

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕКТОНИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ БИРЮСИНСКОГО И КРЕПСКО-ТУМАНШЕТСКОГО РУДНЫХ УЗЛОВ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

© 2019 г. Г. А. Миловский*, А. А. Беляков

Научный геоинформационный центр РАН, Москва

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

Поступила в редакцию 14.11.2018 г.

В результате дешифрирования материалов российской космической съемки “Ресурс-П” (ШМСА) на Бирюсинской площади определены особенности тектонического строения горст-антиклинальных поднятий и разделяющих их грабен-синклиналей, показана большая роль субширотных дизъюнктивов в структурном рисунке исследуемой площади, выделены рудоперспективные участки. Исследование Крепско-Туманшетской площади выполнено с помощью космической многозональной и панхроматической съемки высокого разрешения “Ресурс-П” (Геотон), что позволило определить структурную позицию рудопоявлений. На Крепско-Туманшетской площади рудоконтролирующими структурами являются небольшие по протяженности разломы субширотного простираения и узлы их пересечения с северо-западными и северо-восточными дизъюнктивами.

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

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0205-96142019355-65>

ВВЕДЕНИЕ

Для крупномасштабного прогноза уранового оруденения, различающегося по морфологии рудных тел и составу рудовмещающих пород выполнена обработка материалов космической съемки с аппарата “Ресурс-П” в режимах ШМСА и Геотон с разрешением на местности от 12 до 1 м. Комбинация факторов многозональности и высокого разрешения позволяет с помощью космической съемки выявлять новые рудоконтролирующие структуры и линейные зоны метасоматитов, в которых локализованы рудные тела. Обработка космических и геолого-геофизических данных осуществлялась в среде ArcGIS. Урановое оруденение Бирюсинской площади (рис. 1), локализованное на Уватском и Бирюсинском выступах фундамента (Государственная геологическая..., 2007), представлено месторождением Столбовым, рудопоявлениями и ореолами рассеяния урана, расположенными в породах кристаллического фундамента в непосредственной близости к подошве рифейских осадков. В крупных тектонических зонах дробления и катаклаза раннепротерозойские гранитоиды и метаморфиты интенсивно изменены гидротермально-метасоматическими процессами с сопутствующей урановой минерализацией (Машковцев, 2010). Жильные и линзовидные рудные тела месторождения Столбовое локализованы преимущественно в субмеридиональных, реже

в субширотных нарушениях. Урановая минерализация на месторождении представлена настураном, в подчиненном количестве присутствуют коффинит, уранинит и браннерит.

Оруденение Крепско-Туманшетской площади, представлено двумя формациями: формация урановая в минерализованных зонах дробления (проявления Крепской группы) и формация урановая в зонах несогласия (проявления Туманшетской группы) (Государственная геологическая..., 2012). По другим данным (Государственная геологическая..., 2002) все проявления Крепско-Туманшетской площади принадлежат к формации урановой в минерализованных зонах дробления. Проявления, образующие Крепскую группу (рис. 2), локализованы в поле развития терригенных пород ипситской свиты в зонах трещиноватости и брекчирования. По тектонитам развиты метасоматиты хлорит-серицит-гидрослюдистого и кварц-гематит-серицитового состава, несущие урановую минерализацию. По данным радиометрии протяженность аномальных зон составляет 1–3 км. Туманшетская группа проявлений урана фиксируется наземными аномалиями до 200 мкР/ч, протяженностью до 3 км, приуроченными к зонам брекчирования и трещиноватости березитизированных гранитов и пегматитов. Вкрапленное, прожилковое и штокверковое оруденение представлено настураном, уранинитом, коффинитом, браннеритом.

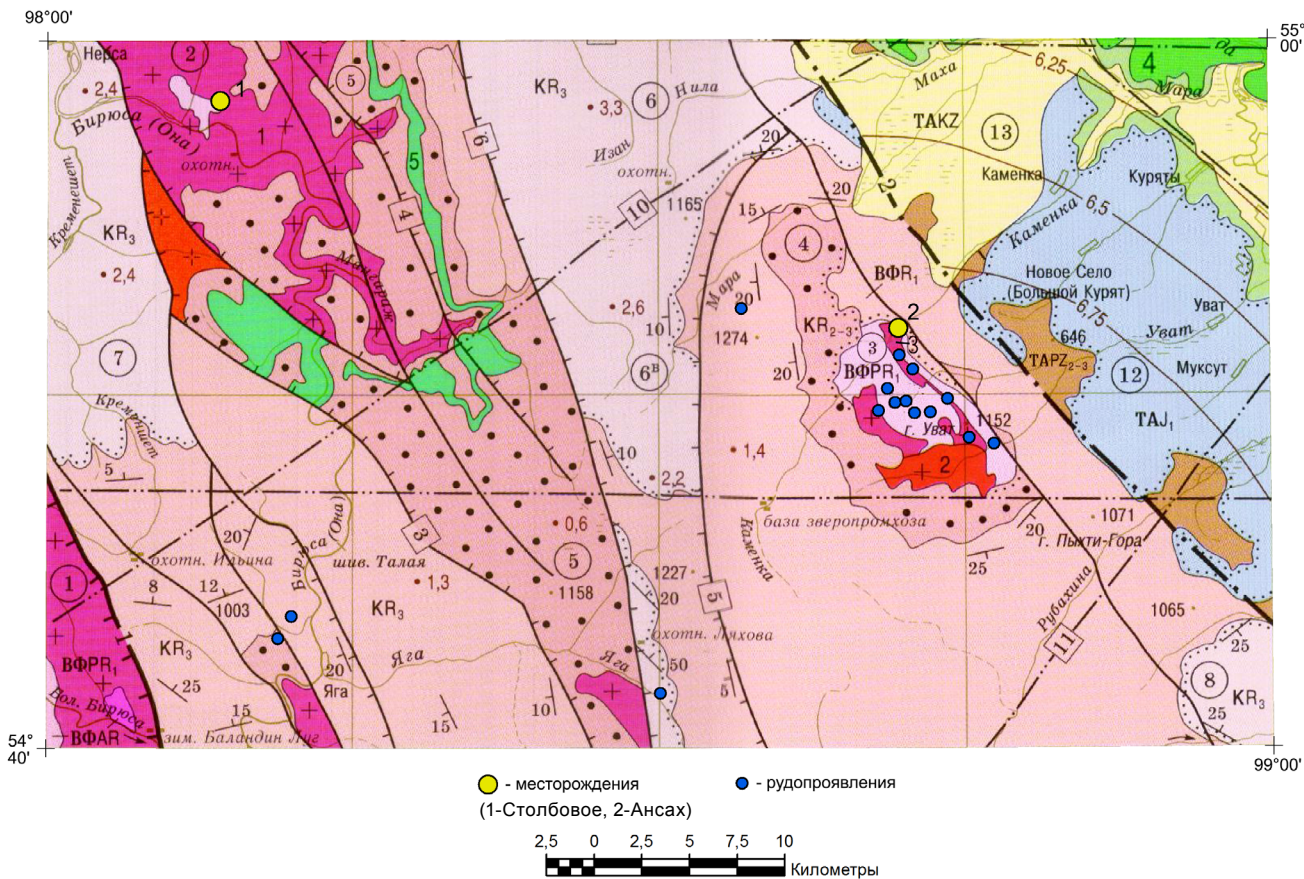


Рис. 1. Площадь Бирюсинская N-47-IX-41, 42. Фрагмент тектонической схемы (геол. карта N-47-IX, 2007).

