
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ**

**ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ
ЗОН КАТАКЛАЗИТОВ И МЕТАСОМАТИТОВ НА ПЛОЩАДИ УВАТСКОГО
РУДНОГО УЗЛА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)**

© 2019 г. Г. А. Миловский*, Е. М. Шемякина, А. А. Беляков, И. Г. Гиль

Научный геоинформационный центр РАН, Москва

*E-mail: oregas@mail.ru

Поступила в редакцию 29.06.2018 г.

Дешифрирование материалов российской космической съемки ИСЗ «Ресурс-П» (Геотон) в видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах позволило выделить зоны дробления и разломы северо-восточного, субширотного и субмеридионального простирания, определяющие структурную позицию урановой минерализации в пределах Уватского рудного узла в Восточном Саяне. Определена принципиальная возможность использования многозональной космической съемки высокого разрешения (3 м) для выявления метасоматически измененных рудовмещающих пород нижнего протерозоя и рифейско-палеозойских карбонатно-терригенных отложений.

Ключевые слова: многозональная космическая съемка, геолого-геофизические данные, поисковые признаки, месторождения урана

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0205-96142019147-54>

ВВЕДЕНИЕ

Уватский рудный узел расположен в центральной части Уватской горст-антиклинальной структуры, ограниченной с северо-востока региональным Присаянским разломом. В ядре горст-антиклинали обнажаются метапесчаники, кварц-хлорит-серицитовые сланцы (уватская толща) и гранитоиды (саянский комплекс) нижнепротерозойского фундамента, а ее крылья сложены терригенными отложениями рифейско-го чехла. Внутренняя структура уватской толщи определяется как моноклираль с общим падением слоев на северо-восток, осложненная системой узких линейных складок северо-западного простирания, иногда запрокинутых на северо-восток (Государственная..., 2007). Гранитоиды саянского комплекса слагают субсогласные со слоистостью, удлиненные в северо-западном направлении тела. Многочисленные тектонические нарушения представлены крутопадающими разрывами сбросового, сдвигового и взбросового характера, зонами объемного катаклаза с участками тектонического дробления и брекчирования (Машковцев, 2010). В пределах зон тектонических нарушений породы интенсивно изменены метасоматическими процессами.

Для решения прогнозно-поисковых задач средствами космодешифрирования была использована многозональная космическая съемка высокого разрешения (3 м) с российского аппарата Ресурс-П (геотон). Компьютерная обработка космических снимков (фильтры, трансформации, синтез) позволяет дешифрировать структурные элементы (линеаменты), контролирующее пространственное расположение эталонных месторождений, рудопроявлений и оптимизировать прогнозно-поисковые работы за счет сокращения площади опознания при отбраковке неперспективных участков. К точечным поисковым признакам отнесены рудопроявления и пункты минерализации; к линейным и площадным — разрывные нарушения, дайки, стратиграфические горизонты, магматические тела, зоны метасоматических изменений и т.п. Поисковые признаки могут не являться геологическими объектами, например, в качестве поисковых признаков могут выступать геофизические данные или запасы месторождений в том случае, если месторождения рассматриваются в качестве поисковых признаков точечного класса. Обработка космических данных и картографических материалов осуществлялась с помощью программных продуктов ArcGIS, Adobe Photoshop и ENVI.

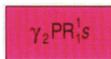
R_3tg_3	Тагульская свита	Верхняя подсвита. Доломиты песчанистые розовые, вишневые; прослои песчаников кварц-полевошпатовых; в нижней части разреза — доломиты песчанистые маргацовистые (270–540 м)
R_3tg_2		Средняя подсвита. Песчаники и алевролиты кварцевые, доломитистые разнозернистые сероцветные; алевролиты полевошпатово-кварцевые вишневые; прослои доломитов марганцовистых розовых; в средней и нижней части разреза — песчаники марганцовистые (250–510 м)
$R_{2-3}sn_2$	Шангулевская свита	Верхняя подсвита. Песчаники полевошпатово-кварцевые в переслаивании с алевролитами и аргиллитами вишневыми; прослои доломитов бурых с микрофилитами, туфов, туффитов (180–360 м)
$R_{2-3}sn_1$		Нижняя подсвита. Песчаники полимиктовые крупно- среднезернистые красноцветные на глинисто-гидрослюдистом цементе; в основании — конгломераты валунно-галечные на песчаном цементе, конглобрекчи (80–220 м)



