

© М. В. Аристов

Державний науково-виробничий центр «Природа»

ИЗУЧЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

Описано методику вивчення гірських порід різного складу на основі космічних знімків високого розділення. Проаналізовані прямі та непрямі індикатори четвертичних і дочетвертичних відкладень, особливо рельєф, ерозійна мережа, тріщинуватість

Изучение вещественного состава, происхождения, возраста и особенностей залегания горных пород является одним из ключевых вопросов геологии. Все эти данные составляют главное содержание геологических карт. Несмотря на это, методология изучения горных пород по данным космических съемок на сегодняшний день разработана хуже, чем вопросы изучения структур земной коры, тектонических структур, рельефа.

Методика изучения горных пород на основе дистанционных данных в большей мере отработана для интерпретации аэрофотоснимков. Это связано с тем, что дешифрирование аэрофотоснимков было неотъемлемой частью работ по геологической съемке, а затем — геологическому доизучению площадей, которые проводились в нашей стране в 1960—1980-е гг. Методике использования аэрофотоснимков посвящены методические работы и фундаментальные труды А. А. Виноградовой, Н. В. Кобеца, М. Н. Петрусевича, Г. В. Гальперова, В. А. Астахова, Л. М. Герасимова, Л. П. Полкановой и др. [2, 3, 5].

Применение снимков, получаемых с космических аппаратов, для исследования горных пород во многом ограничивалось открытыми регионами, прежде всего пустынными, где производилось их изучение на основе оптических свойств. В частности, для территории Казахстана была разработана методика изучения интрузивных тел и метасоматически измененных пород, к которым приурочены рудные месторождения [1].

Космические снимки высокого пространственного разрешения (15—20 м и лучше), используемые сегодня повсеместно, позволяют исследовать как осадочные, так и кристаллические горные породы с большей детальностью и точностью, используя как прямые признаки, так и широкий круг геоморфологических и ландшафтных индикаторов.

Как и для других объектов, которые выявляются и изучаются по космическим снимкам, к горным породам применимы две группы дешифровочных признаков (индикаторов): прямые признаки — это прежде всего цвет, а также структура, текстура и рисунок литолого-петрографических комплексов, и косвенные признаки — компоненты ландшафта, связанные с составом горных пород и отображающие их на снимке. Среди последних важнейшее значение имеет рельеф, а также поверхностные воды, почвы, растительность.

Наиболее полно на основе космических снимков изучаются четвертичные отложения. Четвертичные (антропогеновые) отложения образуют верхнюю, самую молодую и наименее дислоцированную часть земной коры. Они, за редким исключением, перекрывают все более древние геологические формации, являются материнской породой для современных почв. Изучение четвертичных отложений — важный вопрос, изучаемый как при геологической съемке, так и при поисках полезных ископаемых, инженерных изысканиях и строительстве.

Четвертичные отложения тесно связаны с другими компонентами ландшафта. Рельеф объединен с ними общностью происхождения, которое нашло выражение в процессах морфолитогенеза. Поэтому геоморфологические и другие ландшафтные индикаторы являются ключевыми при изучении состава и генезиса антропогеновых отложений на космических снимках. Однако не менее важными при дешифрировании четвертичных отложений являются прямые признаки, прежде всего цвет, структура и текстура изображения.

На территории Украины распространены четвертичные отложения нескольких формаций. На большей части равнинной территории распространены лессы и лессы и лессовидные суглинки. Они выявляются в основном по косвенным индикаторам. Для

