

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СЕВЕРО-ЗАПАДА РУССКОЙ ПЛИТЫ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

А. И. ВАСИЛЬЧУК
(Кафедра геологии)

Обработка космических снимков (КС) территории северо-запада Русской плиты позволила выявить интересные особенности геологического строения региона. На основании полученных данных уточнены и детализированы представления о распространении кольцевых и линейных структур на территории этого района. Ранее на нее уже была составлена подобная карта, на которой отобразены три кольцевые структуры неясного генезиса и около пяти линейных структур и разломов [10]. В результате проведенного нами детального дешифрирования КС различных масштабов выявлено гораздо более широкое распространение линейных структур и большее число овално-кольцевых образований, часть которых является уже изученными структурными элементами земной коры. Описанию и геологической интерпретации кольцевых структур такого типа, расположенных на этой территории и выявленных по КС, посвящен ряд специальных работ [3, 6 и др.]. В них кольцевые структуры интерпретируются как гранитные овалы (гранито-гнейсовые купола — ядра сиалической коры) или как интрузивные щелочные массивы центрального типа. Совпадение результатов, полученных традиционными геологическими методами и при геологическом дешифрировании КС, позволяет вполне доверять им.

Известно, что «рентгеноскопичность» мелкомаштабных КС дает возможность обнаруживать нарушения, перекрытые мезокайнозойскими отложениями мощностью до 6—8 км [5]. Следовательно, мы вправе ожидать большой детальности отображения на снимках добыкальского фундамента Русской плиты, залегающего в районах, граничащих с Балтийским щитом, на глубине 0,5—3 км.

Наиболее эффективным методом изучения геологической структуры крупного региона с различными по генезису и размерам структурными элементами является комплексный анализ видеоинформации по КС нескольких масштабов [2, 4]. Нами использовались КС многоспектральных сканирующих телесистем искусственных спутников Земли (ИСЗ): «Метеор-29» в видимой и инфракрасной зонах спектра масштаба 1:10 000 000, «Метеор-29» и «Метеор-30» в дальней красной — ближней инфракрасной зоне спектра масштаба 1:2 500 000, «Лэндсат-1» и «Лэндсат-2» в видимой и ближней инфракрасной зонах спектра масштаба 1:1 000 000. Для структурного анализа наиболее информативными оказались сним-

ки, выполненные в ближней инфракрасной зоне спектра, независимо от сезона съемки (фрагменты их схем дешифрирования приводятся в работе).

В результате дешифрирования снимков всех указанных масштабов была выявлена густая сеть овално-кольцевых замкнутых и дугообразных образований. Количество кольцевых образований чрезвычайно велико, большинство их представляет собой системы концентрических или эксцентрических окружностей с явно выраженным «ядром», минимальный размер которого на снимках около 3 мм. Многие из отдешифрированных кольцевых образований, как крупных, так и мелких, нередко пересекаются, мелкие одинаково часто встречаются внутри и вне пределов более крупных образований.

Снимок масштаба 1:10 000 000 дал возможность отдешифрировать систему кольцевых образований (рис. 1) по несколько более темному, чем фон, тону дугообразных и замкнутых элементов с толщиной линии до 1 мм (первые, как правило, соответствуют крупным, вторые — мелким формам), а в отдельных случаях — по штриховым светлым, продублированным «тенью», расположенным концентрично вплотную друг к другу дугам. Самый яркий пример фотоизображения этого типа — центральная часть и периферийные дуги кольцевого образования в междуречье Онеги и Северной Двины (рис. 1).

Кольцевые образования отдешифрированы на всей безоблачной части КС. В частности, крупные кольцевые образования отдешифрированы к югу от озера Ильмень и к югу от Рыбинского водохранилища. Двухсоткилометровое в диаметре кольцевое образование расположено к востоку от Камского водохранилища, форма которого обусловлена частью внешней дуги кольца; к внутреннему кольцу аналогичного образования приурочено Горьковское водохранилище и т. д. (рис. 1).

