

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ УЧАСТКОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ПОИСКОВ ЭНДОГЕННЫХ РУД И КОРЕННЫХ АЛМАЗОВ

Ю.Н. Серокуров

*Институт дистанционных исследований окружающей среды (ООО "Институт ДИОС")  
Москва, Россия, [unege@it-center.ru](mailto:unege@it-center.ru)*

Технология выделения перспективных участков для локализации коренных руд универсальна, так как базируется на сумме благоприятных признаков, отражающих различные уровни организации мантии и земной коры. Включает: а) визуальное и компьютерное дешифрирование космических снимков разных видов и рангов в пределах эталонных рудоносных участков; б) специализированную обработку полученных данных с целью выделения информативных признаков; в) создание прогнозно-поисковых моделей рудных таксонов; г) экспрессную оценку новых площадей по материалам всё повышающейся детальности с выделением благоприятных участков для проведения наземных поисковых работ. Опробована во многих регионах России и мира на руды меди, никеля, золота, молибдена, олова, полиметаллов, урана и алмазов в связи с кимберлитами.

Месторождения эндогенных руд представляют собой аномальные концентрации полезных элементов в относительно малом объёме земной коры, возникшие вследствие стечения ряда благоприятных обстоятельств под влиянием различных факторов в развитии Земли. Их обнаружение – основная цель геологических исследований, в которых существуют стадии прогноза и поисков. Они базируются на выявлении объективных закономерностей образования и размещения конкретных руд в верхних горизонтах земной коры. Для этого используются разнообразные геологические, геофизические, геохимические, шлиховые, гидрогеологические методы и учитываются предпосылки приуроченности искомым руд к определённым формациям или структурам, эмпирические закономерности размещения уже известного оруденения относительно конкретных литологических, тектонических и магматических факторов. Положительный результат достигается только при учёте совокупности всех сведений, отражающих особенности формирования конкретного типа оруденения. Получение этих данных – процедура, которая требует значительных временных и материальных затрат.

Анализ современных представлений о природе и условиях локализации большинства эндогенных руд приводит к следующим заключениям:

- ✓ их первоисточником являются глубинные магмы и флюиды, проникновение которых к поверхности обусловлено функционированием мантийных и коровых энергетических очагов различного размера и геологического времени активизации;
- ✓ энергетические очаги предопределяли структурное и вещественное преобразование земной коры в отдельных её участках, а, следовательно, формирование каналов, являющихся путями миграции эволюционирующих масс. Последние либо уже несли рудные элементы и минералы, либо способствовали их мобилизации их вмещающих пород;
- ✓ определяющее влияние возникающих вследствие этих процессов коровых структур на пространственное размещение эндогенного оруденения подтверждается фактами приуроченности большинства рудных районов к узлам пересечения крупных линейных структур, а также радиально-концентрическим образованиям разного диаметра;
- ✓ основной таксономической единицей при прогнозных и поисковых работах на конкретные эндогенные руды являются рудные районы, объединяющие рудные узлы и месторождения близкого возраста и генезиса, пространственно связанные с магмотектоническими структурами очагового генезиса. В большинстве случаев они наложены на структуры и дислокации предшествующих этапов развития земной коры, которые, в конечном счёте, также участвуют в процессах рудообразования, предопределяя места возникновения рудоносных систем.
- ✓ состав формационных комплексов и слагающих их пород в верхних частях земной коры, структурные условия их размещения обуславливают разнообразие минеральных и морфологических типов руд, но не являются первопричиной их образования и не определяют региональных закономерностей размещения рудных районов. Их позиция в большей степени связана с глубинными трансформациями мантии и литосферы, а также разрывной тектоникой, обуславливающей миграцию флюидов и магм к поверхности.

Материалы космического зондирования стали равноправными участниками прогнозного процесса, что связано с быстрым развитием новых видов съёмок и технологий их обработки. Очевидна их эффективность как при картировании известных факторов контроля конкретных рудных таксонов, так и при выявлении новых вследствие таких оригинальных свойств снимков как обзорность, способность к генерализации, избирательная фильтрация информации в различных электромагнитных спектрах.

Уникальна возможность исследовать ландшафты любых участков земной поверхности в разных масштабах, сравнивать особенности строения рудных районов, расположенных на разных континентах. Корректный анализ и интерпретация обширной информации о тоне и текстуре поверхности, рисунке проявленных в ней линейных элементов способствует решению как прикладных задач при прогнозе и поисках руд, так и многих проблем теоретической геологии.