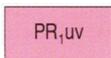
Уватский комплекс умеренно-щелочных гранитов и гранодиоритов. Интрузия гранитов. Дайки диоритовых порфиритов, сиенит-порфиритов, гранит-порфиритов



Курятская свита. Песчаники; сланцы глинисто-серицитовые, ортоамфиболиты, прослои доломитов бежевых; в основании — конгломераты (700–750 м)



Саянский комплекс гранодиорит-гранитовый. Вторая фаза. Массивы гранитов биотитовых среднезернистых слабонейсовидных, участками порфировидных



Уватская толща. Металесчаники, прослои метаалевролитов, сланцы серицит-хлоритовые, кварциты, прослои metabазальтов (1170 м)

Разрывные нарушения
Главные разломы



Сложной кинематики: а — достоверные, б — достоверные, скрытые под вышележащими образованиями

Тектониты



катаклазиты

Метасоматиты,
метасоматически
измененные породы



гумбеиты, аргиллизиты (**gm.ar**) ; калишпатизированные (**kl'**), гумбеиты (**kl'.br.gm**);

Условные обозначения к рис. 1.

изображений в спектральных каналах 21, 22, 23, 33 «Ресурс-П». В результате установлено, что площади развития метасоматически измененных пород уватской толщи и гранитоидов саянского комплекса отличаются по цветовой палитре от верхнерифейских и палеозойских образований. На рис. 4 густо-коричневым цветом выделяются образования уватской толщи и гранитоиды саянского комплекса, подверженные интенсивной метасоматической проработке; верхнерифейские карбонатно-терригенные отложения тагульской свиты

представлены в коричневато-серых тонах, а расположенные к востоку от Присяянского регионального разлома палео-мезозойские осадочные образования чехла Сибирской платформы проявляются в зеленовато-серых тонах.

Месторождение Ансах приурочено к северо-восточному замыканию ядерной части Уватской горст-антиклинали, оруденение локализуется в тектонической зоне кварц-карбонат-серицит-хлоритовых метасоматитов по нижнепротерозойским сланцам и металесчаникам уватской толщи, на