Дешифрирование КС масштаба 1:10 000 000 позволило также выделить «сеть» протяженных (от 400 до 1000 км) линеаментов (рис. 1). Одна их группа имеет близкое к меридиональному направление, две других ориентированы соответственно на северо-запад и северо-восток и образуют «диагональную сеть тектонических структур» [10]. Один из линеаментов последней группы, проходящей несколько южнее Онежского озера, практически совпадает с проведенной на тектонической карте Европы и смежных областей [9] того

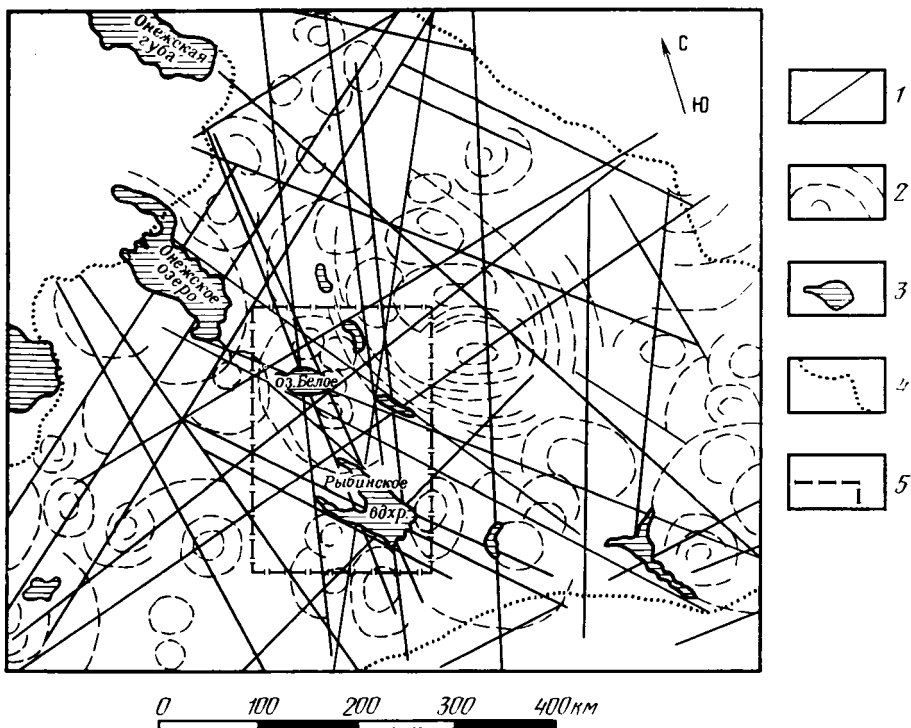


Рис. 1. Схема дешифрирования космического снимка масштаба 1 : 10 000 000, полученного с ИСЗ «Метеор-29».

1 — линейные элементы; 2 — кольцевые образования; 3 — водоемы; 4 — граница облачности; 5 — местоположение фрагмента схемы дешифрирования космического снимка более крупного масштаба.

же масштаба, что и КС, изогипсой глубины залегания поверхности добайкальского фундамента — 0,5 км. Заметим, что при изменении глубины залегания поверхности фундамента от 0 до 3 км детальность информации о кольцевых образованиях и линейных элементах не уменьшилась.

Снимки масштаба 1:2 500 000 дали детальную картину пространственного размещения кольцевых образований разных размеров и позволили выявить обусловленность ряда современных орографических элементов линейными и кольцевыми структурами, что видно на схеме дешифрирования КС района Рыбинского водохранилища (рис. 2). Форма водохранилища (почти параллельные северо-восточный и юго-западный берега) обусловлена двумя трансрегиональными прямолинейными линейными элементами, которые прослеживаются на протяжении 900 км и проявляются также в береговых линиях других водоемов, в частности Онежского озера. Дугообразный участок юго-восточного берега Рыбинского водохранилища повторяет форму внешнего сегмента кольцевого образования, центр которого расположен несколько восточнее.

Таким образом, форма этого искусственного водоема определена сетью линейных элементов и кольцевых образований, т. е. является унаследованной по отношению к структурным элементам различных порядков. Та же закономерность формирования бере-

гов прослежена по КС практически для всех естественных и искусственных водоемов (независимо от их размеров) северо-запада Русской плиты в пределах территории, изображенной на снимках этого и более крупного масштаба.

