

Хитаров Ю. Н. Возможности изучения разломов глубоко погруженного фундамента. «Сов. геол.», № 10, 1977.

Чакабаев С. Е., Кирюхин Л. Г., Капустин И. Н., Самодуров В. И., Галактионов А. Б., Волчегурский Л. Ф. Тектоника и нефтегазоносность Прикаспийской впадины. «Геол. нефти и газа», № 7, 1978.

Московский государственный
университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
2.VIII.1979

GEOMORPHIC CRITERION SIGNIFICANCE FOR DEEP-SEATED FAULTS REVELATION AT «COVERED» PLATFORMIAN REGIONS (THE CASE OF NEAR-CASPIAN DEPRESSION)

ARISTARKHOVA L. B.

Summary

Taking the Near-Caspian Depression as a case study the author argues that 85 per cent of regional linear morphostructures (identified by means of structural geomorphological analysis) are reflected in geophysical fields and correspond to deep-seated faults, active during the neotectonic stage. In the region under consideration (as well as in other platformian areas) main geomorphic features connected with such faults are as follows: linear oriented river valleys; regional scarps and steep slopes; breaks in geomorphic levels of the same age; chains of landforms with similar orientation; distinct geomorphic boundaries. In the Caspian area oblique faults prevail, mostly SE strike (50%); the faults are very ancient, they cross the whole depression and continue further, out of its limits. About 20% of the faults are arcuate, they are found mostly at the East of the region and reflect Uralian tectonic structures. Structural geomorphic analysis of platformian regions with deep basement essentially increases the precision of deep faults tracing, allows to estimate their neotectonic activity and aids in more objective evaluation of regional tectonics.

УДК 551.4.032 : 528.77

Д. С. А С О Я Н

ОПЫТ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ МНОГОЗОНАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАВНИН (на примере Среднерусской возвышенности)

В настоящее время большое внимание уделяется анализу возможностей применения многозональной космической съемки при изучении природных ресурсов. Одним из недостаточно разработанных является вопрос о возможностях космических изображений (КИ) вообще и разносезонных в частности для изучения рельефа равнин. В связи с этим нами сделана попытка анализа многозональных разносезонных КИ центральной части Среднерусской возвышенности, полученных с ИСЗ Ландсат 10 мая и 8 августа 1975 г. в спектральных каналах соответственно 0,7—0,8, 0,8—1,1 и 0,5—0,6, 0,8—1,1 мкм. Изображения получены с высоты 915 км многоспектральным сканирующим устройством с разрешением на местности 80—100 м.

Анализ рельефа на этих изображениях показал, что в условиях равнинной области с интенсивным развитием сельского хозяйства более эффективны для изучения денудационно-эрозионного рельефа весенние изображения в инфракрасной зоне спектра (0,8—1,1 мкм). Так же эф-

фективны, но в несколько меньшей степени, летние изображения в спектральной зоне 0,5—0,6 мкм. Как показали исследования, многозональные КИ каждого сезона года обеспечивают различную информацию о рельефе. В конечном итоге их совместный анализ позволяет проконтролировать и взаимно дополнить полученную информацию, что весьма важно при интерпретации изображений.

ДЕШИФРОВочНЫЕ ПРИЗНАКИ РЕЛЬЕФА

На весеннем изображении от 10 мая в спектральных каналах 0,7—0,8 и 0,8—1,1 мкм четко выделяются отрицательные формы рельефа — крупные промоины, лога, овраги, балки и речные долины. Выражены они одними и теми же дешифровочными признаками — извилистым рисунком и почти белым тоном изображения. Полевое изучение дешифровочных признаков показало, что почти белый тон изображения эрозионной сети обусловлен естественным растительным покровом. В условиях сплошной распашки территории естественная растительность со сплошным проективным покрытием сохраняется только в отрицательных формах рельефа — в их днищах и на склонах. В инфракрасной зоне спектра (0,8—1,1 мкм) растительность имеет наиболее высокий коэффициент спектральной яркости и поэтому на изображениях в этой зоне выделяется почти белым тоном. В видимой же зоне спектра (0,5—0,6 мкм) она отображена темно-серым тоном. В связи с этим на весенних КИ в инфракрасной зоне спектра эрозионная сеть выделяется во всех деталях, тогда как на топографических картах она отражена недостаточно четко либо из-за картографической генерализации, либо из-за рисунка горизонталей, сечение которых чаще не позволяет их отрисовать детально. В то же время уместно отметить, что по данным КИ независимо от спектрального канала съемки невозможно различить эти формы между собой.

