

# Опыт использования дистанционной информации при оценке золотоносного потенциала Восточных Саян

Ю.Н. Серокуров, В.Д. Калмыков, К.В. Громцев

*Институт дистанционных исследований окружающей среды, Москва  
E-mail: [i-dios@yandex.ru](mailto:i-dios@yandex.ru)*

В статье приведены результаты оценки золотоносного потенциала Восточных Саян. Основной базой для исследований явились разномасштабные данные дистанционного зондирования этого региона - космические снимки, цифровой рельеф, рисунок речной сети, а также доступные геологические, геофизические и металлогенические материалы. В основе идеологии прогноза, которой придерживались авторы, лежат представления о решающей роли при формировании эндогенных рудных районов, узлов, полей и месторождений очагов тектоно-магматической активизации, расположенных на разных глубинах и проявленных на современной поверхности радиально-концентрическими образованиями разного размера.

Материалы дистанционного зондирования играют значительную роль при прогнозных и поисковых работах на различные виды полезных ископаемых. В них прямо или косвенно отражается ряд известных факторов контроля рудоносных таксонов на разных иерархических уровнях, а также выявляются новые, ранее не известные, что и позволяет выделять перспективные площади для локализации искоемых руд.

Применяемая нами технологическая схема с использованием дистанционной информации оценки перспектив рудоносности любых территорий, основана на [1]:

- всестороннем изучение форм проявленности признаков разноранговых рудных таксонов на эталонных площадях в материалах дистанционного зондирования разного масштаба и вида;
- создании иерархического ряда прогнозно-поисковых моделей рудных таксонов, включающих только устойчиво встречающиеся в пределах нескольких эталонных площадей (сквозные) признаки;
- экспертной оценке новых территорий путём последовательной локализации перспективных участков лишь в области действия комплекса благоприятных факторов предшествующего ранга.

В этой работе приведены результаты оценки золотоносного потенциала Восточных Саян. Основной базой для исследований явились материалы дистанционного зондирования Земли – космические снимки, цифровой рельеф, рисунок речной сети, а также доступные геологические, геофизические и металлогенические материалы.

Для достижения поставленных целей были выполнены следующие виды работ:

- собраны и изучены доступные нам предшествующие работы (рукописные и опубликованные) для знакомства с особенностями геологического строения региона и условиями локализации в его пределах золотого оруденения;
- приобретены материалы дистанционного зондирования разных видов и масштабов, которые (вместе с доступной геологической информацией) организованы в виде пространственно ориентированных электронных банков данных;
- проведено визуальное и компьютерное дешифрирование материалов дистанционного зондирования повышающейся детальности в контурах, которые показаны на рис. 1;
- осуществлена качественная и количественная обработка результатов первичного дешифрирования дистанционных материалов на каждом этапе с целью выделения благоприятных признаков локализации рудных таксонов соответствующего ранга;
- построены специализированные космоструктурные схемы в рамках изученных участков;
- выделены перспективные участки для локализации золотого оруденения по дистанционным прогнозно-поисковым моделям разного ранга.