Наиболее крупными линейными элементами, отделированными на КС масштаба 1:2 500 000, являются: большая группа линейных элементов северо-западного направления от Ботнического залива до Валдайской возвышенности (отдельные линейные элементы даже южнее); группа линейных элементов под небольшим углом к первой, ориентированная на северо-северо-запад; ряд линейных элементов, идущих перпендикулярно к первой и расположенных к югу от линейного элемента, который фиксирует южные точки побережий Ладожского и Онежского озер и северного берега Чудского озера, идущих параллельно друг другу.

Наиболее полно на КС этого масштаба отражены следующие крупные системы кольцевых образований:

1. Кольцевое образование к северо-западу от Ладожского озера на территории Финляндии. Длина его большей оси примерно 300 км. По форме это вытянутый в северо-восточном направлении внешний эллипс, образованный цепочками озер. Внутренние его сегменты — концентричные внешнему образованию и более мелкие разноориентированные овальные элементы, так-

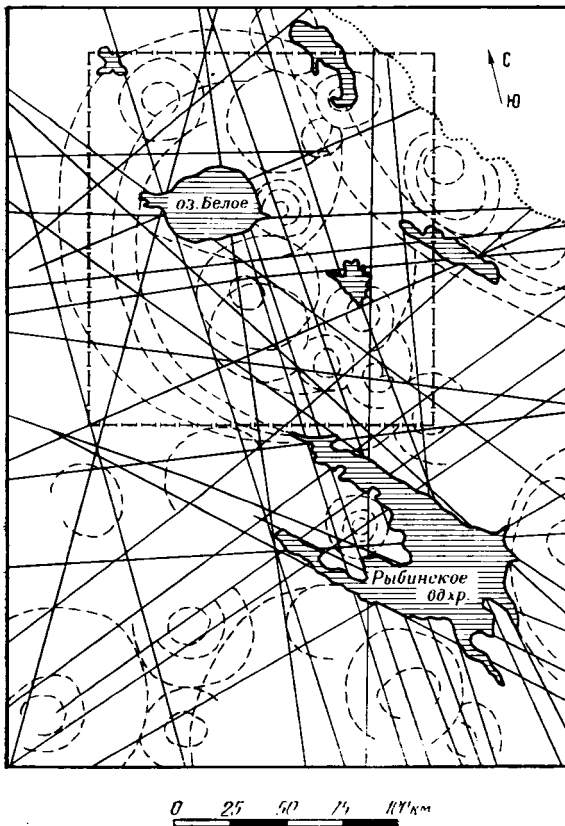


Рис. 2. Фрагмент схемы дешифрирования космического снимка масштаба 1 : 2 500 000, полученного с ИСЗ «Метеор-30». Обозначения те же, что на рис. 1.

же отраженные в береговой линии и взаимном расположении озер. Сложная, с большим количеством линейных элементов форма последних обусловлена описанной выше первой группой трансрегиональных линейментов, пересекающих внешнее кольцевое образование.

2. Кольцевое образование несколько меньшего размера (диаметр до 150 км) приурочено к оз. Белому — внутреннему кольцу образования — и оз. Воже — его северо-восточной периферии (рис. 2). Озеро Белое является местом пересечения целого ряда отдешифрированных на КС линейментов значительной протяженности — до 700 км. В южной части кольцевого образования отдешифрирована Андогская гряда, которая имеет на снимках перистую форму с четкими границами в виде дуг, концентричных гигантскому кольцевому образованию в междуречьи Онеги и Северной Двины и сходных с ним по структуре изображения, что позволяет предположить у этого самого крупного из отдешифрированных кольцевого образования наличие колец еще большего радиуса.

3. Крупное кольцевое образование, огибающее Ладожское озеро, размер его длинной оси около 250 км. В северо-западном направлении пересекается большим числом линейментов, трассирующихся даже через Ладожское озеро по береговым мезоформам. В периферийных (свободных от воды) частях кольцевого образования отде-

шифрован ряд более мелких кольцевых форм диаметром от 75 до 15 км.

4. Система крупных кольцевых образований и линейментов Онежского озера, представляющая собой внешнее кольцо, огибающее на некотором расстоянии от берегов все озеро в целом, и внутренние кольца, сформировавшие две разные по своему облику части озера: южную, заключающую в себе собственно озеро с относительно плавным рисунком берегов, и северную, состоящую из нескольких заливов и массы небольших, строго ориентированных вытянутых озер и островов. Пересекающие озеро линейменты отчетливо дешифрируются, имеют большую протяженность и относятся к группам трансрегиональных линейментов, описанных выше.