Однако в зависимости от сезона съемки, а отсюда и состояния культурной растительности водоразделов, естественная растительность днищ и склонов эрозионной сети выражена по-разному. Так, на весенних изображениях растительность особенно четко выделяется на фоне распашанных полей. В связи с этим на них хорошо видна эрозионная сеть.

В отличие от весенних на летних изображениях в инфракрасной зоне естественная растительность склонов и днищ долин (плотный зеленый покров) и уже хорошо развитая культурная растительность сельскохозяйственных угодий на водоразделах и приречных склонах различаются между собой слабо. И те и другие выражены почти белым или светло-серым тоном.

На летних же изображениях в видимой зоне 0,5—0,6 мкм зеленый покров выражен темно-серым тоном изображения и поэтому выделяется более четко, чем в инфракрасной зоне, на фоне полей со спелыми всходами или на фоне сжатых полей со стерней; последние имеют в природе преимущественно светло-желтый цвет и выражены светло-серым или почти белым тоном изображения. В связи с этим на летних изображениях в видимой зоне спектра соответственно эрозионная сеть выражена более четко, чем в инфракрасной зоне. Еще лучше выделяются крупные речные долины благодаря древесной и травянистой пойменной естественной и культурной растительности на луговых почвах.

В заключение о дешифровочных признаках рельефа следует отметить, что они сохраняются для всей территории лесостепной и степной зоны ЕТС, составляющей значительную часть Среднерусской возвышенности, по КИ и среднего и малого разрешения (ИСЗ «Метеор», ДОС «Салют»).

На основе анализа КИ представляется возможным выявлять неизвестные ранее особенности строения эрозионных форм, которые замаскированы деталями на аэрофотоснимках и не находят своего отображения (или слабо отображены) на топографических картах. Так, нами были изучены особенности строения линейных участков крупных речных долин, приуроченных к линеаментам и кольцевым образованиям, и участки пересечения линеаментами¹ долин и балок.

Для изучения особенностей строения линейных участков речных долин и одновременного решения обратной задачи — определения их тектонической обусловленности по геоморфологическим признакам, были привлечены наиболее целесообразные, на наш взгляд, в условиях рассматриваемого равнинного региона, полевые методы. Это — продольное профилирование речных террас (анализ морфологии долины, состава отложенных террас, установление деформаций высотных уровней), изучение активности эрозионных процессов в долинах рек, в балках и оврагах, изучение положения линеаментов в рельефе и степени их выраженности.

В обследованных речных долинах были выделены участки, приуроченные к линеаментам. На одних из этих участков обнаружены признаки неотектонических движений; следовательно, они могут быть отнесены к разрывным нарушениям (р. Рать, северо-западный отрезок р. Сейм между поселками Солнцево — Бунино). На других участках долин, приуроченных к линеаментам, признаки неотектонической активности не обнаружены (реки Полная, Кшень, Городище; рисунок). В первом случае в долинах по правому и левому склону наблюдаются резкие различия в интенсивности горизонтального расчленения (р. Рать), в составе отложений речных террас, в деформациях высотных уровней террас (р. Сейм). Во втором случае отсутствуют различия в особенностях строения склонов долин и в активности эрозионных процессов.