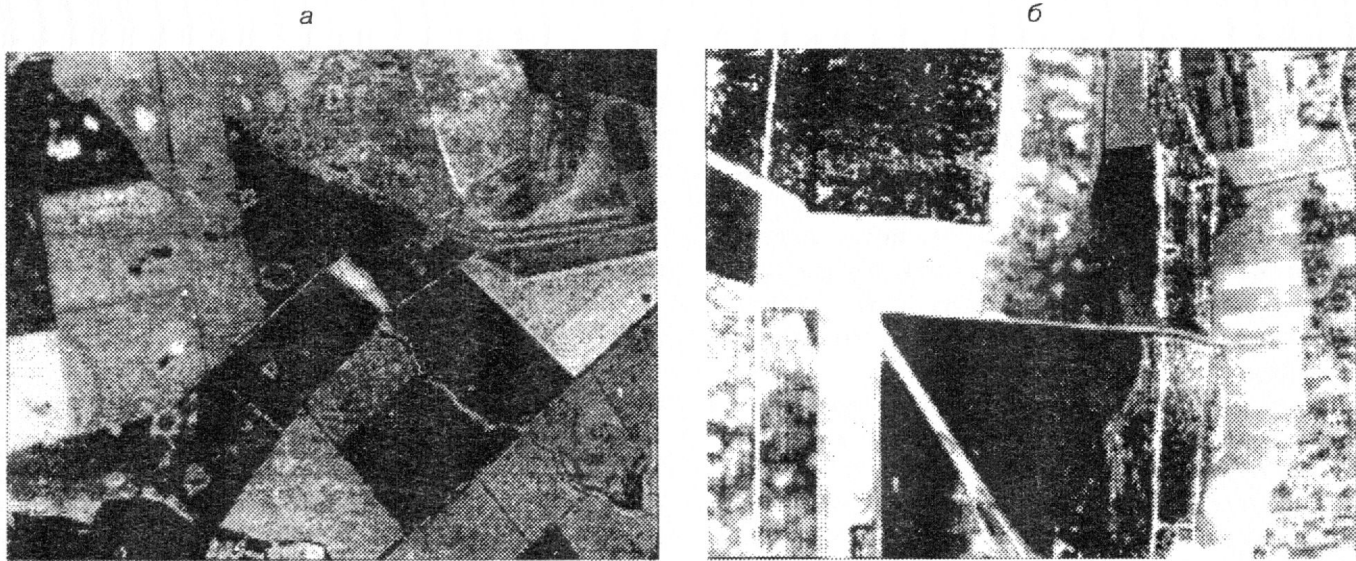


Рис. 1. Четвертичные отложения на космических снимках высокого разрешения: *а* — лессовидные суглинки с заметными суффозионными просадками в Сумской области, *б* — флювиогляциальные пески в Волинской области

территорий с лессовым покровом характерен дендритовый рисунок эрозионной сети: овраги и балки в лессовых грунтах ветвятся, образуя древовидный рисунок на космических снимках. На снимках высокого разрешения выделяется характерный V-образный поперечный профиль оврагов, вдоль коренных берегов рек и водохранилищ — крутые склоны. Эти геоморфологические признаки обусловлены свойствами лессов сохранять практически вертикальные в верхней части склоны. Еще одна отличительная черта лессов — просадочность. Благодаря этому на космических снимках высокого разрешения, полученных весной после снеготаяния либо в теплый период года после обильных дождей, проявляются суффозионные впадины — просадки глубиной первые метры и диаметром до 100—200 м (рис. 1, *а*). Суффозионные просадки хорошо проявляются на снимках как в видимом, так и в инфракрасном диапазонах.

В южной части нашей страны лессы сменяются тяжелыми красно-бурными суглинками и глинами. На склонах речных долин распространены мощные плащи делювиальных отложений. Отложения глинистых фаций определяются на космических снимках высокого разрешения по характеру эрозионных форм: густой сети параллельных промоин и оврагов на склонах долин и впадин. В аридных областях делювиальные и пролювиально-делювиальные отложения дешифрируются по ветвисто-струйчатому или веерообразному рисунку изображения. Они хорошо отличимы от бесструктурного рисунка во-

дораздельных пространств, сложенных элювием дочетвертичных пород или лессами [6].