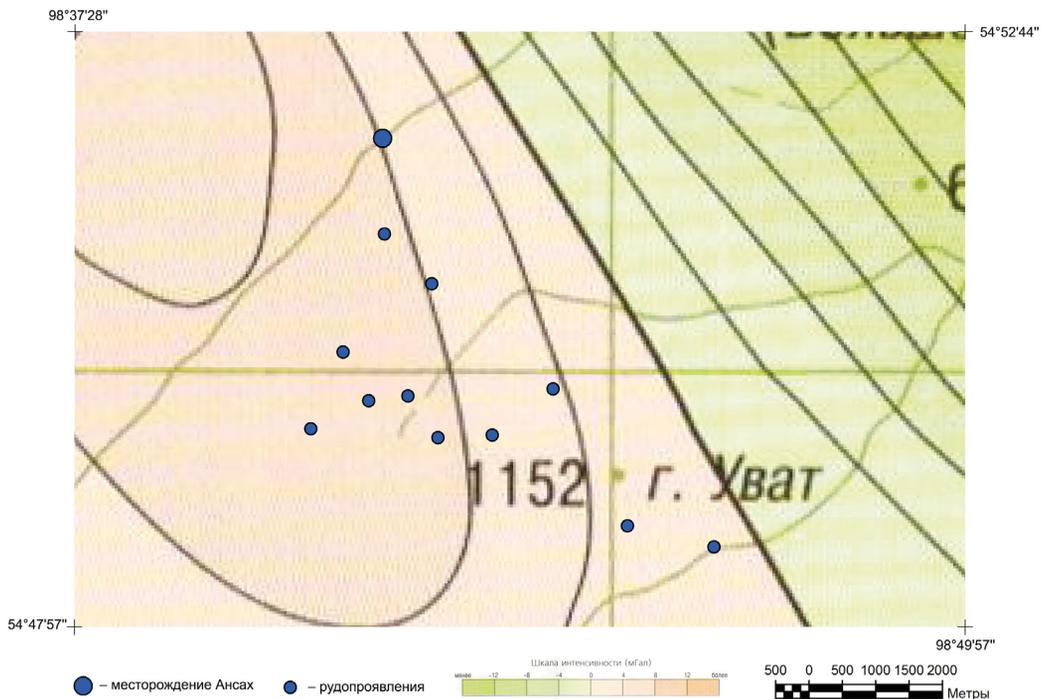


Рис. 2. Уватский рудный узел. Фрагмент карты гравитационных аномалий N-47-IX.

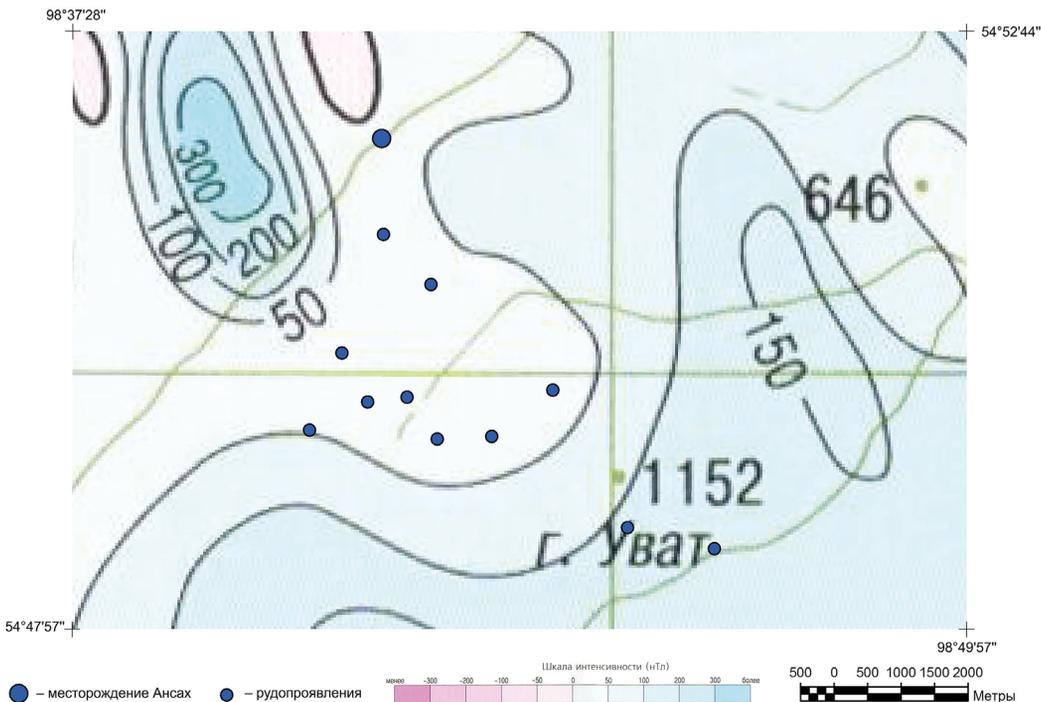


Рис. 3. Уватский рудный узел. Фрагмент карты магнитных аномалий N-47-IX.

которых со стратиграфическим несогласием залегают конгломераты и песчаники курятской свиты (Государственная..., 2007; Государственная..., 2012). Рудовмещающая тектоническая зона имеет северо-западное (320°) простирание и падение

на северо-восток под углами от 10° до 30° (Максимов, 1997). По простиранию зона прослежена на 4000 м, по падению на 1200 м, при истинной мощности 300 м. В пределах зоны урановое оруденение концентрируется на двух уровнях (рис. 5).