В масштабе 1:1 000 000 было отдешифрировано пять перекрывающих друг друга снимков. Несмотря на то что получены они были с ИСЗ «Лэндсат» в разные годы (1973—1976) и месяцы (апрель—июль), на соседних снимках кольцевые образования и линейменты в зонах перекрытия опознаются практически идентично. Основную часть нагрузки схем дешифрирования составляет информация о кольцевых образованиях диаметром от 40 до 10 км. Хорошо дешифрируется на снимках этого масштаба густая сеть линейментов — от отрезков трансрегиональных разломов, прослеживаемых по КС мелких масштабов на протяжении от 400 до 1000 км, до линейных струк-

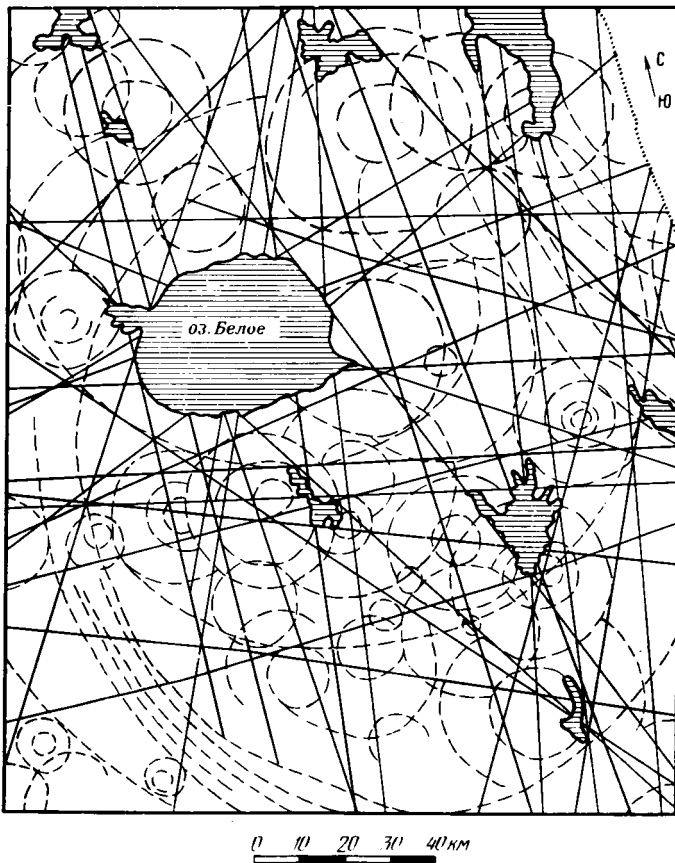


Рис. 3. Фрагмент схемы дешифрирования космического снимка масштаба 1 : 1 000 000, полученного с ИСЗ «Лэндсат-1». Обозначения те же, что на рис. 1.

турных элементов локального характера. Зоны, соответствующие крупным разломам, имеют на снимках специфический полосчатый рисунок и отчетливо дешифрируются по группам узких прямолинейно или дугообразно расположенных элементов, различающихся по тону и текстуре изображения. Эти элементы образуют полосы, ширина которых достигает 40 км.

Схема дешифрирования КС масштаба 1:1 000 000 в районе оз. Белого (рис. 3) дает значительно более насыщенную картину распространения кольцевых образований диаметром порядка 40 км, чем снимки мелких масштабов, где формы этих размеров отображаются единично. Кольцевые образования больших диаметров (от 100 км) дешифрируются в данном масштабе менее уверенно из-за большого числа пересекающих их мелких кольцевых объектов и увеличения детальности изображения растительности и почвенного покрова.

Сопоставление схем дешифрирования КС всех трех масштабов показало, что целый ряд элементов присущ всем схемам — это группа линейментов субмеридионального направления, периферийные дуги системы кольцевых образований, приуроченных к

оз. Белому, внешний юго-западный сегмент кольцевого образования в междуречьи Онеги и Северной Двины и некоторые другие. Различия в разномасштабных схемах распространения линейных и кольцевых образований являются результатом оптической генерализации природных объектов при уменьшении масштаба съемки.