Впервые отмеченный спрямленный участок долины р. Сейм от пос. Солнцево до дер. Бунино четко выделяется на изображениях и летнего и весеннего сезонов в оригинальном масштабе и на увеличенных отпечатках, в то же время он весьма слабо отражен на топографических картах аналогичных масштабов. Эта особенность строения долины оставалась невыявленной при многократном изучении долины предшествующими исследователями (Кабанова, 1960, 1963; Раскатов, 1972). В то же время по данным этих исследователей, подтверждаемым результатами наших полевых работ, для рассматриваемого участка характерны асимметрия долины и различия в составе отложений террас по правому и левому бортам долины (выше и ниже этого участка различия не наблюдаются). Однако причины этого оставались неясными. На наш взгляд, факт установления на данном участке линеамента объясняет причины этих различий. Они могут быть вызваны неотектоническими движениями по северо-западному линеamentу, обусловившему поднятие и цокольное строение правого борта и опускание или стабильное положение левого борта долины.

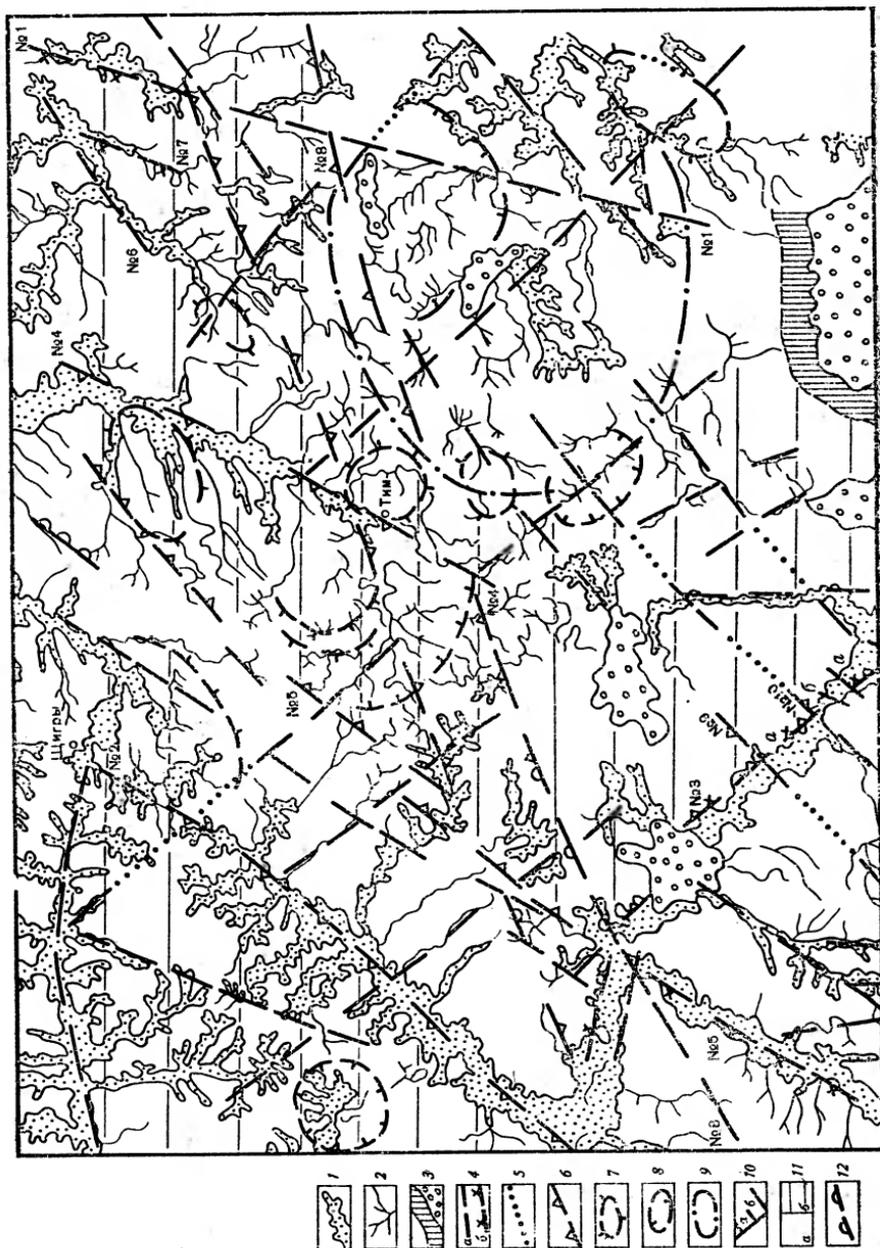
На этом участке долина р. Сейм пересечена линеаментами северо-восточного простирания (№ 9, 10). На их пересечении уже в пределах правого склона наблюдаются деформации первой надпойменной и пойменной террас (рисунок).