Структурные ярусы и подъярусы	Типы и названия тектонических структур и формаций
Кайнозойский (KZ)	<div>TAKZ</div> Валунно-песчано-галечная формация
Мезозойский (MZ)	<div>TAJ₁</div> Конгломератово-песчановая угленосная формация. Субгоризонтальное залегание, осложненное флексурой в зоне Присаянского разлома. Предгорная впадина
Средне-поздне-палеозойский (P2-3)	<div>TAPZ₂₋₃</div> Сероцветная кварцево-песчановая и пестроцветная известняково-конгломератово-песчановая формации предгорных мелководных морских бассейнов (заливов, лагун). Приразломные и надразломные впадины
Венд-ранне-палеозойский (V-PZ ₁)	<div>ЧПВ-PZ₁</div> Семейство серо-пестроцветных гравелитово-алевролитово-песчановых формаций регрессивной стадии. Мелководный эпиконтинентальный морской бассейн
Средне-поднерефийский (R ₂₋₃)	<div>KR₃</div> Семейство серо- и пестроцветных флишвидных конгломератово-песчаново-аргиллитово-алевролитовых формаций. Приразломные флексуры, в зонах разломов - динамометаморфизм зеленосланцевой фации. Унаследованное грабен-синклинарное опускание. Фации мелководного морского бассейна
	<div></div> Лейкогранитов и кремнещелочных метасоматитов (бирюсинский комплекс). Мелкие линейно вытянутые тела и зоны
	<div></div> Габбро-долеритовая (нерсинский комплекс). Бирюсинское поднятие - преимущественно силлы (Изанский и другие)
	<div>KR₃</div> Семейство красно-сероцветных доломитово-песчаново-алевролитовых кремнисто-песчаново-доломитовых формаций
	<div>KR₂₋₃</div> Красноцветная аркозовая (базальная) конгломератово-песчановая (Бирюсинское поднятие), песчаново-конгломератовая (Уватское поднятие) формации







Ранне-рифейский (R ₁)	 Умеренно-щелочных гранитов и гранодиоритов формация. Уватская интрузия  Сероцветная молассовая песчаниково-конгломератовая формация в Уватском поднятии. Пологое (25-35°) залегание, прерывистая складчатость. Катагенез. Внутриконтинентальный рифт. Стадия замыкания
Ранне-протерозойский (PR ₁)	 Гранодиорит-гранитовая формация (саянский комплекс). Каменский и Тенишетский массивы  ВФРР1, Вулканогенно-терригенная формация. Линейные складки СЗ направления, метаморфизм зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций. Внутриконтинентальный рифт геосинклинального типа
Архейский (AR)	 Чарнокитовая формация (грядинский комплекс)  Гранулитотнейсовая формация Линейная складчатость СЗ направления. Метаморфизм амфиболитовой фации, реликты гранулитовой фации