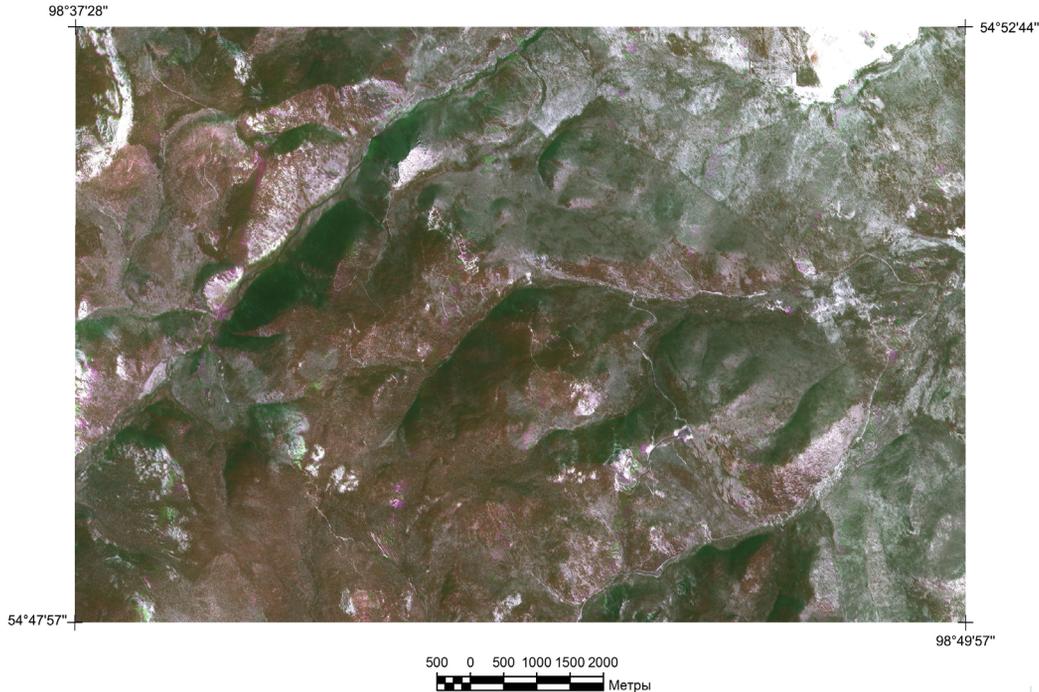
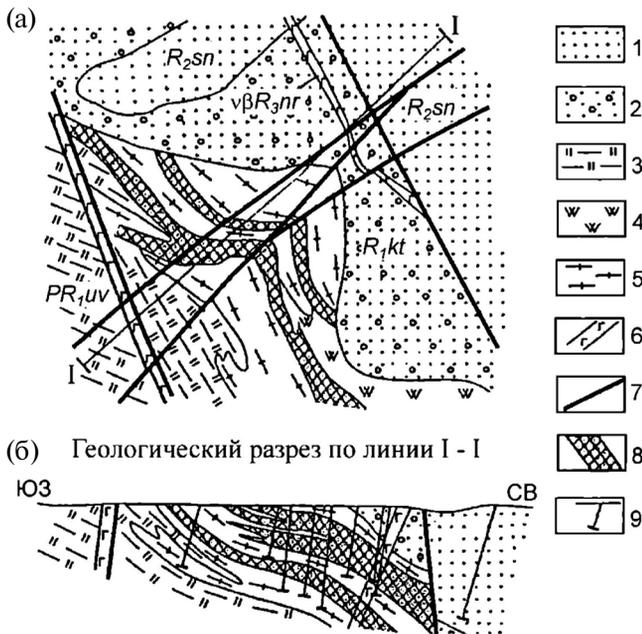


Рис. 4. Уватский рудный узел. Космическая съемка высокого разрешения. Цветовая композиция RGB каналов 22, 33, 21. Ресурс-П (геотон).



Мощность верхнего уровня 50–130 м, нижнего — 10–40 м. Верхний уровень тяготеет к поверхности контакта с перекрывающей курятской свитой. Внутри двух уровней вмещается более 30 пластов и линзообразных рудных тел мощностью 0.3–7.0 м и содержанием урана 0.01–0.15%. Богатые содержания урана (до 1.8%) наблюдаются в узлах пересечения пологой северо-западной зоны с крутопадающими нарушениями северо-восточного простирания. Рудовмещающая зона представляет собой дробленые, брекчированные кварц-карбонат-серицит-хлоритовые метасоматиты с прожилково-вкрапленными выделениями настурана, в ассоциации с пиритом, марказитом, халькопиритом, галенитом, молибденитом. В зоне окисления настуран замещается отёнитом, бета-уранотилом, уранофаном, торбернитом.