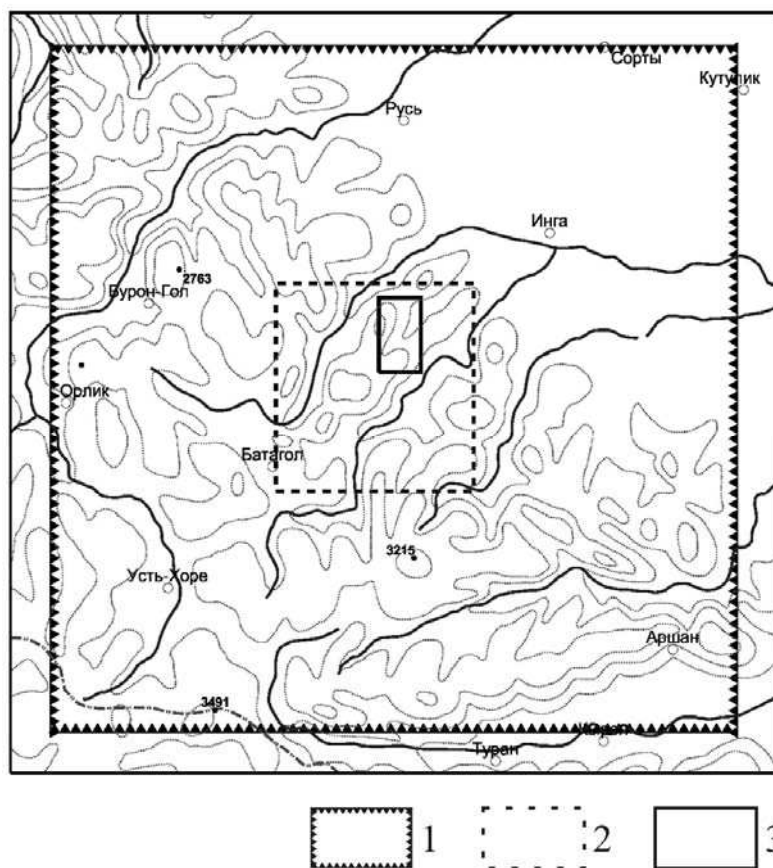


Рис. 1. Контуры работ на первом, втором и третьем этапах работ

В основе идеологии прогноза, которой придерживались авторы, лежат представления о решающей роли при формировании эндогенных рудных районов, узлов, полей и месторождений очагов тектоно-магматической активизации, расположенных на разных глубинах и проявленных на современной поверхности радиально-концентрическими образованиями разного размера. Теория механизма становления очаговых концентрических структур обоснована в работах многих российских геологов [2, 3].

Геологическое строение оцениваемой площади сложное в связи с её расположением на границе Алтае-Саянской палеозойской складчатой и Саяно-Енисейской метаплатформенной областей, которые разделены Главным Восточно-Саянским глубинным разломом. Здесь наблюдается сложное сочетание добайкальских срединных массивов и разновозрастных складчатых сооружений – салаирских, каледонских, герцинских, а также наложенных сингерцинских впадин и прогибов. При общей вытянутости основных структур с северо-запада на юго-восток, многие конкретные складчатые зоны здесь круто изгибаются в плане и простираются в самых различных направлениях – от северо-западного и субмеридионального до северо-восточного и субширотного, что свидетельствует об интенсивной локальной активизации их фрагментов.

В металлогеническом плане площадь находится в пределах Восточно-Саянской золотоносной провинции и здесь выявлены Зэгэн-Гольское, Зун-Холбинское и Бурун-Холбинское гидротермальные месторождения золота, а также несколько (Гурбейское, Катышинское, Аройское, Чет-Хемское, Миричунское, Катышское, Дургомжинское, Хребтовое, Чет-Хемское, Миричунское) рудопроявлений и проявлений. Вмещаются они разнообразными по возрасту породами - терригенно-вулканогенными толщами, горизонтами и пачками углеродистых сланцев с сульфидной минерализацией и высокой фациальной изменчивостью, массивами и дайками гранитоидов. Характеризуются пространственной и парагенетической связью с малыми интрузиями и дайками гранитоидов, габбро-диоритов, диабазов и габбро. Время формирования относится вслед за вне-

дрением гранитных штоков. Гидротермальные растворы поступали обычно по зонам дробления и их источником служили, вероятно, более глубинные магматические очаги.

На месторождениях выделяются дорудные (кислотное выщелачивание и привнос кремнезёма), рудные (кварцево-сульфидный метасоматоз нескольких этапов) и пострудные (кварцевые и кварц-карбонатные жилы) стадии. В качестве благоприятных для рудоотложения считаются участки интенсивной изменчивости литологических и петрологических характеристик разреза; участки проявления окварцевания, турмалинизации, хлоритизации, серицитизации, сульфидизации, магнетит-кварцевого метасоматоза; оперяющие крупных тектонических нарушений, зоны трещиноватости субширотного, северо-западного и субмеридионального простирания; узлы пересечения северо-западных и субширотных зон разломов [4].

В целом, золотое оруденение Восточных Саян относится к золото-сульфидно-кварцевому типу, а по мнению Добрецова, приближается к полигенному типу [5, 6]. По данным М.М. Константинова и др. [7] рудные районы этого типа обычно располагаются в пределах мегаантиклинорий, которые характеризуются сравнительно мощной земной корой (около 40 км). Их границами являются продольные по отношению к общему простиранию структур глубинные разломы и поперечные скрытые разломы фундамента, фиксируемые в верхнем структурном этаже отдельными разрывами, зонами повышенной трещиноватости, конфигурацией гранитных массивов, свитами даек. Золото-сульфидно-кварцевое оруденение связано с адамелит-плагиогранитными интрузиями. По геофизическим данным они имеют значительную вертикальную мощность, обладают умеренно-кислым составом, наличием зон мигматизации, куполовидным строением. Петрофизически они характеризуются нормальной щелочностью, преобладанием натрия над калием, низкими содержаниями железа, титана и повышенными – калия, алюминия. В сопровождающих массивы дайковых сериях развиты контрастные по составу и разные по генезису группы пород. Характерно сложное чередование во времени даек разного состава, обилие их возрастных групп, сложные взаимоотношения.