В северной части территории Украины, а также на обширных пространствах прилегающих районов Русской равнины, распространены моренные отложения, образовавшиеся в результате деятельности материковых оледенений. На космических снимках моренные отложения выделяются прежде всего по пятнистой структуре, отображающей чередование холмов и разделяющих их заболоченных впадин. Как правило, возвышенным участкам соответствует светлый тон (цвет), пониженным, заболоченным — темный. В краевой зоне оледенений пятнистый рисунок сменяется грядовым, что обусловлено наличием конечно-моренных гряд.

На космических снимках хорошо отличимы флювиогляциальные образования, являющиеся отложениями потоков, возникающий при таянии ледников. На открытых пространствах они различимы по светлому, иногда белесому тону, а также по однородной или пятнистой структуре изображения (рис. 1, *б*). В других случаях, как, например, на территории Житомирского и Малого Полесья, районами распространения водно-ледниковых отложений отвечают участки темного тона (например, бордового или темно-зеленого на мультиспектральных снимках — в зависимости от сочетания каналов). Это обусловлено тем, что на массивах флювиогляциальных песков произрастают сосновые леса либо смешанные леса с преобладанием сосны, которые и обуславливают такой цвет изображения.

При дешифрировании аллювиальных отложений большое значение имеет изучение форм рельефа флювиального генезиса. Большинство фаций аллювиальных отложений представлены на равнинных реках — песками, на горных — галькой и валунами. Наиболее четко выделяются участки, не освоенные растительностью — отмели, косы, острова. Пойменный аллювий и отложения прирусловых валов выделяются по гипсометрическому положению поверхностей низкой и высокой поймы, а также по растительным индикаторам.

Аллювиальные отложения первой надпойменной террасы, представленные главным образом песками, хорошо отличимы в долинах почти всех рек равнинной части Украины. Отчетливо выделяются эоловые пески, созданные переувлажнением аллювиальных отложений ветром, которые слагают дюны в долинах Днепра, Десны, Северского Донца и других рек. Песчаные массивы первых надпойменных террас покрыты древесной растительностью, в основном — борами. Примерами могут служить долины Днепра, Ворсклы, Самары и многих других рек. Аллювиальные отложения более высоких террас различаются хуже. Индикатором здесь являются выходы песчаных толщ, отличимые на космоснимках по цвету, в обрывах, оврагах, а также искусственных выемках. Характерной чертой является слабая эрозионная расчлененность песчаных толщ.

Как следует из приведенных выше данных, среди геоиндикаторов состава и генезиса четвертичных отложений важное значение имеет строение дренирующей их эрозионной сети. Густая, хорошо развитая эрозионная сеть свидетельствует о наличии водоупорных отложений — глин, суглинков, мергелей.

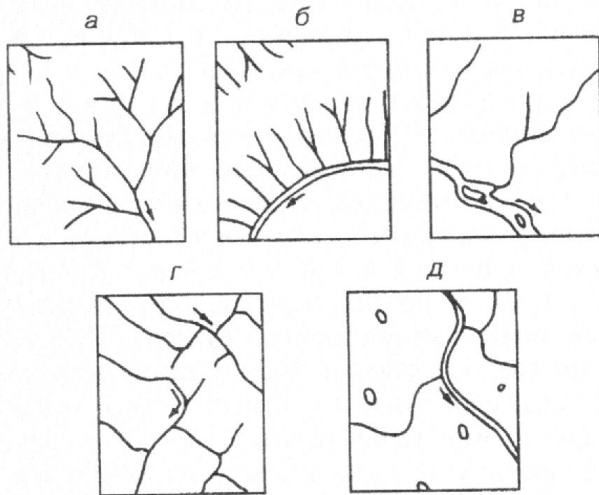


Рис. 2. Типы эрозионной сети, формирующиеся в различных горных породах (по материалам дешифрирования космических снимков): а — в лессах и лессовидных суглинках, б — в глинах, в — в песках, г — в песчаниках и алевролитах, д — в известняках и мелах

лей. Древовидная овражно-балочная сеть свидетельствует о распространении лессов и лессовидных суглинков. Редкая эрозионная сеть указывает на наличие водопроницаемых пород — песков и супесей. Плановые рисунки эрозионной сети, характерные для различных отложений, показаны на рис. 2.