Месторождение Ансах локализовано между двумя разломами северо-западного простирания (один из которых залечен дайкой долеритов) и приурочено к секущему их разлому северо-восточного простирания, что подтверждается данными космической съемки (рис. 6). Развитые в пределах Уватского рудного узла линейные зоны катаклаза и трещиноватости, к которым по геологическим данным приурочены тела потенциально рудоносных метасоматитов, также хорошо диагностируются по космическим данным (рис. 7). Основной задачей настоящей работы было дешифрирование по снимкам высокого разрешения

Рис. 5. Месторождение Ансах. (а) — геологическая карта; (б) — разрез по линии I-I. По А.А. Будуну, ГП «Сосновгеология». 1 — шапулежская свита (R_2sn)-песчаники мелкозернистые красноцветные; 2 — курятская свита (R_1kt)-конгломераты, гравелиты, песчаники грубозернистые, сероцветные; 3 — уватская свита (PR_{1uv})-сланцы кварц-хлоритовые; 4 — кварциты; 5 — метасоматиты кварц-калишпатсерицитовые; 6 — диабазы, габбро-диабазы нерсинского комплекса (R_3nr); 7 — разрывные нарушения; 8 — ураноносные зоны объемного катаклаза, дробления и гидротермально-метасоматического изменения пород; 9 — скважины (на разрезе).

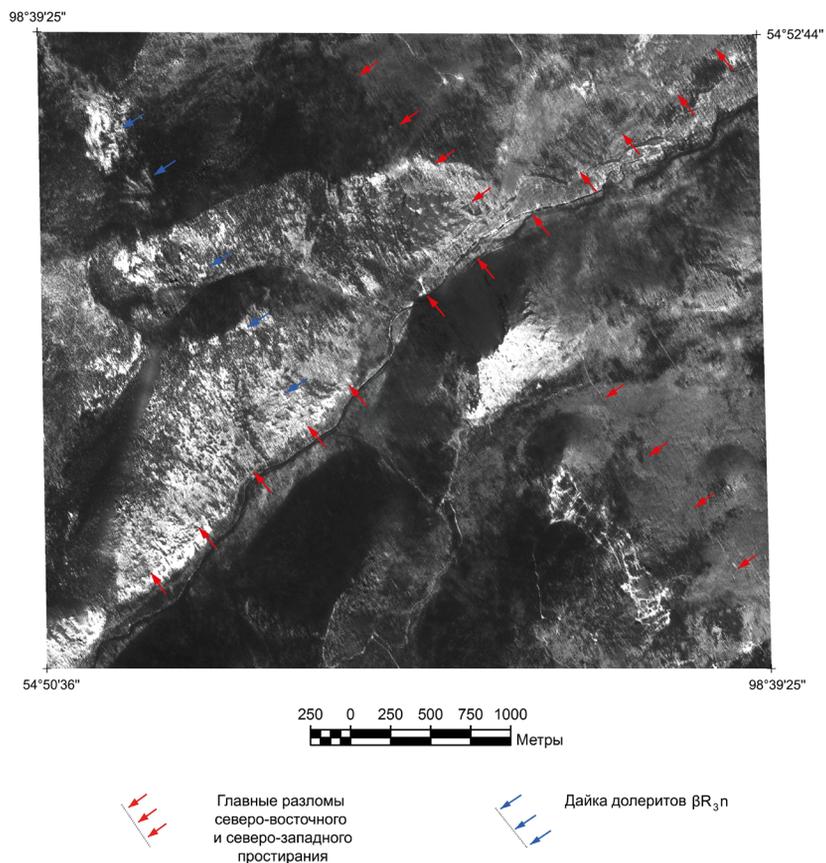


Рис. 6. Уватский рудный узел. Месторождение Ансах, рудопроявления Каменское, Восточное. Космическая съемка высокого разрешения. Канал 22 (720—800 нм). Ресурс-П (геотон).