Опыт показал, что обычно рудоносные площади не проявляются на снимках отчётливо выраженными и однозначно воспринимаемыми аномалиями. Из известного списка структурных, литологических, магматических и геохимических критериев, выявленных при традиционных геолого-геофизических исследованиях, при прямом анализе изображений дешифрируется лишь незначительная часть. Часть полезной информации устанавливается с помощью косвенных признаков после специальной обработки изображений или результатов первичного дешифрирования различными компьютерными программами.

Использование космических снимков при прогнозе и поисках эндогенных руд опирается на общеизвестные геологические принципы:

- разноранговые рудоносные площади (*таксоны*) обладают геологическими границами, которые контролируются структурными формами различного типа и масштаба. Они либо определяют положение рудоносных площадей в земной коре, либо выступают в роли концентраторов оруденения;
- глубинные магматические расплавы и минерализованные растворы при движении к поверхности используют «ослабленные» зоны в земной коре, возникающие вследствие воздействия эндогенных сил;
- минеральные скопления различных типов связаны с определёнными по составу и генезису породами (осадочными, интрузивными, вулканогенными, метаморфическими) и сопровождаются разнообразными комплексами изменений вмещающих толщ.

Применяемая нами методика прогнозной оценки различных территорий на руды эндогенных металлов с использованием космической информации в идеале включает три этапа – подготовительный, основной и оценочный.

Подготовительный этап предполагает историко-геологический анализ оцениваемых площадей, определение на этой основе круга возможных здесь рудных процессов, подбор эталонов для формирования прогнозно-поисковых моделей, приобретение необходимых дистанционных и традиционных материалов.

Основной этап включает последовательный всесторонний визуальный и компьютерный анализ разномасштабных космических, геологических и геофизических материалов на эталонах с целью выявления прямых и косвенных факторов, контролирующих разноранговые рудные таксоны. Различия в масштабах должны достигать 2–3 раз, что обеспечивает качественные различия в снимаемой картографической информации. В качестве индикаторов благоприятных факторов выступают как сами элементы ландшафта (линейные, дуговые, кольцевые, цветовые, тоновые), так и их сообщества (структурные, текстурные, количественные). Интерпретация результатов осуществляется с использованием доступной геолого-геофизической информации. Из наиболее информативных факторов (признаков), имеющих пространственное выражение, формируются «типичные» прогнозно-поисковые модели для каждого ранга рудного таксона. Надёжность моделей при оценке новых территорий достигается использованием в них «сквозных» факторов, устойчиво проявляющихся на нескольких эталонах, расположенных в различных ландшафтных обстановках. Технология создания «оптимальных» прогнозно-поисковых моделей показана на схеме (рис. 1).

Оценочный этап выполняется для выяснения масштабов прогнозируемого оруденения и включает ряд специальных расчётов, основанных на экспертных оценках по конкретным видам руд.

Очевидно, что эффективность подобного способа оценки рудоносности территорий может опираться лишь на предварительно созданный и постоянно пополняемый банк прогнозно-поисковых моделей рудных таксонов разных типов (формаций) и масштабов. Кроме того, необходимо помнить, что материалы дистанционного зондирования позволяют выделять участки, где рудный процесс наиболее вероятен, но не обязательно реализован или вскрыт современной эрозией. В связи с этим, важна наземная проверка выделенных на последних этапах работ площадей, в процессе которой выясняется присутствие прямых признаков рудного процесса.

Работоспособность предложенной технологии проверялась нами во многих регионах мира (Россия, Казахстан, Украина, Монголия, Китай, Уругвай, Бразилия, Ботсвана, Ангола, Гвинея, Канада, Австралия) для различных видов полезных ископаемых – уран, золото, олово, полиметаллы, редкие и цветные металлы, медь, никель. Часть полученных результатов опубликована.

В юго-восточном Забайкалье проведено системное районирование территории с целью выделения перспективных площадей для поисков руд олова, молибдена, полиметаллов, золота [1, 2, 3]. В результате изучения крупнейших урановорудных районов мира созданы прогнозные модели для некоторых его формаций (рис. 2) и проведена оценка перспектив ряда площадей [4, 5]. Так в юго-восточном Китае выделены перспективные участки для локализации уранового оруденения «вулканического, гранитного, песчаникового и карбонатного» типов на двух уровнях – 1:1 000 000 и 1:500 000.