Рис. 1а. Условные обозначения к рис. 1

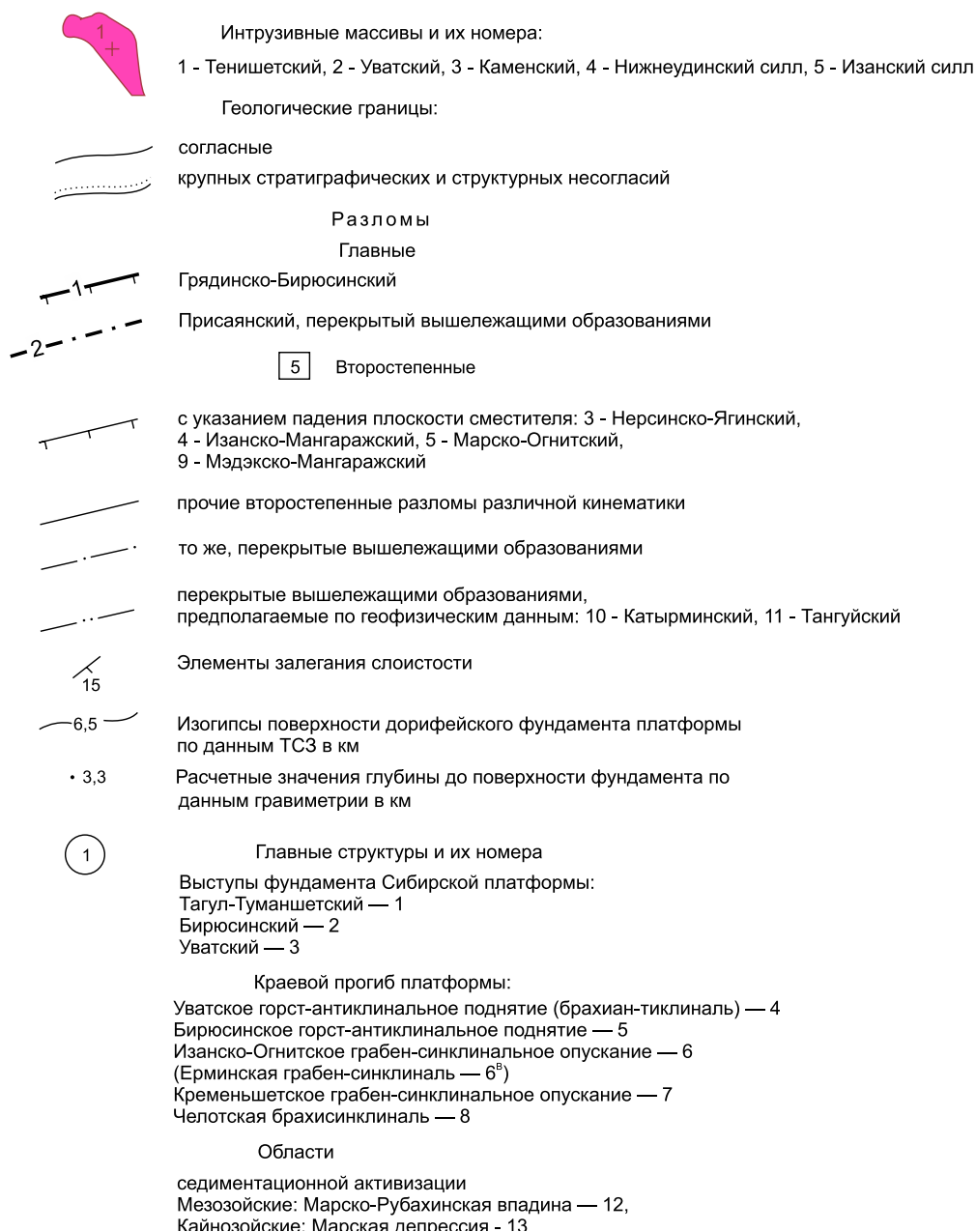


Рис. 1б. Условные обозначения к рис. 1

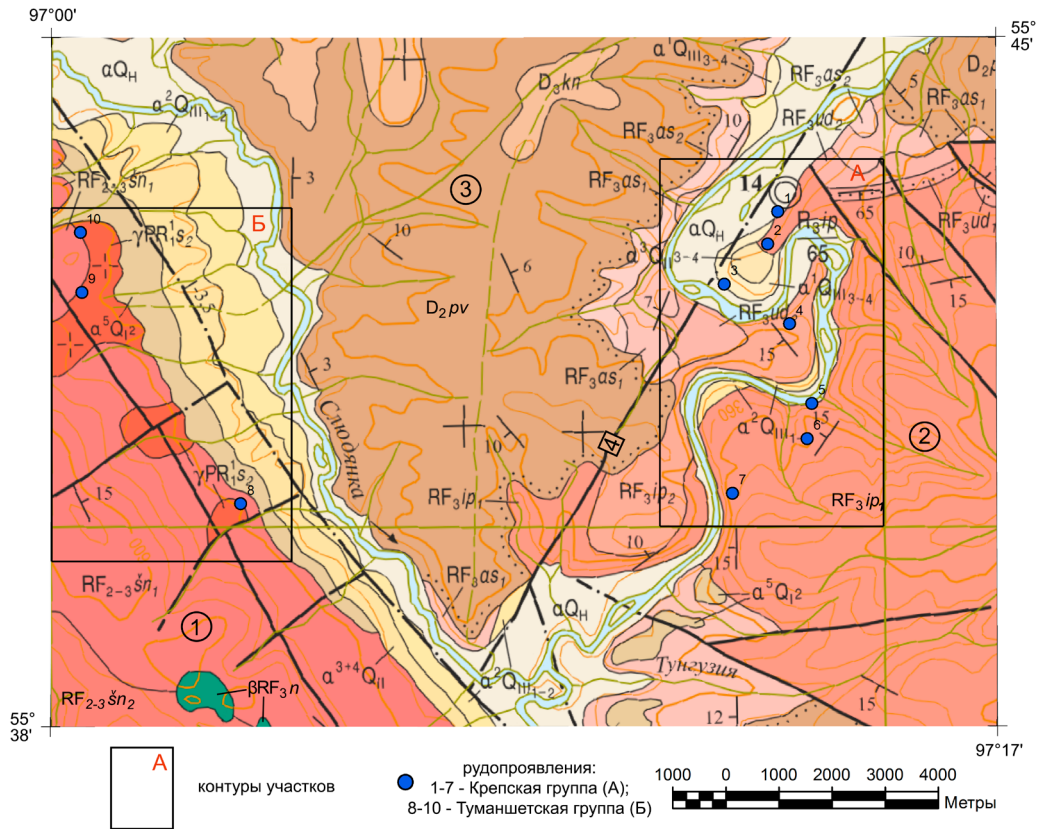


Рис. 2. Фрагмент геологической карты N-47-II (2015 г.). Крепско-Туманшетская площадь.

αQ_H	Аллювий русел (до 17 м), низкой (до 2 м), высокой (2–5 м) пойм. Валунно-галечные отложения, пески, глины, суглинки (5–15 м). Палюстринные (pl) отложения. Илы биогенные, торф (до 7,5 м)
$\alpha^1 Q_{III3-4}$ $\alpha^2 Q_{III1-2}$	Третья и четвертая ступени нерасчлененные, каргинский–сартанский горизонты. Аллювий первой надпойменной террасы высотой 5–10 м. Галечники, гравий, пески, глины, суглинки (8–12 м). Золотые (v) пески (2,5 м) Первая и вторая ступени нерасчлененные, казанцевский–муруктинский горизонты. Аллювий второй надпойменной террасы высотой 10–15 м. Галечники, гравий, валунники, суглинки, супеси, глины, пески (10–15 м). Палюстринные (pl) отложения. Илы биогенные, торф (2,5 м)
$\alpha^3 Q_{II3-4}$ $\alpha^4 Q_{II1-2}$	Третья и четвертая части нерасчлененные, ширтинский–тазовский горизонты. Аллювий третьей надпойменной террасы высотой 15–25 м. Галечники, валуны, суглинки (13–16 м) Первая и вторая части нерасчлененные, самаровский–тобольский горизонты. Аллювий четвертой надпойменной террасы высотой 25–35 м. Галечники, гравий, валунники, пески, супеси, суглинки, глины, илы (9–23 м)
$\alpha^5 Q_2$	Вторая часть, лебедский горизонт. Аллювий пятой надпойменной террасы высотой 35–55 м. Галечники, валунники, суглинки, глины, пески (14–20 м)
$D_3 kn$	Кунгусская свита. Алевриты, песчаники, известняки, мергели зеленовато-серые, красновато- и буровато-коричневые (до 125 м)
$D_2 pv$	Павловская свита. Известняки, алевриты, песчаники зеленовато-серые, красновато- и буровато-коричневые; прослои мергелей, в основании – валунно-галечные конгломераты и гравелиты (100–160 м)
$RF_3 as_2$ $RF_3 as_1$	Средняя подсвита. Тонкое ритмичное переслаивание красно- и пестроцветных аргиллитов, алевритов и песчаников (до 725 м) Нижняя подсвита. Песчаники пестроцветные в переслаивании с алевритами; редкие прослои аргиллитов (до 365 м)