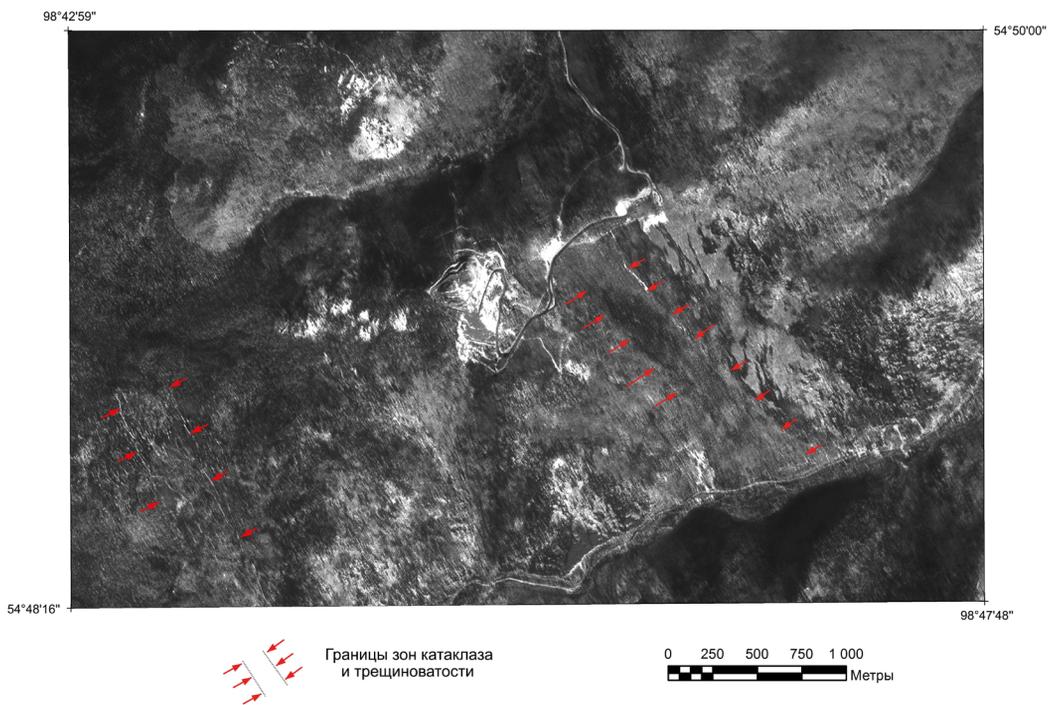


Рис. 7. Уватский рудный узел. Рудопроявления Уват, Гольцовское. Космическая съемка высокого разрешения. Канал 21 (610—680 нм). Ресурс-П (геотон).