Рудные поля размещаются в участках, где продуктивные на золото интрузии прорывают колчеданосные базальты. Руды отличаются широким набором металлических компонентов – меди, теллура, висмута, мышьяка, сурьмы.

Для оруденения этого типа характерно [7, 8]:

- наличие признаков интенсивного глубинного возмущения гравитационного поля, проявленное его резкой вертикальной и латеральной дифференциацией, обособленностью положительных и отрицательных локальных аномалий;
- присутствие купольно-блоковых структур древнего заложения и ранней стабилизации с унаследованным режимом развития;
- сложная история дорудного магматизма;
- длительность процессов эволюции рудно-магматических систем;
- различные формы выделения золота, участие его в многочисленных парагенезисах;
- значительный вертикальный интервал промышленного оруденения, проявленный волнообразной рудометасоматической зональностью.

Общими чертами геологии данного типа оруденения является контроль региональными структурами глубокого заложения и их сопряжениями; связь с глубинными энергетическими источниками (возможно, мантийными диапирами); отсутствие «жёсткой» связи с конкретными магматическими ассоциациями (вырисовывается приуроченность золото-сульфидных руд к эпицентрам магматических систем как гранитоидного, так и базитового состава, а золото-кварцевых – к периферии этих систем).

В рамках первого этапа работ проведён анализ дистанционных материалов малого разрешения на площади в 45 000 кв. км, охватывающей практически весь регион Восточного Саяна. Были установлены региональные структурные признаки, свидетельствующие о присутствии здесь в подкоровом пространстве мантийного диапира, который оказывал влияние на процессы рудообразования в регионе в течение длительного геологического времени. При детализации структурной информации визуализированы элементы, проявляющие позицию дочерних очагов активизации

ции, расположенных в нижних частях земной коры. Установлен их отчётливо наложенный характер на структурный план региона. Построена космоструктурная схема масштаба 1:1 000 000, которая содержала материал для дистанционной прогнозно-поисковой модели, с помощью которой выделены участки, благоприятные для формирования таксонов в ранге «золоторудный район» (рис. 2А). Всего их пять и в пределах трёх расположены известные к настоящему времени золоторудные объекты – Зун-Холбинское и Бурум-Холбинское месторождения в Республике Бурятия, Зэгэн-Гольское и ряд рудопроявлений в Иркутской области. Общая площадь их не превышает 20% от первоначально вовлечённой в анализ. Следует отметить, что в их контурах, кроме золоторудных объектов, возможно формирование и других гидротермальных месторождений с ведущей ролью молибдена, олова, вольфрама, меди и т.д.

Работы второго этапа проведёны на площади в 2 500 кв. км в центральной части региона на базе дистанционных материалов значительно более высокого разрешения. По результатам анализа построена космоструктурная схема масштаба 1:200 000, информирующая о позиции средневерхнекоревых очагов активизации. На её основе, а также с привлечением геологических карт масштаба 1:200 000 и 1:25 000, составлена прогнозная модель, позволившая выделить участки, перспективные для поисков золоторудных таксонов в ранге «золоторудный «узел» (рис. 2Б). Единая и достаточно обширная аномалия, оконтуренная по результатам первого этапа работ, распалась на несколько изолированных, каждая из которых может соответствовать рангу искомого таксона. В качестве наиболее перспективной можно рассматривать лишь 10 % оцененной площади в его северной части.

Работы третьего этапа проведёны на площади в 260 кв. км, которая полностью охватывает выделенную на втором этапе перспективную аномалию. Анализировались дистанционные материалы с максимально возможным (15 – 30 м/п) разрешением. Изучалась выраженность известных здесь прямых и косвенных признаков золотого оруденения, выяснялись и другие признаки рудного процесса. Построена космоструктурная схема участка в масштабе 1:100 000. По дистанционной прогнозной модели «золоторудное поле» оконтурены наиболее перспективные участки площадью от сотен метров до первых квадратных километров (рис. 2В).