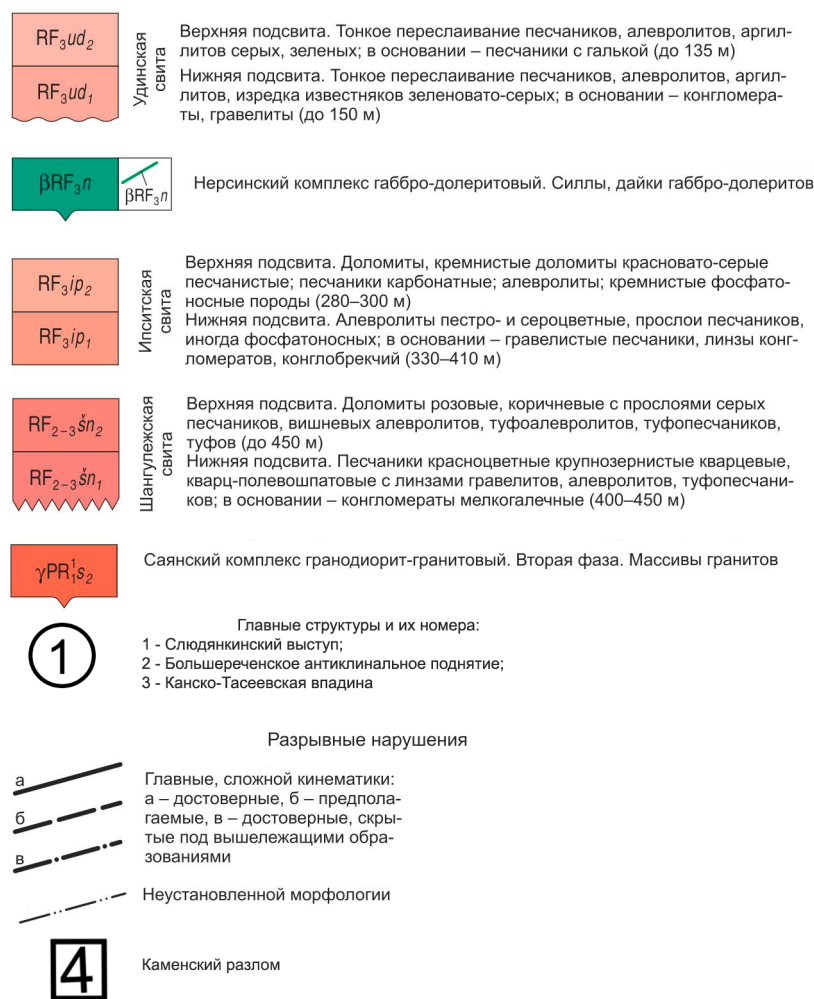


Рис. 2а. Условные обозначения к рис. 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В результате дешифрирования материалов космической съемки (рис. 3), выполненной российским аппаратом “Ресурс-П” (ШМСА), установлены основные структурные элементы, определяющие строение Бирюсинской площади. Бирюсинская площадь занимает центральную часть Присаянского рифейского прогиба, ограниченного глубинными разломами фундамента: на юго-западе — Грядинско-Бирюсинским (1), на северо-востоке — Присаянским (2), перекрытым платформенными отложениями (рис. 1, 1б). Результаты космодешифрирования представлены на рис. 4. Присаянский и Грядинско-Бирюсинский разломы выявляются при дешифрировании в виде линейно вытянутых цепочек линеаментов, смещенных дизъюнктивами северо-восточного и субширотного простирания. Роль последних на Бирюсинской площади существенно более

заметна, чем это можно наблюдать на геологической карте М 1:200000. В северо-восточной части Бирюсинской площади в области мезо-кайнозойской седиментационной активизации дешифрируются отдельные линеаменты северо-восточного простирания, трассирующиеся, в ряде случаев, вдоль элементов гидросети (руч. Уват, Куряты). Западнее зоны Присаянского разлома в области Уватского горст-антиклинального поднятия (4) (рис. 1, 1б) наблюдается высокая плотность линеаментов северо-западного, северо-восточного и субширотного простирания, определяющих блоковое строение данной территории. Рудопроявления Уватского рудного узла локализованы в минерализованных зонах дробления северо-восточного, субмеридионального и субширотного простирания, плотность сети которых определяет позицию известных рудопроявлений и пунктов минерализации (Миловский, 2019). К югу от Уватского поднятия в поле развития верхнерифейских терригенных отложений дешифрируются

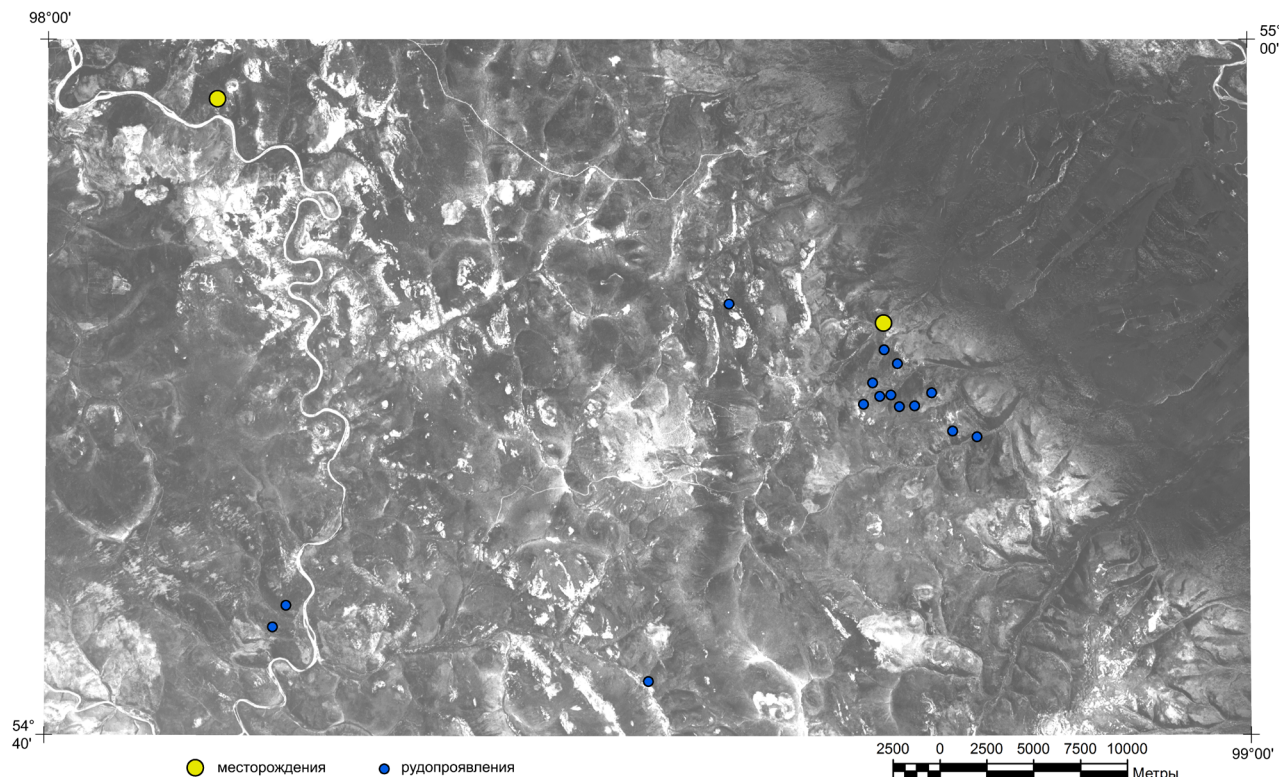


Рис. 3. Площадь Бирюсинская (N-47-IX-41, 42). Космическая съемка Ресурс-П (ШМСА, канал 2).