Помимо деформаций террасовых уровней изучены активность эрозионных процессов в спрямленных долинах и на участках пересечения их линеаментами. В результате линеament, по которому заложена р. Рать (№ 2), отнесен к разрывным нарушениям (рисунок). Здесь при одинаково-

¹ При их дешифрировании учитывалась значительная хозяйственная освоенность территории (сеть различных дорог, контуры сельскохозяйственных угодий и т. д.).

Схема структурно-геоморфологическо-го дешифрирования космического изображения центральной части Среднерусской возвышенности (от 10 мая 1975 г., 0,8—1,1 мкм). Составлена в 1976 г.

1— речные долины с поймой шириной более 0,5 км; 2— мелкие речные долины, балки и овраги; 3— облачный покров и тени от облаков на подстилающей поверхности; 4— линейные с четкими дешифровочными признаками: а) по камеральным данным, б) по полевым данным; 5— то же, неуверенно дешифрируемые; 6— линейные элементы с четкими дешифровочными признаками и полевым данным неотектоническим нарушениям (зубцы направлены в сторону предполагаемых положительных поднятий блоков); 7— предполагаемые локальные положительные структуры; 8— то же, отрицательные структуры; 9— кольцевые образования; 10— молодые дифференцированные четвертичные тектонические движения в долине р. Сейм по секциям северо-восточным направлениям; а) отрицательные, б) положительные; 11— участки предполагаемых неотектонических дифференцированных движений между речных проливами; а) отрицательных, б) положительных; 12— линейные, подтверждаемые геолого-геофизическими наземными данными и соответствующие разломам фундамента



вых геолого-геоморфологических условиях наблюдается резкое различие в интенсивности горизонтального расчленения правобережья и левобережья. Причем на левом слабо расчлененном склоне долины в приводораздельной части наблюдается оживление эрозионных процессов. Последние развиты к востоку от линеамента № 5, который трассируется по линейным боковым притокам низшего порядка. Исходя из этого, мы относим этот линеament также к разрывным нарушениям, по которому, по-видимому, происходят поднятия восточного блока, обусловившие интенсивное развитие эрозионных процессов. Заключенный между линеаментами № 2 и 5 блок, по-видимому, имеет тенденцию к относительному опусканию. Особо следует отметить наиболее протяженные и самые яркие по своим признакам линеamentы — Водораздельный (№ 8) и Кшень — Северско — Донецкий (№ 1). Полевые исследования показали высокую эрозионную активность в балках и оврагах на пересечении их этим линеamentом.

Опираясь на данные анализа по КИ рисунка речной сети и на известную связь типов рисунка эрозионной сети и геологических локальных структур (Рождественский, Соколовский, 1970), можно выявлять предполагаемые локальные геологические структуры типа валов, куполов и впадин (рисунок). Так, по центростремительному типу рисунка выделены впадина в верховьях р. Виногробль, подтвержденная геофизическими данными и соответствующая впадине по поверхности фундамента (Богословский и др., 1978), и впадина в среднем течении р. Сейм Пузатый. По центробежному типу рисунка выявлены локальные поднятия на правобережье рек Тим и Стуженец и др. (рисунок). Размеры их колеблются от 15 до 18 км в диаметре.