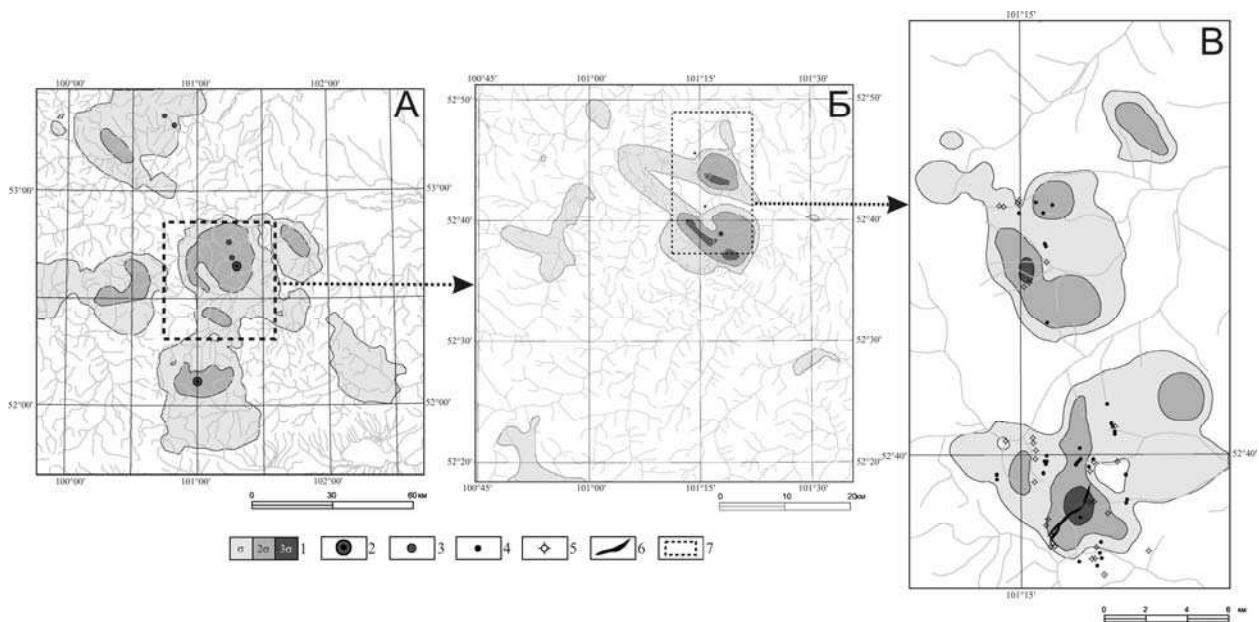


Рис. 2. Схема перспективных участков по результатам анализа дистанционных материалов различного разрешения для локализации коренного золотого оруденения в рангах: А– золоторудный район; Б– золоторудный узел; В– золоторудное поле

1- перспективные участки с различной степенью вероятности от  $X_{Cr}+0,5\sigma$  до  $X_{Cr}+3\sigma$ ; 2 - известные месторождения (А и Б); 3 - известные рудопроявления (А и Б); 4 - точки золотой минерализации (В); 5 - золото в илищах (В); 6 - зона с промышленной золотоносностью (В); 7 - контуры участков, выделяемых под более детальный анализ

В результате проведённых работ можно констатировать, что материалы дистанционного зондирования позволяют выделять благоприятные для поисков золотого оруденения площади и локализовать их по материалам всё более детального масштаба.

### Литература

1. *Серокуров Ю.Н.* Использование космических снимков для целей прогнозирования рудоносности территорий // Советская геология, 1991. № 10. С. 22-27.
2. *Томсон И.Н., Фаворская М.А.* Рудоконцентрирующие структуры и принципы локального прогнозирования эндогенного оруденения // Советская геология, 1968. № 10. С.6-20.
3. *Хаин В.Е.* Внеальпийская Азия и Австралия // Региональная геотектоника. М.: Недра.
4. *Бахтин В.И., Роцектаев П.А.* Состояние и проблемы добычи золота в Бурятии – Новые технологии добычи и переработки природного сырья в условиях экологических ограничений // Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, 26-30 июля 2004 г., г. Улан-Удэ. – Улан-Удэ, 2004. С. 3-6.
5. *Добрецов Н.Л., Беличенко В.Г., Боос Р.Г. и др.* Геология и рудоносность Восточного Саяна // Новосибирск: Наука, 1989.
6. *Zhmodik S.M., Dobretsov N.L. Mironov A.G., Roshchektaev P.A. et al.* Mineralogical and geochemical signatures of hydrothermal-sedimentary origin of gold ore formation of the kholba deposits. Eastern Sayan, Russia // Resource Geology. Special issue, N17, 1993
7. *Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А. и др.* Золоторудные гиганты России и мира. М.: Научный мир, 2000.
8. *Некрасов Е.М.* Зарубежные эндогенные месторождения золота. М.: Недра, 1988.