крупные разломы субширотного и северо-восточного простирания: Тангуйский (11) (рис. 1, 1б) и др.

Центральную часть Бирюсинской площади занимает Изанско-Огнитская грабен-синклиналь (6), ограниченная Марско-Огнитским (5) и Мэдэско-Мангаражским (9) разломами (рис. 1, 1б). Мэдэско-Мангаражский разлом северо-западного простирания отчетливо дешифрируется по материалам космической съемки, а Марско-Огнитский разлом наблюдается фрагментарно, представляя, по сути, систему нескольких разломов субмеридионального и северо-восточного простирания. В пределах Бирюсинского горст-антиклинального поднятия (5) (рис. 1, 1б), расположенного к западу Мэдэско-Мангаражского разлома, отмечаются две области повышенной плотности разломов северо-восточного и северо-западного простирания. Одна из них расположена в южной части поднятия в зоне примыкающей к Мэдэско-Мангаражскому разлому, другая — в северной части поднятия по левобережью р. Бирюса, в поле развития гранитоидов Тенишетского массива (саянский комплекс) и в зоне их экзоконтакта в рифейских терригенных отложениях шангулежской свиты. Еще один участок повышенной плотности разломов, преимущественно северо-западного простирания, дешифрируется на правобережье р. Бирюса в поле развития габбро-долеритовых интрузий нерсинского

комплекса и вмещающих их пород шангулежской свиты.

Большинство рудных объектов Бирюсинской площади расположено в поле слабоположительных значений магнитного и гравитационного полей, за исключением месторождения Столбовое, локализованного в области отрицательных значений гравитационного поля. Выявленные при дешифрировании площади повышенной плотности разломов характеризуются наличием зон катаклаза и метасоматической проработкой пород — калишпатизация, окварцевание. Наиболее перспективным по совокупности геофизических и структурных признаков является участок, расположенный в южной части Бирюсинского горст-антиклинального поднятия (рис. 4). Из разломов северо-восточного простирания самым протяженным является Катырминский (10) (рис. 1, 1б) разлом, трассирующийся вдоль р. Гаревая в центральной части площади работ. Нерсинско-Ягинский (3) (рис. 1, 1б) разлом по данным космодешифрирования представлен серией вытянутых в северо-западном направлении коротких дизъюнктивов, смещенных по разломам северо-восточного и субширотного простирания. В западной части площади работ расположена Кременьшетская (7) (рис. 1, 1б) грабен-синклиналь, в которой преобладают субпараллельные разломы северо-восточного простирания, отражающие пострифейские

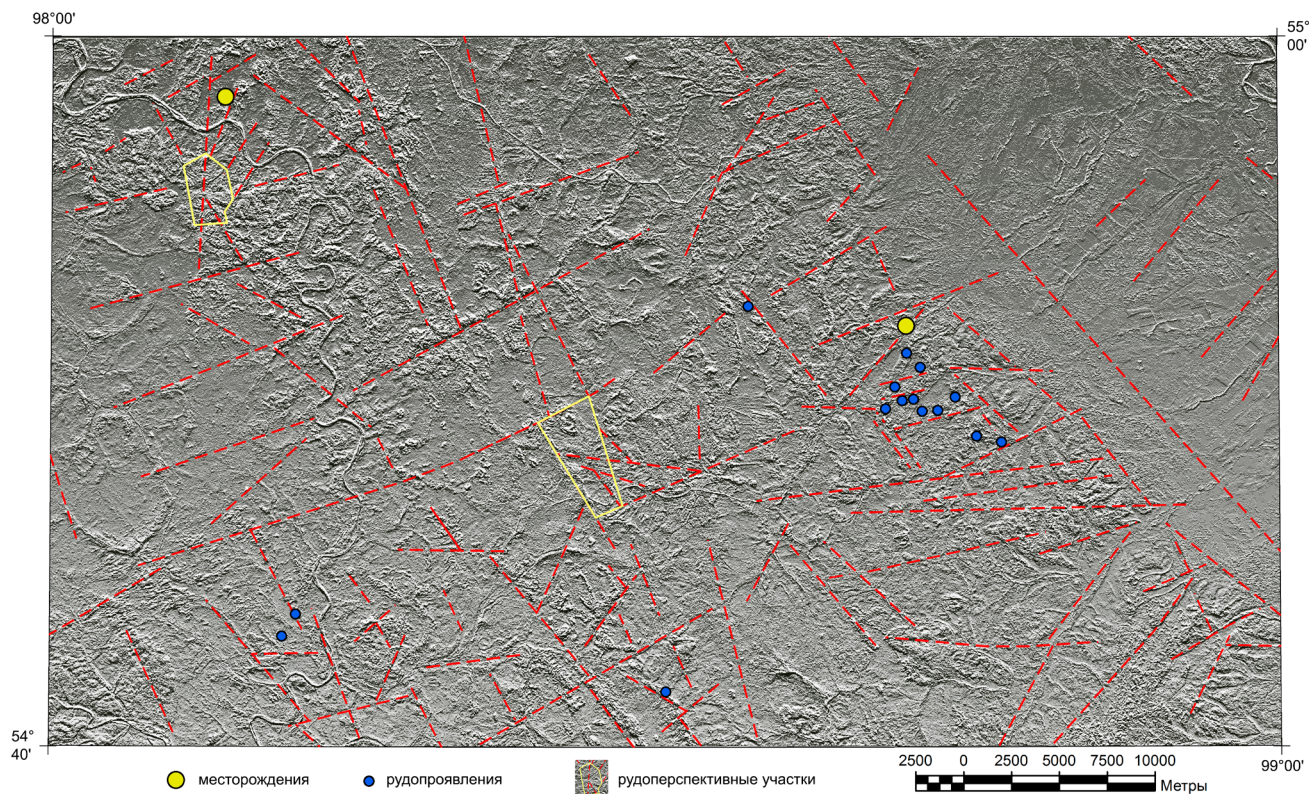


Рис. 4. Площадь Бирюсинская (N-47-IX-41, 42). Результаты дешифрирования материалов космической съемки Ресурс-П (ШМСА).