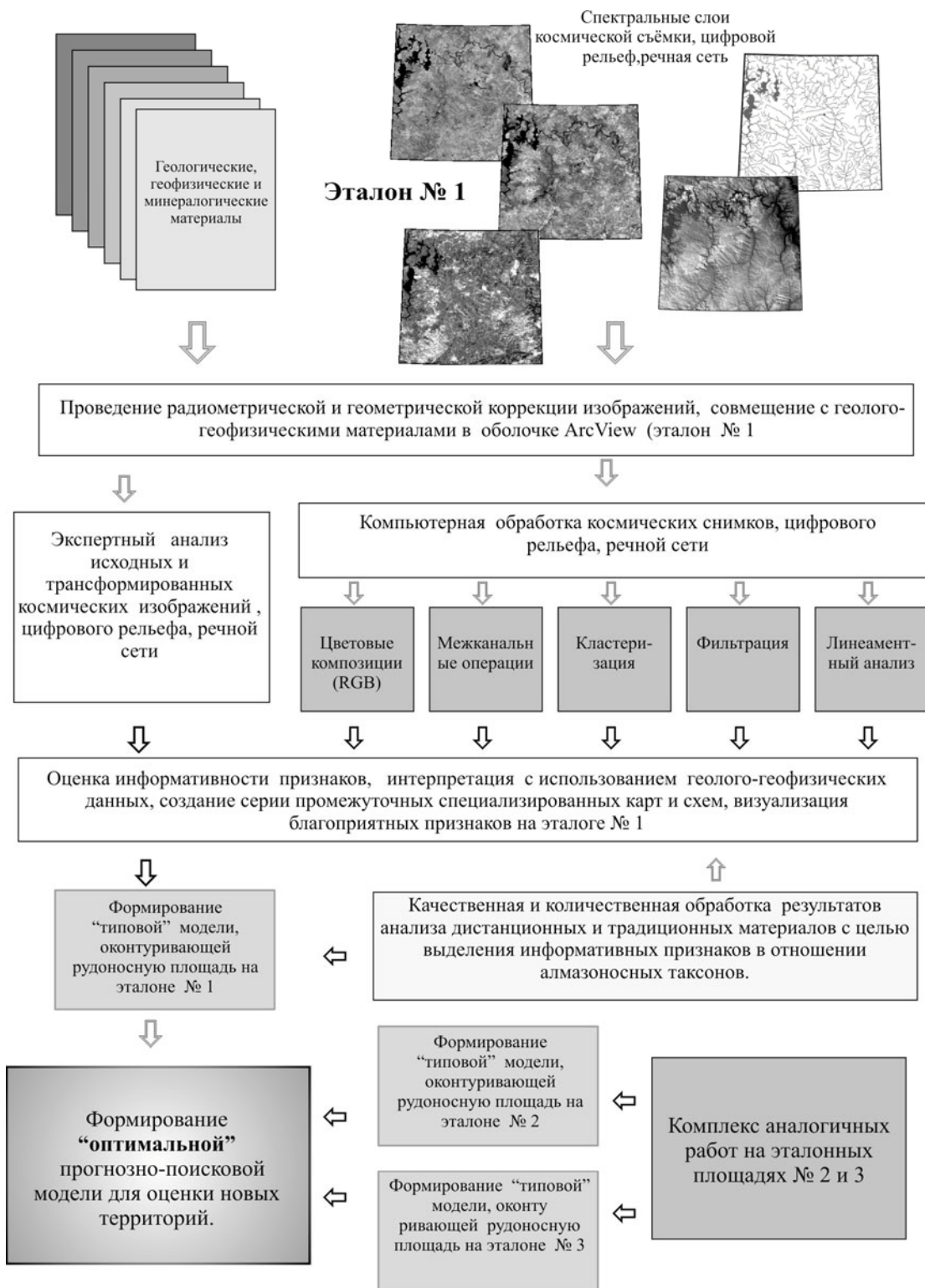


Рис. 1. Методика формирования «оптимальной» дистанционной прогнозно-поисковой модели рудного аксона определённого ранга.