Помимо локальных структур по дугообразному рисунку эрозионной сети и изменениям в фототоне выявлены крупные кольцевые образования. Последние, как правило, в отличие от правильной эллипсовидной и концентрической формы локальных структур имеют вид полузамкнутого кольца с размерами от 20 до 30 км в поперечнике. На схеме дешифрирования показаны только самые крупные образования, нашедшие отражение в рельефе (в верховьях и в средней части бассейна р. Оскол, в верховьях рек Тим и Щигор, рисунок). Кольцевое образование в верховьях р. Щигор совпадает с магнитной аномалией. Анализ морфологии рельефа как по аэрофотоснимкам, так и при наземных и аэровизуальных наблюдениях позволяет считать, что кольцевые образования фиксируются только по очертаниям речных долин и не связаны с поднятиями в рельефе. Исключение составляет самое крупное и яркое по дешифровочным признакам кольцевое образование (условно его можно назвать кольцевой структурой), выделенное в верховьях р. Сейм на летнем изображении по четкой дугообразной форме верховьев долин. Структура совпадает с водоразделом, отличающимся господствующими абсолютными высотами. В центре структуры сохранилась древняя поверхность выравнивания палеогенового возраста (Кабанова, 1962). Эта структура выделяется и на более мелкомасштабных КИ, полученных с «Салюта-4» и на топографических картах различных масштабов².

Происхождение кольцевых образований требует специальных исследований. Если учесть, что космический снимок обеспечивает пространственную генерализацию не только в плане, но и по глубине (что установлено по многочисленным данным структурного анализа КИ от глобальных фотографий до рассматриваемых в данной статье снимков с ИСЗ Ландсат), можно предположить, что подобные ярко выраженные на КИ

² При выявлении по КИ кольцевых образований учитывалась возможность существования «псевдозффектов» — ложных кольцевых образований, которые могут иметь место при космической съемке (Рябухин и др., 1976). Они исключались нами путем сопоставления КИ с Ландсат и с «Салют-4».

в рельефе кольцевые образования либо соответствуют структурам неглубоко залегающего фундамента, либо отражают особенности строения более глубоких горизонтальных разделов земной коры.

По КИ также можно выявлять участки интенсивного горизонтально-го расчленения рельефа и анализировать его причины. Сопоставление полученных данных с материалами построенных ранее на эту территорию В. М. Фирсенковой (личное сообщение) морфометрических карт показало их высокую сходимость. В связи с этим можно рекомендовать использование КИ при построении морфометрических карт, что будет способствовать более оперативному их составлению.

Применяя известный метод морфоструктурного дешифрирования аэрофотоизображений — анализ изменений ширины поймы крупных рек с учетом их геологического строения, можно выявлять участки, различающиеся по характеру позднечетвертичных движений. Проведенные в долине р. Сейм работы по изучению морфологии долины и состава отложений поймы подтвердили результаты камерального дешифрирования на отрезке Солнцево — Бунино.

Данные по камеральному и полевому геоморфологическому дешифрированию на КИ линеаментов, предположительно соответствующих разрывным нарушениям, сопоставлены с имеющимися геологическими картами аналогичных масштабов. На этих картах на территории исследования в осадочном чехле разрывные нарушения отсутствуют. По геолого-геофизическим данным по поверхности фундамента выделено значительное количество разрывных нарушений; некоторые из них на небольших отрезках либо совпадают с линеаментами, выделенными по КИ (рисунок), либо имеют аналогичное простирание и составляют как бы единую зону (линеаменты № 2, 3, рисунок). В результате специально поставленных геолого-геофизических работ с целью проверки данных анализа КИ, подтверждена тектоническая природа большинства линеаментов. Это разрывные нарушения небольшой амплитуды по фундаменту с малоамплитудными смещениями, или зонами трещиноватости в чехле (Богословский и др., 1978).

На основе полученных сведений о тектонически обусловленных линеаментах, их положении в рельефе и связи с интенсивностью эрозионного расчленения сделана попытка выделения изометричных блоковых положительных и отрицательных морфоструктур (по опыту исследований автора в других регионах) (Асоян, 1975, 1976, 1979). Анализ интенсивности эрозионного расчленения в пределах блоков позволил выявить тенденции их неотектонического развития. Предшествующие исследования выявили тесную связь рельефа с неотектоническими структурами и структурой фундамента (Раскатов, 1964). В связи с этим одной из важных задач изучения территории Курской магнитной аномалии является поиск глубинных тектонических структур по данным геоморфологического анализа. С нашей точки зрения, морфоструктурный анализ космических изображений является одним из новых эффективных и оперативных методов выявления геологических структур в комплексе с традиционными, главным образом геофизическими методами.