Любопытно, что полученные схемы дешифрирования КС по общей картине размещения и формы кольцевых образований в значительной степени сходны с космическими изображениями Луны [8] и создают впечатление «пузырей», лопающихся в вязко-упругой среде. Такое сопоставление правомерно, так как на Кольском полуострове и в Карелии известны структуры, наиболее характерные для ранних стадий развития протоплатформ, так называемых «лунной» и нуклеарной. Вероятно, для «лунной» стадии свойственно возникновение первичных вулcano-плутонических кольцевых структур и соседствующих с ними метеоритных кратеров. Образовавшиеся в дальнейшем гранитные и гнейсовые комплексы формировали своеобразные куполовидные (овальные) структуры, имеющие в поперечнике до десятка, а иногда и до не-

скольких сотен километров [7]. Представленные выше данные дешифрирования разномасштабных КС позволяют предположить, что отдешифрованные образования в основном являются результатом процессов, происходивших на самых ранних стадиях развития Земли, и представляют собой «существенный структурный атрибут континентальной земной коры» [10]. Наличие особого поля напряжений, выявленного в зоне сочленения Балтийского щита и Рус-

ской плиты, в частности в районе Онежского озера, и свидетельствующего о связи поверхностных деформаций с глубинными процессами [1], также служит косвенным подтверждением тектонического генезиса кольцевых и линейных элементов, отдешифрованных на КС. Все это позволяет считать, что выделенные нами на КС кольцевые и линейные образования являются отображением реальных геологических структур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабак В. И., Касаткин Ф. Г., Сим Л. А. Вариации тектонического поля напряжений восточной части Балтийского щита. — Бюл. Моск. общ.-науч. прир. Отд. геол., 1981, вып. 56, № 1, с. 150. — 2. Брюханов В. Н., Моралев В. М. Космическая информация и геологические исследования. — Исслед. Земли из космоса. М.: Наука, 1980, № 1, с. 49—54. — 3. Доливо-Добровольский А. В., Стрельников С. И. Роль космических снимков в изучении линейных и кольцевых структур земной коры. — В кн.: Исслед. природной среды космическими средствами. Геол. и геоморфол., т. V. Доклады сов. ученых на совещ. сов.-амер. рабочей группы по исслед. природной среды с помощью космических средств. М.: ВИНТИ, 1976, с. 87—98. — 4. Кац Я. Г., Рябухин А. Г., Трофимов Д. М. Космические методы в геологии. М.: Изд-во МГУ, 1976. — 5. Кириллов А. Б., Борисов О. М. Опыт составления космогеологической карты на основе дешифрирования телевизионных снимков с ИСЗ «Метеор» (на примере Средней Азии). — Исслед.

Земли из космоса. М.: Наука, 1980, № 4, с. 25—29. — 6. Моралев В. М., Терехов Е. Н. Опыт геологической интерпретации Кожозерской кольцевой структуры, отдешифрованной по КС (Вост. Карелия). — Исслед. Земли из космоса. М.: Наука, 1980, № 5, с. 17—21. — 7. Павловский Е. В. Происхождение и развитие земной коры материков. — Геотектоника, 1975, № 6, с. 3—14. — 8. Полная карта Луны. Масштаб 1:5 000 000. /Научн. руковод. Ю. Н. Липский. М.: ГУГК, 1973. — 9. Тектоническая карта Европы и смежных областей. Масштаб 1:10 000 000. /Под ред. В. Е. Хаина, Ю. Г. Леонова. М.: ГУГК, 1979. — 10. Шеглов А. Д., Брюханов В. Н., Буш В. А., Елович Е. Л., Козицкая М. Т., Котелков Р. П., Лебедев С. П., Посошкова И. С. Космогеологическая карта линейных и кольцевых структур территории СССР. — В кн.: Четвертичная геол. и геоморфол. Дистанц. зондирование. М.: Наука, 1980, с. 130—137.

Статья поступила 16 июня 1981 г.

SUMMARY

Dense net of oval-ring closed curved and arched formations in the region of Russian plate bordered on Baltic sheet was given and described in the article on the basis of studing cosmic photographs.

Possibilities and peculiarities of exposure of liniaments on photos with scales 1:1 000 000, 1:2 500 000 and 1:1 000 000 were described in the article. It was concluded that it was advisable to analyse in consecutive order the photos of these scales for studing morphostructural territory peculiarities.