Для Анабарского щита применена схема оценки рудоносного потенциала с использованием космических и геофизических материалов, а прогноз проведён для месторождений меди и никеля, золота, урана (тип «несогласия») и алмазов [6]. Комплексная оценка рудного потенциала отдельной страны продемонстрирована на примере Парагвая (Южная Америка), где выделены перспективные площади для локализации редкометалльного оруденения в связи с пегматитами и гранитами, комплексного (золото, полиметаллы, медь, олово и вольфрам) телетермального, медно-порфинового, уранового эпигенетического и алмазного в связи с кимберлитами [7]. На северо-востоке России выполнена оценка остаточных перспектив Омчакском рудного узла в Центрально-Колымской золотоносной провинции, где расположено уникальное по запасам Наталкинское месторождение.

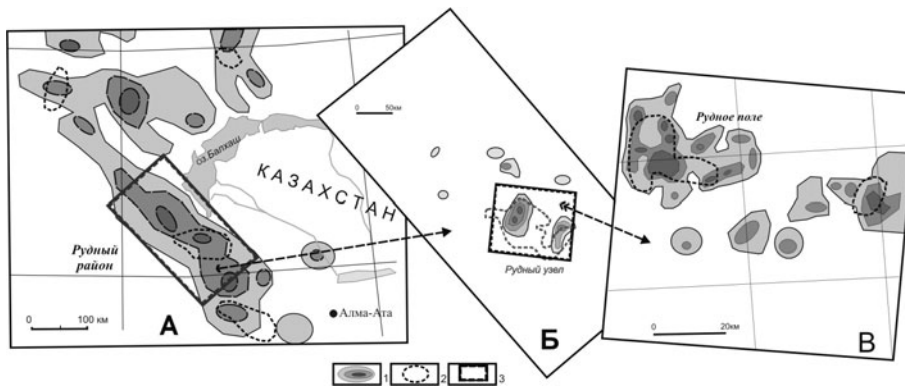


Рис. 2. Пример выделения благоприятных площадей для локализации уранового оруденения в вулканогенно-осадочных формациях областей тектоно-магматической активизации по дистанционным моделям разного ранга (созданным по материалам: А- низкого (~1:2 500 000) разрешения; Б- среднего (~1:1 000 000) разрешения; В- высокого (~1:200 000) разрешения).

1- участки совпадения определённого количества благоприятных факторов; 2- контуры известной рудности; 3- границы участков работ с дистанционными материалами следующего масштаба.

В последние годы значительное внимание нами было уделено формированию моделей прогноза коренных алмазов в связи с кимберлитами, о механизме формирования которых, несмотря на огромный объём накопленного фактического материала, до сих пор нет единого мнения. Существует множество гипотез, которые различно трактуют принципиальные аспекты этого процесса. В настоящее время можно лишь с уверенностью утверждать, что в природе существуют два типа алмазов - ксено- и фенокристаллы. Более существенен вопрос механизма транспортировки алмазоносных пород в верхние горизонты земной коры, а также форм отражения контролирующих их структур в геологических, геофизических, геохимических и ландшафтных полях, доступных современным методам анализа. Здесь, несмотря на различные генетические воззрения, преобладают общие взгляды о глубинной природе очагов алмазообразования, а также о форме каналов для миграции алмазодержащего материала в периоды активизаций. К последним относят наиболее крупные, заранее подготовленные каналы связи мантии с верхними горизонтами земной коры.

Первоначально прогнозные модели создавались нами на базе изучения алмазоносных территорий Южной Африки, Австралии, а проверялись и совершенствовались в Восточной Сибири, где расположены основные алмазные рудники России [8, 9]. Их создание позволило оценить перспективы на региональном уровне всей Европейской части России и большей части Восточной Сибири [10, 11]. На локальном уровне работы проведены в северо-западной Австралии [12], северо-западном регионе России [13], на востоке Гвинеи [14], в северо-восточной части Анголы (рис.3) [15].