Изучение дочетвертичных горных пород — образований от докембрийского до неогенового возраста — по космическим снимкам представляет собой более сложную задачу. Они перекрыты толщей четвертичных отложений, почвы и растительность очень редко можно использовать в качестве их индикаторов. Приуроченность формаций горных пород к определенным геологическим структурам, выявляемым по дистанционным данным, позволяет делать лишь косвенные выводы о составе и строении дочетвертичных пород.

При использовании аэрофотоснимков традиционным было изучение горных пород на открытых территориях либо по наиболее значительным обнажениям, дешифрируемым на снимках. Результаты затем уточнялись при полевых работах.

Использование космических снимков, которые имеют пока еще худшее разрешение по сравнению с самолетными, требует использования значительно более широкого набора индикаторов, среди которых важная роль принадлежит трещиноватости, рельефу, эрозионной сети.

Среди осадочных пород важную роль, помимо указанных выше ландшафтных индикаторов, играют цвет, структура и текстура изображения. Наиболее отличимы по цвету пески, особенно кварцевые. Светлый цвет песков является их индикатором во всех частях видимого спектра, а также в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах. Для дочетвертичных песчаных фаций во многом применимы те же индикационные признаки, что и для аллювиальных, эоловых и других антропогенных отложений, также представленных песками. В частности, для областей распространения песков характерна редкая эрозионная сеть, представленная в основном постоянными водотоками.

Глины хорошо отличимы на космических снимках, за исключением латеритных панцирей в тропических широтах и некоторых других специфических образований. Наиболее надежный признак глинистых отложений — пологие склоны речных долин и впадин, нарушенные густой сетью эрозионных форм. Среди последних наиболее характерна густая сеть коротких оврагов и балок, хотя иногда в толще глин формируется древовидная эрозионная сеть или типичный бедленд. На склонах рек и морских побережьях к выходам глин часто приурочены оползни.

Глинистые сланцы и аргиллиты выделяются по мелкой полосчатости. Однако эти горные породы подвержены выветриванию. Выветрелые глинистые сланцы образуют однородную массу и имеют те же свойства, что и глины, поэтому практически не отличимы от них снимках.

Индикаторы песчаников на космических снимках определяются формами их залегания. При горизонтальном залегании в песчаниках формируются глубокие, V-образные долины, на склонах хорошо заметны структурные террасы. При небольшой мощности четвертичных отложений песчаники на водоразделах и склонах можно отличить по цвету, как, например, на Подольской возвышенности. Водораздельные пространства, сложенные песчаниками, характеризуются волнистостью, резкими очертаниями бровок склонов, острыми гребнями водоразделов. При моноклинальном залегании песчаников формируются куэсты, обычно хорошо различимые даже на космических снимках среднего разрешения.

Для пластов песчаников, нарушенных складчатыми и разрывными дислокациями, характерен решетчатый характер эрозионной сети, являющийся универсальным индикатором этих пород в различных физико-географических условиях [2, 3]. В горных областях угловатые очертания, формирующие решетчатую структуру изображения на космических снимках, образуется не только долинами, но и линиями горных хребтов.

Известняки, доломиты, гипсы и другие растворимые породы распознаются на космическом снимке благодаря наличию карстового рельефа. В горизонтально залегающих пластах известняков формируются округлые воронки почти идеальной формы. Карстовые впадины в гипсах иногда обширны, имеют расплывчатые очертания. Эрозионная сеть, формирующаяся на таких породах, имеет беспорядочный или неправильно-угловатый плановый рисунок. На открытых территориях известняки распознаются по белесому оттенку, ареальной или пятнистой структуре изображения. Заболоченность и оползни на склонах речных долинах в областях развития карбонатных пород свидетельствуют о наличии толщ мергелей.