ВЫВОДЫ

1. Анализ разносезонных и многоспектральных КИ среднего разрешения с ИСЗ Ландсат и «Салют-4» свидетельствует о том, что для изучения равнинного рельефа в лесостепной зоне наиболее эффективны КИ весеннего сезона в инфракрасном спектральном канале съемки. Так же эффективны, но в меньшей степени, изображения в канале съемки 0,5—0,6 мкм.

2. Эти КИ могут быть применены для: анализа флювиальной морфоскульптуры; анализа интенсивности горизонтального эрозионного рас-

членения; выявления локальных геологических структур типа валов, куполов, впадин; выявления морфоструктур типа линейных, соответствующих зонам разрывных нарушений, и блоковых; выявления тенденции новейшего развития морфоструктур с привлечением традиционного комплекса приемов структурно-геоморфологического анализа.

3. В результате геоморфологического анализа КИ территории хорошо изученных районов Среднерусской возвышенности получены новые неизвестные ранее материалы по строению речных долин; обнаружены предполагаемые разрывные нарушения, локальные структуры типа валов, куполов, впадин, изометричные блоковые морфоструктуры, выявлена тенденция неотектонического развития структур.

ЛИТЕРАТУРА

- Асоян Д. С. Опыт изучения блоковых морфоструктур по глобальным космическим фотграфиям (на примере Сев. Африки). «Геоморфология», № 4, 1975.
- Асоян Д. С. О возможностях применения в геоморфологии космических телевизионных изображений и дешифровочных признаках рельефа. В кн. «Исследования природной среды космическими средствами». М., ВИНТИ, 1976.
- Асоян Д. С. Применение космических изображений. В кн. «Морфоструктурный анализ речной сети СССР». М., «Наука», 1979.
- Богословский В. А., Ильина Е. Б., Кроткова О. Т., Кузьмина Э. Н., Огильви А. А., Стрехова Н. А., Трофимов Д. М. Геофизические исследования при геологической интерпретации космических снимков на Курском полигоне. «Изв. вузов. Геология и разведка», № 10, 1978.
- Кабанова Р. В. Четвертичные террасы р. Сейм в пределах Белгородской и Курской областей. В сб. работ Курской гидромет. обсерватории, вып. 1, 1960.
- Кабанова Р. В. Опыт морфотектонического анализа бассейна р. Сейма. Автореф. канд. дис. Курск, 1962.
- Кабанова Р. В. Роль тектоники в формировании современной долины р. Сейма. «Уч. зап. Курского пед. ин-та, вып. 19, 1963.
- Раскатов Г. И. Важнейшие черты неотектоники и геоморфологии территории КМА. В сб. «Геология и полезные ископаемые ЦЧО». Воронеж, 1964.
- Раскатов Г. И. Прогнозирование тектонических структур фундамента и чехла древних платформ и форм погребенного рельефа средствами геолого-геоморфологического анализа (на примере Воронежской антеклизы). Воронеж, «Изв. ВГУ», 1972.
- Рождественский А. П., Соколовский И. Л. Изучение эрозионных врезов, рисунка и истории формирования речной сети. В сб. «Применение геоморфологических методов в структурно-геоморфологических исследованиях». М., «Недра», 1970.
- Рябухин А. Г., Харлова О. И., Кутуков Д. А. О возможности появления ложных аномалий на космических изображениях. «Изв. вузов. Геология и разведка», № 11, 1976.

Институт географии АН СССР

Поступила в редакцию
18.VI.1979

AN ATTEMPT OF GEOMORPHOLOGICAL INTERPRETATION OF SPACE MULTI-ZONAL IMAGES OF PLAIN AREAS (A CASE STUDY OF MIDDLE RUSSIAN UPLAND)

ASOYAN D. S.

Summary

To study plain topography of the forest-steppe zone the space are most efficient which have been taken in spring in near field of the infra-red spectral band. The images analysis as well as the routine structural-geomorphological surface studies revealed new data on river valley features, supposed fault lines, local structures like swells, domes, depressions, isometrical block morphostructures, and allows to forecast neotectonic movements of the morphostructures.