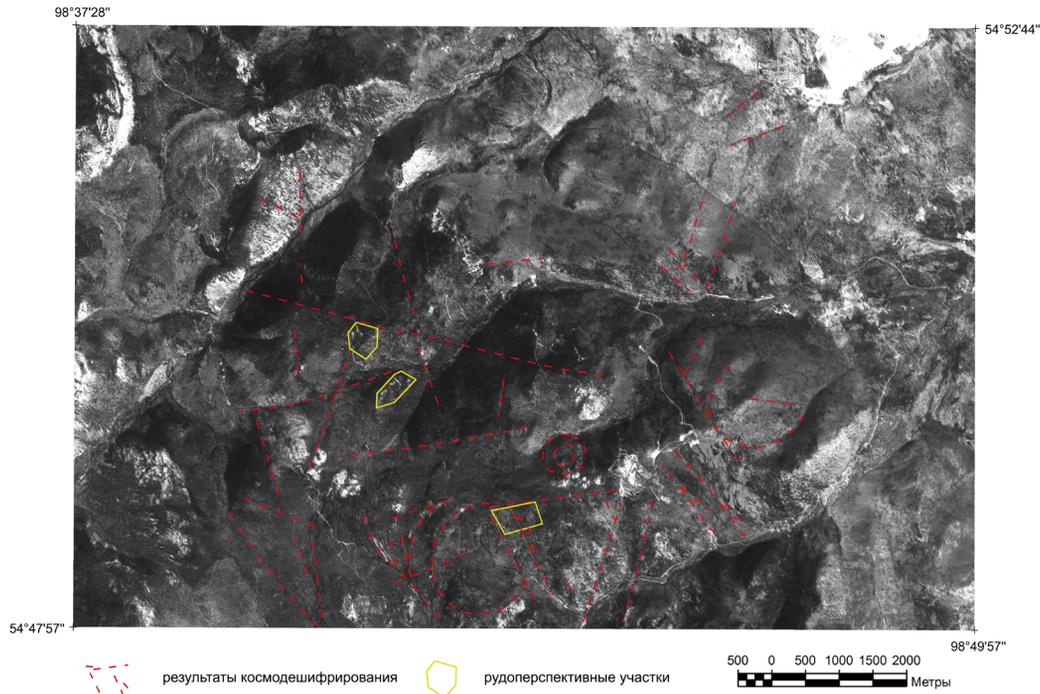


Рис. 8. Структурные элементы, выявленные на площади Уватского рудного узла при дешифрировании материалов космической съемки. Ресурс-П (геотон).

М 1:15000—1:25000 дизъюнктивных структурных элементов, определяющих границы потенциальных рудных полей и месторождений, в нижнепротерозойских образованиях рудоносной уватской толщи и гранитоидных интрузиях саянского комплекса. В результате космодешифрирования (рис. 8) установлено блоковое строение Уватского рудного узла, определенное разрывными структурами субширотного, север-северо-восточного и север-северо-западного простирания. Эти дизъюнктивы относятся к разломам более высокого ранга по отношению к северо-западным разломам, показанным на геологической карте (рис. 1). Они имеют меньшую протяженность, различаются по морфологии и кинематике. Их часто отличает прерывистый характер, когда разлом трассируется через несколько блоков, но в некоторых из них он не дешифрируется. Такие разломы можно отнести к разряду длительно живущих “скрытых” дизъюнктивов.

Важное место в строении исследуемой площади занимают субширотные разломы, существенная роль этих разломов в геологическом строении Восточного Саяна отмечалась ранее (Барышев, 1976). Крупные субширотные разломы широко развиты в центральной и южной частях площади работ. Рудопроявления и пункты минерализации сосредоточены в узлах пересечения субширотных и север-северо-восточных разломов. Разломы

субширотного и северо-восточного направления представляют собой малоамплитудные или безамплитудные зоны дробления (Государственная..., 2007). В южной части исследуемой площади выделены также кольцевые структуры, которые интерпретируются как купольные структуры, фиксирующие апикальные части гранитоидных интрузий. В ряде случаев разломы север-северо-западного простирания фиксируют линейно вытянутые гранитоидные тела.

Рудопроявления Уватского рудного узла локализованы в минерализованных зонах дробления различного простирания: крутопадающая минерализованная зона рудопроявления Гарет (рис. 1, № 4) имеет северо-западное простирание; минерализованные зоны рудопоявлений Гольцовое (рис. 1, № 11) и Каменское (рис. 1, № 2) имеют соответственно северо-восточное и субмеридиональное простирание. Рудопроявления тяготеют к области контакта гранитов саянского комплекса с отложениями уватской свиты. Таким образом, можно констатировать, что одним из основных поисковых признаков оруденения является плотность сети разломов северо-восточного, северо-западного, субмеридионального и субширотного простирания развитых в поле уватской толщи. На рис. 8 представлены участки, которые могут быть рекомендованы для постановки наземных заверочных работ.

ВЫВОДЫ

В результате дешифрирования материалов многозональной космической съемки высокого разрешения на площади Уватского рудного узла выявлены линейные зоны дробления и разломы северо-восточного, субширотного и субмеридионального (север-северо-восточного и север-северо-западного) простирания, плотность сети которых определяет позицию известных рудопоявлений и пунктов минерализации; намечены участки для постановки наземных поисково-заверочных работ. Определена принципиальная возможность выявления метасоматически измененных нижнепротерозойских образований рудовмещающей уватской толщи и карбонатно-терригенных рифейско-палеозойских отложений на основе синтеза изображений в различных спектральных каналах Ресурс-П (геотон).