При изучении кристаллических пород по космическим снимкам большое значение имеет изучение трещиноватости, а также рельефа и некоторых прямых индикаторов. В нашей стране кристаллические породы залегают на незначительной глубине в пределах Украинского щита. Они выходят под маломощные наносы на Житомирщине и в Приазовье, где наиболее доступны для изучения дистанционными методами.

В гранитах, слагающих крупные интрузивные тела типа батолитов, формируются закономерно ориентированные разрывы — трещины Клооса. В выветрелых гранитах образуются характерные трещины отдельности. Все эти виды трещин в первую очередь осваиваются эрозией и различимы на космических снимках высокого пространственного разрешения. Кольцевые трещины, концентрическая или спиралевидная структура изображения характерна для гранито-гнейсовых куполов и гнейсовых овалов. Это крупные структуры, которые различимы и на космических снимках с разрешением 50—100 м на кристаллических щитах, их склонах, срединных массивах складчатых областей.

Большой практический интерес представляет обнаружение на снимках метасоматически измененных пород. В пределах Кировоградского плутона автору удалось выявить зоны метасоматически измененных пород, выделяемых по яркому цвету, которые просматриваются даже сквозь покров четвертичных отложений. На космических снимках также различимы крупные дайки, сложенные гранитами, гранит-порфирами, пегматитами и другими породами. Эти породы часто более устойчивы к процессам выветривания и поэтому выражены в рельефе и на космических снимках.

Изложенные данные позволяют сделать следующие выводы.

1. На космических снимках находят отражение как четвертичные отложения, так и горные породы, слагающие геологические формации более древнего возраста — от неогенового до архейского. Первые выражены на снимках благодаря совокупности прямых и косвенных индикаторов, вторые распознаются по отдельным, частным индикаторам.

2. Среди прямых дешифровочных признаков при изучении горных пород наиболее важное значение имеют цвет, структура и текстура изображения, среди геоиндикаторов — рельеф, эрозионная сеть, трещиноватость.

3. Данные космических съемок эффективны при решении задач геологического картирования и картографирования, поисков полезных ископаемых и инженерных изысканий, прежде всего при изучении четвертичных отложений.

1. Астахов В. И., Афанасьев Н. Ф., Блинов В. А., Можаяев Б. Н. Геоиндикационное моделирование (с использованием материалов аэро- и космических съемок). — Л.: Недра, 1984.—247 с.
2. Астахов В. И., Герасимов Л. М., Еременко В. Я. и др. Комплекс дистанционных методов при геологическом картировании таежных районов. — Л.: Недра, 1978.—247 с.
3. Баранова А. И., Будько В. М., Виноградова А. И. и др. Аэрометоды геологических исследований. — Л.: Недра, 1971.—704 с.

4. Вышивкин Д. Д. Некоторые новые понятия и представления в учении об индикаторах // Индикационные географические исследования: Итоги всесоюз. совещ. — М.: Наука, 1970.—С. 132—136.
5. Петрусевич М. Н. Аэрометоды при геологических исследованиях. — М.: Госгеолтехиздат, 1962.—230 с.
6. Morelli D., Murozimi M., MacKeever J. E. Rock and Soil Analysis to Visual and Infra-Red Space Images from Landsat-7 // Arc. News.—2000.—22, N 3.—P. 8—10.

APPLYING THE SPACE SURVEY DATA FOR ROCKS INVESTIGATIONS

M. V. Aristov

The method for rocks of different composition investigations based on high resolution space images is described. Direct and indirect indicators of Quaternary and Pre-Quaternary deposits are analysis, a relief, an erosion net, fractures in particular.