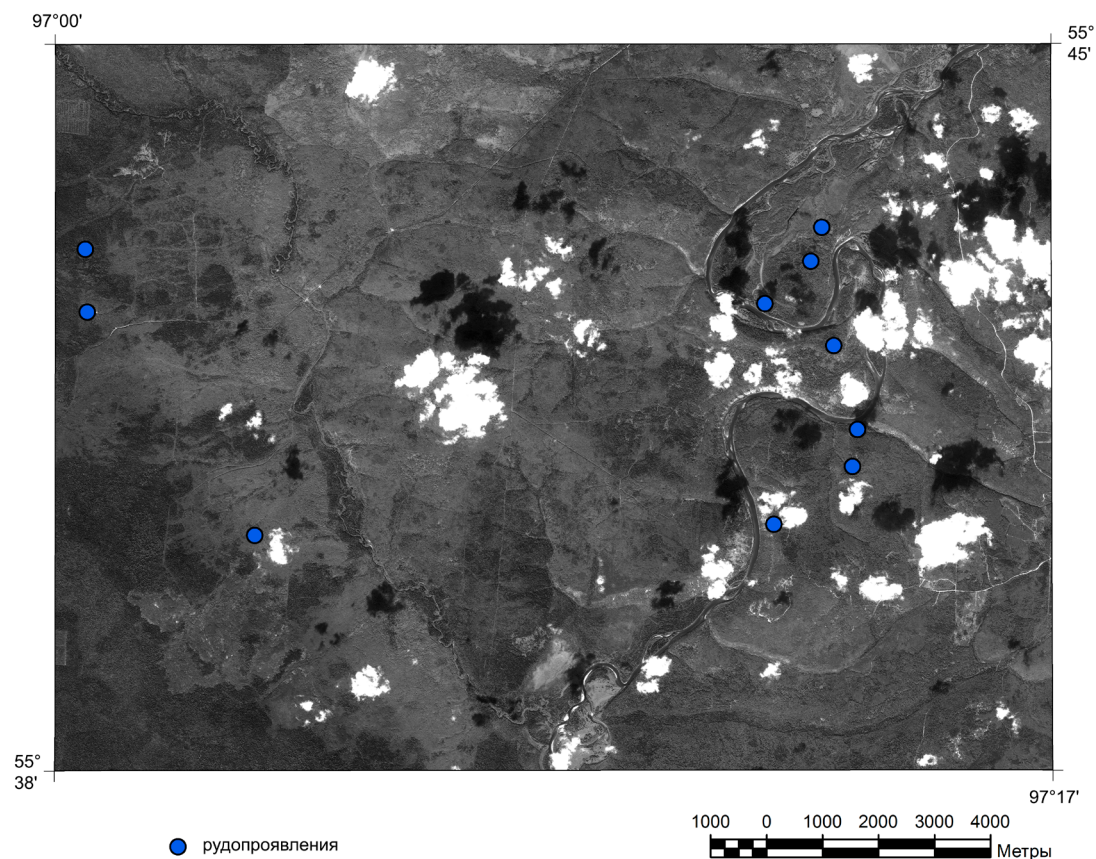


Рис. 5. Космическая съемка высокого разрешения Ресурс-П (Геотон канал 21). Крепско-Туманшетская площадь.

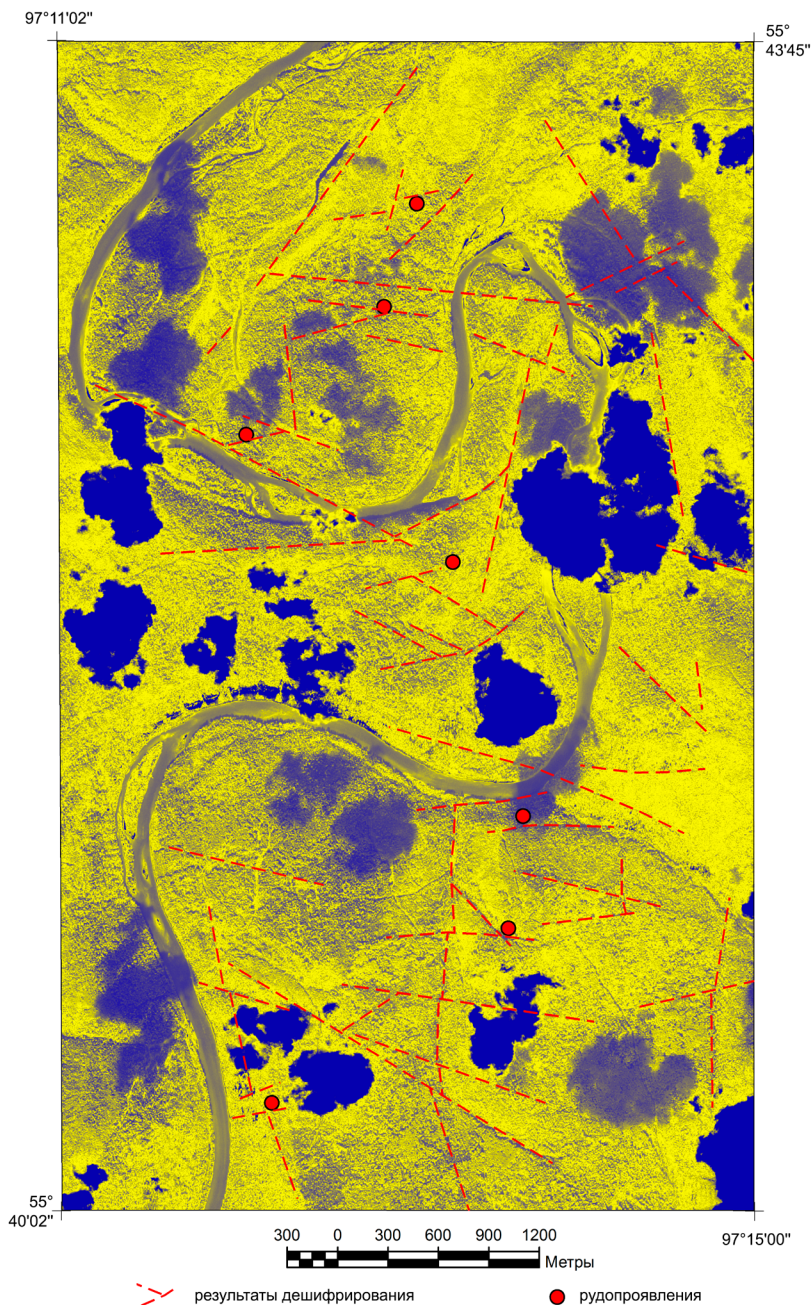


Рис. 6. Результаты дешифрирования материалов космической съемки Ресурс-П (Геотон). Участок А.

тектонические подвижки, а также дизъюнктивы северо-западного простирания, определяющие позицию гранитоидов саянского комплекса и границы линейных зон катаклаза и приразломного метасоматоза в юго-западной части площади.