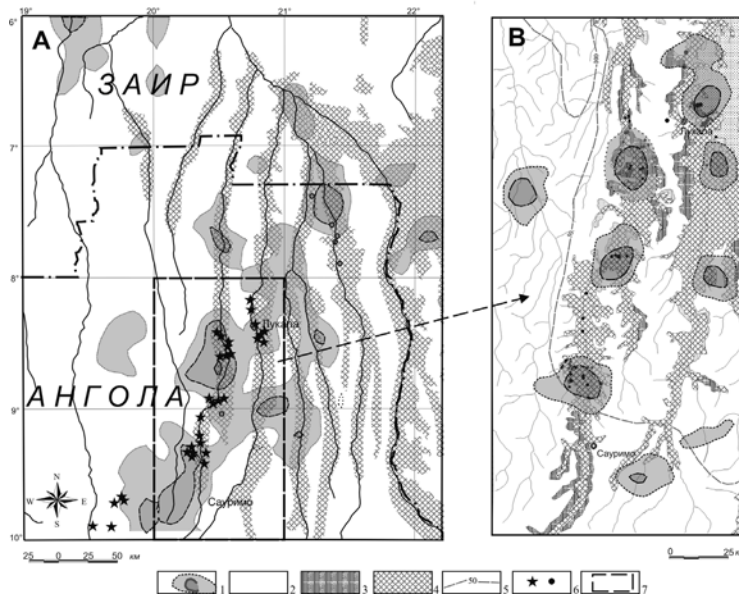


Рис. 3. Пример локализации перспективных для поисков алмазоносных кимберлитов площадей в Анголе: А- по дистанционным материалам среднего разрешения (ранг «район кимберлитового магматизма» в провинции Лунда-Нортэ); Б- по дистанционным материалам высокого разрешения (ранг «поле кимберлитового магматизма» вдоль реки Шикапа).

1- перспективные площади; 2- области развития палеоген-неогеновых осадков; 3- меловые отложения формации Калонда; 4- выходы архей-протерозойского кристаллического фундамента на поверхность; 5- изопахиты мощности осадочного чехла; 6- известные кимберлитовые трубки; 7- контур деталей работ.

В заключении отметим, что грамотное опережающее использование материалов космического зондирования в общем комплексе прогнозных и поисковых работ ведёт к значительному сокращению как временных, так и материальных затрат при оценке новых территорий и переоценке старых.

### Литература

1. *Серокуров Ю.Н.* Использование космических снимков для целей прогнозирования рудоносности территорий // Советская геология, 1991, № 10. С. 22- 27.
2. *Серокуров Ю.Н., Калужный А.А., Разговоров А.А.* Перспективы молибденового оруденения в юго-восточном Забайкалье по материалам космических съёмки // Геология и разведка, 1993, № 5. С. 100- 105.
3. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д.* Космическое зондирование при решении прогнозных и поисковых работ в Забайкалье. Недра Востока, 1993, № 2.С. 34- 39.
4. *Серокуров Ю.Н.* Возможности космических съёмки при прогнозе и поисках уранового оруденения // Геология и разведка, 1993, № 1, С. 104- 109.
5. *Серокуров Ю.Н., Смирнова Л.С., Калмыков В.Д.* Оценка проявленности площадей с урановыми месторождениями типа "несогласия" в материалах космических съёмки. // Геология и разведка, 1991, № 8.
6. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Макаров Д.В.* Рудоносный потенциал Анабарского щита по материалам дистанционного зондирования. // Руды и металлы, 2002, № 2, С. 7- 14.
7. *Серокуров Ю.Н.* Оценка перспектив территории Парагвая на поиски руд цветных, редких и радиоактивных металлов и алмазов с помощью космических съёмки // Геология и разведка, 1994, № 3, С. 71- 76.
8. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д.* Факторы контроля провинций, субпровинций и районов проявления алмазоносных пород // Отечественная геология, 1994, № 1, С. 3- 8.
9. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Зувев В.М.* Космические методы при прогнозе и поисках месторождений алмазов // М.: Недра, 2001. 198 с.
10. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д.* Структурная позиция кимберлитов на Сибирской платформе по данным изучения космических материалов // Геология и разведка, 1994, № 5. С. 74- 80.
11. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Смирнова Л.С.* Перспективы алмазоносности российской части Восточно-Европейской платформы по материалам дистанционного зондирования // Геология и разведка, 1997, № 6, С. 18- 27.
12. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д.* Размещение алмазоносных пород в северо-западной Австралии по данным изучения космических снимков // Геология и разведка, 1995, № 4, С. 65- 69.
13. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Макаров Д.В.* Структуры активизации северо-западного региона России и их связь с алмазоносностью // Отечественная геология, 2000, № 4, С. 42- 45.
14. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Смирнова Л.С., Одерев С.И.* Структурная позиция кимберлитов Лесной Гвинеи по материалам космического зондирования // Руды и металлы, 1999, № 2, С. 13- 21.
15. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д.* О структурном контроле кимберлитового магматизма в провинции Лунда-Нортэ (Ангола) // Отечественная геология, 2004, № 6, С. 78-82.