УДК 52(15).003

© Н. М. Куссуль, А. М. Лавренюк, А. В. Сидоренко,
С. В. Скакун, А. Ю. Шелестов

Інститут космічних досліджень Національної академії наук України та Національного космічного агентства України

СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ НАУКОВИХ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розглянуто теоретичні та практичні аспекти стратегічного планування на космічній діяльності України у сфері наукових досліджень сонячно-земних зв'язків. За допомогою SWOT- та SPACE-аналізу формалізовано опис стратегічних цілей, розроблено стратегію досягнення визначених пріоритетів.

Одним з найактуальніших завдань сучасного розвитку економіки України є створення умов ефективного і динамічного переходу до ринкових відносин. При цьому дуже важливим є удосконалення організаційних і структурних відносин, перегляд існуючих методів керування. Практичне розв'язання проблем, пов'язаних з необхідністю забезпечення нормальної роботи організації, галузі, не тільки сьогодні, але й у перспективі, залежить від ступеня освоєння методології і методів стратегічного планування. Поняття «стратегія» у сфері управління організацією має на увазі довгостроковий комплексний план дій з керівництва відповідним колективом, спрямований на досягнення основної мети організації [4].

Роль стратегічного планування важко переоцінити. В останні роки з'являється все більше публікацій, присвячених розробці методології стратегічного планування [1, 2, 5—7]. Дослідження показали, що організації, які застосовують стратегічне планування, мають високі темпи розвитку [3]. Підприємства, що ігнорують стратегічне планування, як правило, не завжди справляються зі складнощами, намагаючись вирішити виключно поточні проблеми, фактично створюють передумови для появи нових, ще більш суттєвих проблем, які не в змозі вирішувати надалі.

Однак, незважаючи на безперечну актуальність проблеми стратегічного планування, в літературних джерелах, як правило, описуються лише загальні принципи стратегічного планування, а строга процедура їхнього формального застосування не наво-

диться. Тут ми намагалися формалізувати процедуру практичного використання методології стратегічного планування на прикладі побудови стратегії розвитку космічної діяльності України у сфері наукових досліджень сонячно-земних зв'язків.

Стратегічний план повинен ґрунтуватися на широкомасштабних дослідженнях і фактичних даних. Щоб ефективно конкурувати в сучасному діловому світі, організація повинна постійно займатися збором величезної кількості інформації про галузь, ринок, конкуренції та інші фактори. Процес розробки стратегічного плану представлений на рис. 1.

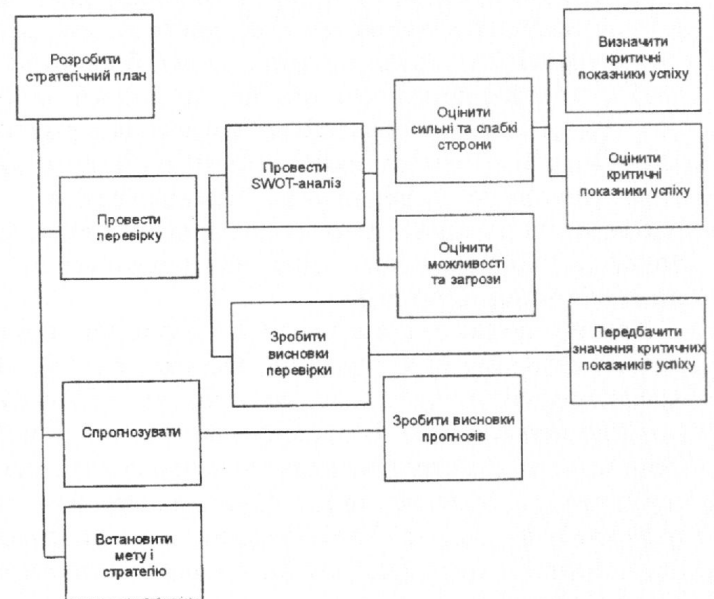


Рис. 1. Основні етапи розробки стратегічного плану