Исследование Крепско-Туманшетской площади выполнено с помощью космической съемки высокого разрешения “Ресурс-П” (Геотон) в панхроматическом (канал 10) и многозональном (каналы 21, 22, 23) режиме с разрешением на местности 1 и 3 м, соответственно (рис. 5). На исследуемой площади основными структурами являются

Слюдянкинский выступ (1) и Большереченское антиклинальное поднятие (2), относящиеся к рифейскому структурному ярусу, а также Канско-Тасеевская впадина (3), сформированная в эпоху среднепалеозойской активизации (рис. 2, 2а). Канско-Тасеевская впадина, занимающая центральную часть площади, выполнена известняково-конгломерато-песчаниковыми отложениями девона (павловская свита). Юго-восточную часть площади занимают кремнисто-доломито-песчаниковые отложения Большереченского антиклинального поднятия (ипситская свита). Рудопроявления

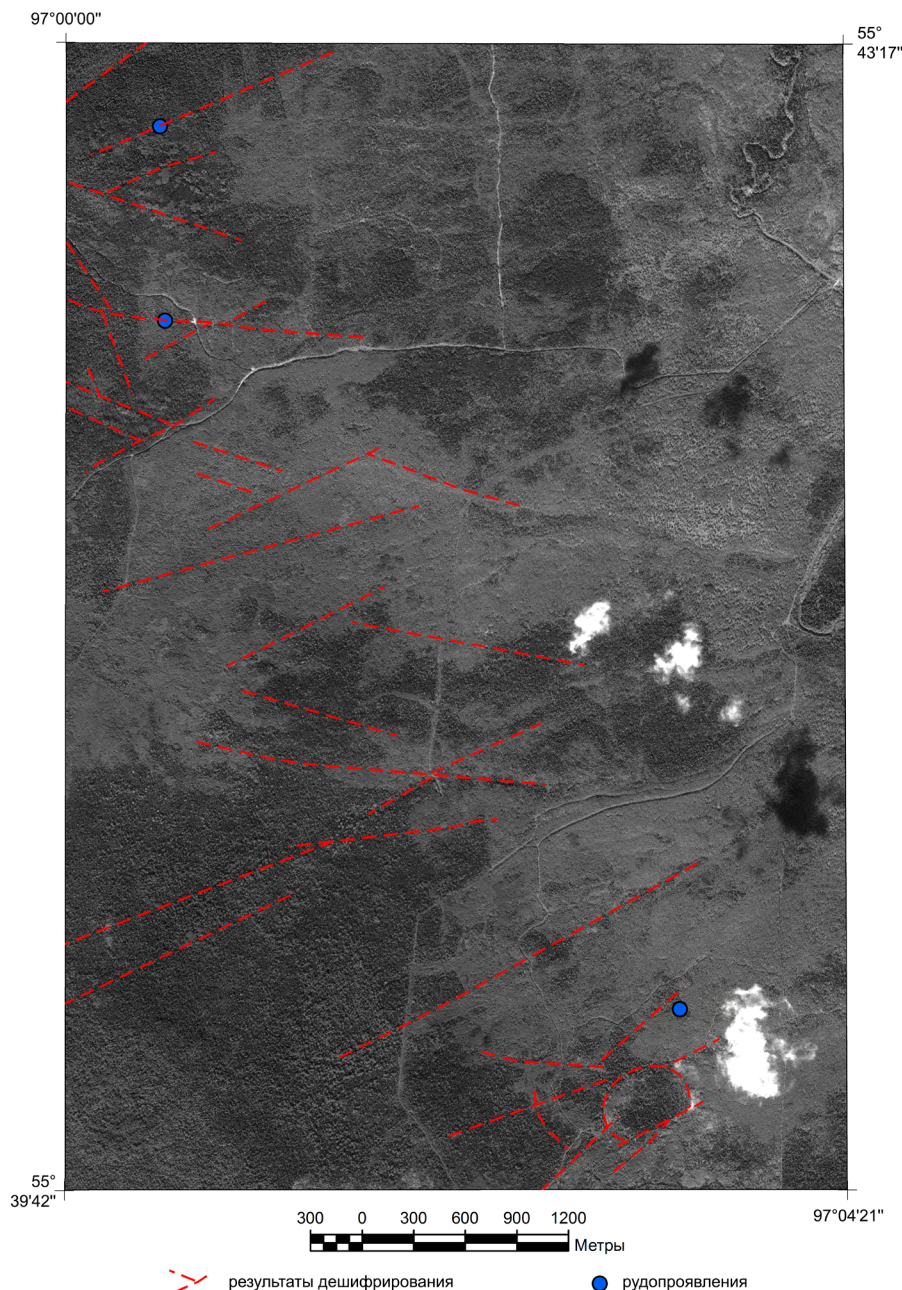


Рис. 7. Результаты дешифрирования материалов космической съемки Ресурс-П (Геотон). Участок Б.

Крепской группы расположены в зоне контакта Большереченской и Канско-Тасеевской структур, фиксирующей Каменским разломом (4) (рис. 2, 2а) северо-восточного простирания. Юго-западная часть исследуемой площади представлена карбонатно-терригенными отложениями шангулежской свиты Слюдянкинского выступа.

Результаты дешифрирования материалов детальной космической съемки с разрешением 1 м позволили определить структурную позицию рудопроявлений Крепской группы (участок А) (рис. 2, 6). Большинство проявлений урана тяготеет к узлам

пересечения небольших дизъюнктивов субширотного и северо-западного простирания, реже северо-восточного простирания. Кроме северо-восточного Каменского разлома на участке А выделены довольно протяженные разломы субмеридионального простирания, которые могут рассматриваться как элементы структурного контроля на границе Большереченского антиклинального поднятия и Канско-Тасеевской впадины. Дизъюнктивы, пространственно связанные с рудопроявлениями, находятся в поле желто-серого цвета (облака и тени от облаков на рис. 6 выделены в сине-фиолетовых