Источник финансирования. Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 48: «Месторождения стратегических и высокотехнологичных металлов Российской Федерации: закономерности размещения, условия формирования, инновационные технологии прогноза и освоения». Тема: «Разработка способов выявления месторождений

стратегического сырья средствами космической, гравиметрической и магнитометрической съемки на эталонных объектах Присаянского района Иркутской области».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барышев А.С. Основные элементы тектоники Восточного Саяна и Присаянья по геофизическим данным. М.: Недра, 1976. 120 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. М 1:200 000. Сер. Восточно-Саянская. Лист N-47-IX. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. М 1:1000 000 (третье поколение). Сер. Ангаро-Енисейская. Лист N-47. Нижнеудинск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012.

Максимов Е.А. Прогнозно-геологические работы М 1:50 000 с оценкой ураноносности зон структурно-стратиграфического несогласия на Присаянской площади (Уватский и Восточный участки). Отчет по геологическому заданию С-5 за 1995–1997 гг.

Машковцев Г.А., Константинов А.К., Мигута А.К., Шумилин М.В., Щеточкин В.Н. Уран Российских недр. М.: ВИМС, 2010. 850 с.

Application of Remote Sensing for Detection of Zones of Cataclastic and Metasomatic Rocks on the Area of the Uvatsky Ore Cluster (Eastern Sayan)

G. A. Milovsky*, E. M. Shemyakina, A. A. Belyakov, I. G. Gil

Scientific Geoinformation Center of RAS, Moscow

**E-mail: oregas@mail.ru*

Interpretation materials of the Russian space survey «Resource-P» (Geotone) in the visible and infrared bands made it possible to identify crush belts and faults of the northeastern, sublatitudinal and submeridional strike that determine the structural position of uranium mineralization within the Uvat ore cluster in the East Sayan. The principal possibility of using a high-resolution multi-zone space survey (3 m) for detecting metasomatically altered ore-bearing rocks of the Lower Proterozoic and Riphean-Paleozoic carbonate-terrigenous deposits was determined.

Keywords: multispectral space survey, geological and geophysical data, searching criteria, uranium deposits

REFERENCES

Baryshev A.S. Osnovnyye elementy tektoniki Vostochnogo Sayana i Prisayan'ya po geofizicheskim dannym. [The main elements of tectonics of Eastern Sayan and Sayan according to geophysical data.] М.: Nedra, 1976. 120 s. (In Russian).

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. M 1:200 000. Ser. Vostochno-Sayanskaya. List N-47-IX. Ob'yasnitel'naya zapiska. [State geological map of the Russian Federation. M 1: 200000. Ser. East Sayan.] SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2007. (In Russian).

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. M 1:1000 000 (tret'ye pokoleniye). Ser. Angaro-Yeniseyskaya. [State geological map of the Russian Federation. M 1: 1000 000 (third generation). Ser. Angaro-Yenisei.]

List N-47. Nizhneudinsk. Ob'yasnitel'naya zapiska. SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2012. (In Russian).

Maksimov Ye.A. Prognozno-geologicheskiye raboty M 1:50 000 s otsenkoy uranonosnosti zon strukturno-stratigraficheskogo nesoglasiya na Prisayanskoy ploschadi (Uvatkiy i Vostochnyy uchastki). [Predictive-geological works M 1:50000 with an assessment of the uranium-bearing zones of structural and stratigraphic disagreement on the Prisyanskaya area (Uvatsky and Vostochny areas)] Otchet po geologicheskomu zadaniyu S-5 za 1995–1997 gg. (In Russian).

Mashkovtsev G.A., Konstantinov A.K., Miguta A.K., Shumilin M.V., Shchetochkin V.N. Uran Rossiyskikh neдр. [Uranium Russian subsoil.] М.: VIMS, 2010. 850 s. (in Russian).