мандельбаум М.М., Прусевич А.А., Холин Б.Н. Геологическая интерпретация результатов дешифрирования телевизионных и сканерных космоснимков Непского нефтегазоносного свода на юге Сибирской платформы	73
Гусев Г.С., Петров А.Ф. Некоторые результаты геологического дешифрирования коомических снимков территории Якутской АССР	94
Шарапов В.Н., Бондаренко П.М., Симбирева И.Г. Расшифровка структуры земной коры в зоне сочленения континентального и океанического сегментов литосферы в районе Камчатского жолоба.	101
Хворостова З.М., Миляева Л.С. О системном подходе к рельефу как о части программы изучения природных ресурсов Земли с помощью космических средств.	109
Вострякова Н.В. Определение границ и зон таяния снежного покрова на территории Горного Алтая по данным спутниковой информации.	123
Седых В.Н., Волков И.А. Предварительные результаты комплексного изучения лесов Западной Сибири с использованием космических снимков.	130
Казначеев В.П. Вопросы космической информации, ноосферогенез и медицина.	143
Рефераты.	150

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ СИБИРИ
И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Сборник научных трудов

Корректор Е.В.Щепихина
Технический редактор Л.А.Жукова

Подписано к печати 27.12.79 г. МН 18349.
Бумага 60x84/16. Печ. л. 9,75 + 4 вкл. Уч.-изд. л. 9,30.
Тираж 500. Заказ 9. Цена 1 руб. 40 коп.

Институт геологии и геофизики СО АН СССР
Новосибирск, 90. Ротапринт.