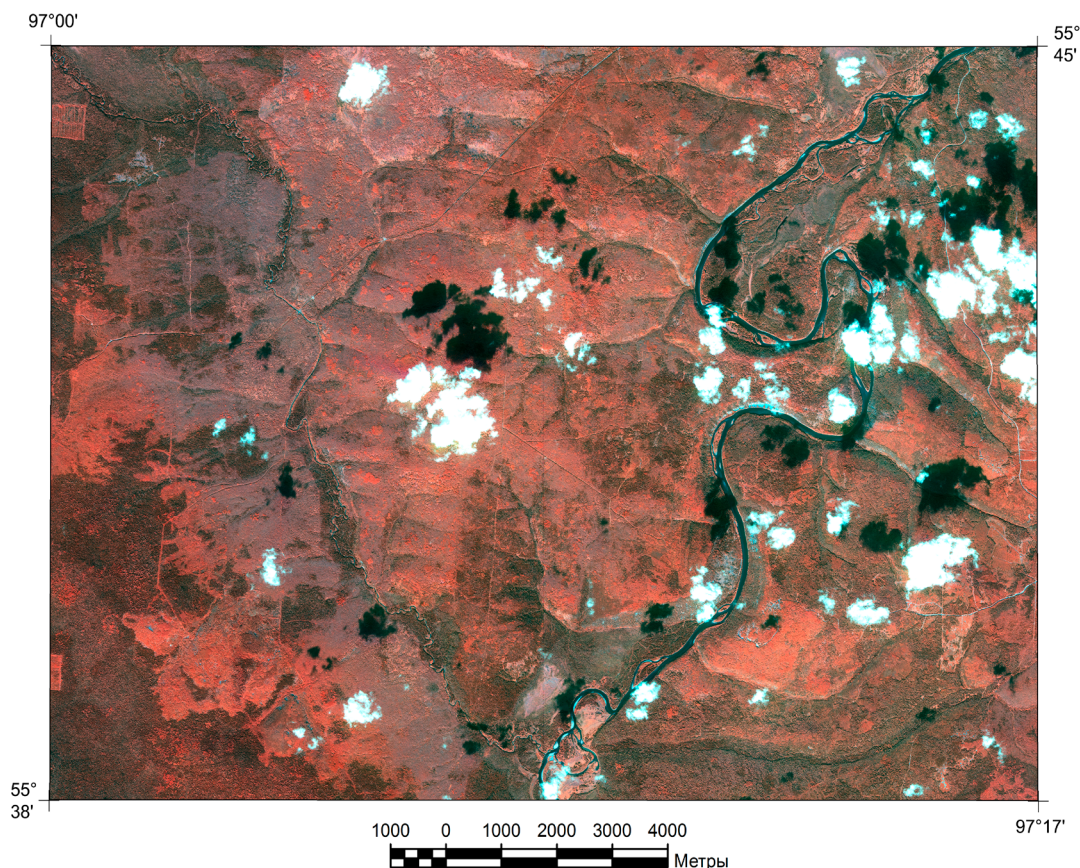


Рис. 8. Результаты RGB-синтеза космической съемки Ресурс-П (Геотон: каналы 22, 23, 21) по Крепско-Туманшетской площади.

тонах). Темные желто-серые области могут быть интерпретированы как области развития четвертичных отложений и метасоматически измененных пород. После наземной заверки соответствия зон метасоматитов областям желто-серого цвета последние могут быть использованы в качестве поискового признака на оруденение.

При анализе результатов дешифрирования на участке Б (Туманшетская группа рудопоявлений) выделено преобладание дизъюнктивов субширотного и северо-восточного простирания (рис. 7). По имеющимся представлениям в области контакта Слюдянкинского выступа и Канско-Тасеевской впадины проходят разломы северо-западного простирания (рис. 2), что не подтверждается данными космодешифрирования: крупных разломов северо-западного простирания, трассирующихся, согласно геологической карте М 1:200000, через весь участок Б, не установлено. Проявления урана тяготеют к мелким срывам субширотного и северо-восточного простирания. Ранее отмечалась существенная роль разломов субширотного простирания в геологическом строении Восточного Саяна (Барышев, 1976). При синтезе изображений установлено, что

четвертичные отложения отличаются по цветовой палитре от рифейских (шангулежская, ипситская свиты) и палеозойских (павловская свита) карбонатно-терригенных образований, развитых на Крепско-Туманшетской площади (рис. 8).

ВЫВОДЫ

По данным космодешифрирования на Бирюсинской площади определены особенности тектонического строения горст-антиклинальных поднятий и разделяющих их грабен-синклиналей, показана большая роль субширотных дизъюнктивов в структурном рисунке исследуемой площади, выделены рудоперспективные участки. На Крепско-Туманшетской площади рудоконтролирующими структурами являются небольшие по протяженности разломы субширотного простирания и узлы их пересечения с северо-западными и северо-восточными дизъюнктивами. Синтез изображений в различных каналах “Ресурс-П” может быть использован для литологического расчленения рудовмещающих пород и выявления рудоносных метасоматитов в зонах трещиноватости и брекчирования.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 8: «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 Присяянского района Иркутской области».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Серия Восточно-Саянская. Лист N-47-II. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2002.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Серия Восточно-Саянская. Лист N-47-IX. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Ангара-Енисейская. Лист N-47 — Нижнеудинск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012.

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

Миловский Г.А., Шемякина Е.М., Беляков А.А., Гиль И.Г. Применение дистанционного зондирования для выявления зон катаклазитов и метасоматитов на площади Уватского рудного узла (Восточный Саян). Исслед. Земли из космоса. 2019. № 1. С. 47–54.

Application of Remote Sensing for Detection of Tectonic Structures and Localisation of Ore Deposits within Biryusinsky and Krepsky-Tumanshetskyy Ore Clusters (Eastern Sayan)

G. A. Milovsky, A. A. Belyakov

Scientific Geoinformation Center, Russian Academy of Sciences, Moscow

As a result of decoding of the materials of the Russian space survey “Resource-P” (ShMSA) on Biryusinskaya area, the features of the tectonic structure of the horst-anticlinal uplifts and the graben-synclines separating them were determined, the large role of sublatitudinal disjunctions was shown in the structural diagram of the area under study, ore prospective sites were isolated. The study of the Krepsko-Tumanshetskaya area was carried out using space multispectral and panchromatic high-resolution surveys “Resource-P” (Geoton), which made it possible to determine the structural position of the ore deposits. On the Krepsko-Tumanshetskaya area, the ore-controlling structures are small along the length of sublatitudinal strike faults and the nodes of their intersection with the northwestern and northeastern disjunctions.

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

REFERENCES

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

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:200000. Seriya Vostochno-Sayanskaya. List N-47-II. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200,000. Series East Sayan. Sheet N-47-II. Explanatory note]. SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2002. (In Russian).

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:200000. Seriya Vostochno-Sayanskaya. List N-47-IX. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200,000. Series East Sayan. Sheet N-47-IX. Explanatory note]. SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2007. (In Russian).

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1000000 (tret'e pokolenie). Seriya Angaro-Eniseiskaya. List N-47 — Nizhneudinsk. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1000000 (third generation). Series Angaro-Yenisei. Sheet N-47 — Nizhneudinsk. Explanatory note]. SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2012. (In Russian).

Mashkovtsev G.A., Konstantinov A.K., Miguta A.K., Shumilin M.V., Shchetochkin V.N. Uran Rossiiskikh neдр [Uranium of Russian's subsoil]. M.: VIMS, 2010. 850 p. (In Russian).

Milovskii G.A., Shemyakina E.M., Belyakov A.A., Gil' I.G. Primenenie distantsionnogo zondirovaniya dlya vyyavleniya zon kataklazitov i metasomatitov na ploshchadi Uvatskogo rudnogo uzla (Vostochnyi Sayan) [The use of remote sensing to identify zones of cataclasites and metasomatites in the area of the Uvat ore cluster (East Sayan)]. Issled. Zemli iz kosmosa. 2019. № 1. P. 47–54. (In Russian).