

ISSN 0034-026X



# РАЗВЕДКА ЦЕЛЮР И ОХРАНА ПЕДР

ОСНОВАН В 1931 ГОДУ

*С Днем геолога!*

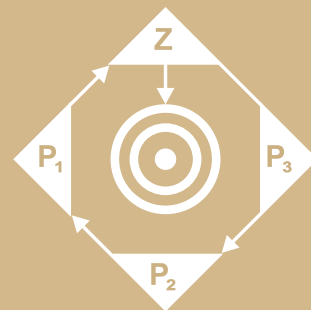
3 — 2022

<http://rion-journal.com>



# XI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА,  
ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ,  
БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ



12-15 апреля 2022  
ФГБУ «ЦНИГРИ»  
Москва

## Программа конференции

Пленарная сессия

Тематические секции:

- Секция благородных металлов
- Секция цветных металлов
- Секция алмазов
- Секция критических металлов
- Секция геоинформационных систем и цифровых технологий
- и другие

Рабочее совещание по  
международному проекту "Большой  
Алтай" (Металлогения без границ)

Круглый стол "Кадровый потенциал  
в геологическом изучении недр"

Полевая экскурсия "Металлогения  
Южного Урала"

Официальный язык конференции –  
русский и английский. Возможно как очное,  
так и дистанционное участие.

## Контакты

Секретарь Оргкомитета  
**Третьякова Ирина Геннадьевна**

- ☎ +7 495 315 26 83
- 📞 +7 925 903 46 50
- 📍 +7 925 903 46 50

Москва, Варшавское шоссе, 129к1  
conference@tsnigri.ru  
www.conf.tsnigri.ru



12-15 апреля

XI международная научно-  
практическая конференция  
"Научно-методические основы  
прогноза, поисков и оценки  
месторождений алмазов,  
благородных и цветных металлов"



# РАЗВЕДКА И ОХРАНА НЕДР

03 ♦ март ♦ 2022

Основан в июле 1931 года

Ежемесячный  
научно-технический  
журнал

Учредители:

Министерство природных  
ресурсов и экологии РФ,  
Российское геологическое  
общество

Главный редактор *Е.И. Петров*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

*Е.М. Аксенов, Д.Б. Аракчеев,  
П.С. Бабаянц, М.А. Богдасаров,  
А.А. Верчеба, С.В. Гудков, М.У. Исоков,  
А.Ф. Карпузов, С.Н. Кашубин,  
А.А. Лаврушевич, М.И. Логвинов,  
Г.А. Машковцев (зам. гл. редактора),  
Н.А. Мац, Н.В. Милетенко,  
А.В. Молчанов, И.В. Пеков,  
В.А. Петров, В.Л. Петров,  
И.Г. Печенкин (зам. гл. редактора),  
А.А. Рогожин, С.В. Спектор,  
И.Г. Спиридонов, Н.В. Соловьев,  
С.И. Трушин, Б.С. Ужкенов,  
Е.Г. Фаррахов, А.И. Черных*

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

Старомонетный пер., 31,  
Москва, 119017 Россия  
тел.: (495) 950-30-25,  
тел./факс (499) 238-15-67  
Рук. редакционной группы  
Тигунова М.И.  
Науч. редактор Лявданская Н.К.  
Редактор Бабкина Н.Н.  
Редактор-консультант Маркова С.Б.  
Верстка Полищук Н.В.  
E-mail: rion60@mail.ru  
<http://rion-journal.com>

## СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	
<b>Жданеев О.В., Петров Е.И., Серегина А.А.</b> Редкие и редкоземельные металлы в условиях энергоперехода	3
<b>Коковкин А.А.</b> Плейстоценовый уран-полиэлементный рудогенез на юге Дальнего Востока России – потенциальный ресурс гидрогенного урана	10
<b>Мельников А.В.</b> Металлогеническое районирование Амурской области на платиноиды	23
<b>Ненахов В.М., Жабин А.В., Золотарева Г.С.</b> Перспективы освоения благородно-металльного потенциала черносланцевого комплекса	32
ГЕОФИЗИКА	
<b>Абушкевич С.А., Арестова Т.А., Волин К.А.</b> Поиск и строение расслоенных интрузивных тел на примере Норильского рудного района по данным дистанционного зондирования земли	37
ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ	
<b>Ахунжанов А.М., Абдурахманов Б.М., Турсунметов Р.А., Курбанов Э.Ш.</b> Некоторые вопросы механизма развития обвальнo-провальных обрушений (на примере отдельных рудных объектов месторождений Узбекистана)	46
<b>Балобаненко А.А., Васильев Д.И., Манухина А.С.</b> Опыт использования данных ГМСН для анализа гидродинамического режима подземных вод на примере Иртыш-Обского артезианского бассейна	51
ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ	
<b>Петенёв П.Г., Нескоромных В.В., Попова М.С.</b> Опыт и результаты внедрения динамически стабилизирующего инструмента при бурении геологоразведочных скважин комплексами ССК	57
УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА	
<b>Димухамедов Р.Р., Хромова Е.А.</b> Проблемные вопросы добычи и производства редких и редкоземельных металлов	64
<b>Корнилов А.В., Садыков Р.К., Семенов Ф.В.</b> Сырье местного значения для решения проблем пространственного развития Российской Федерации – вектор действий	67
ХРОНИКА	
К 85-летию Александра Владимировича Лапина	75
Льву Алексеевичу Криночкину – 75 лет	75
Ушел из жизни Евгений Александрович Козловский	76
Памяти Владимира Ивановича Кузьмина	77
Любовь Дмитриевна Самохвалова	78

На 1, 4-й странице обложки — г. Снежная, Восточный Саян  
© Фотограф А.В. Томашев



ФГБУ «ВИМС»

Журнал «Разведка и охрана недр», 2021

Журнал по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук»

Печатается в печать с репродуцированного оригинал-макета 14.03.2022. Формат издания 60×90 1/8. Бумага мелованная.

Печать офсетная. Тираж до 1000 экз. Цена свободная. Отпечатано ООО «Полиграфическая компания «ЭксПресс».

603104, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Медицинская, д. 26, помещ. 1.



# PROSPECT & PROTECTION OF MINERAL RESOURCES

## Contents

### GEOLOGY & METHODICS OF PROSPECT & EXPLORATION OF DEPOSITS

**Zhdaneev O.V., Petrov E.I., Seregina A.A.** Rare and rare earth metals in the conditions of energy transition 3

**Kokovkin A.A.** Pleistocene uranium-polyelement ore genesis in the Russian Far East South as a potential resource of hydrogenic uranium 10

**Melnikov A.V.** Metallogenical zoning of the Amur region on platinoids 23

**Nenakhov V.M., Zhabin A.V., Zolotareva G.S.** Prospects for development of the noble-metal potential of the black-shale complex 32

### GEOPHYSICS

**Abushkevich S.A., Arestova T.A., Volin K.A.** Searching and structure of laminated intrusive bodies by the example of the Norilsky ore district on the data of remote sensing of the earth 37

### HYDROGEOLOGY & GEOLOGICAL ENGINEERING

**Akhunzhanov A.M., Abdurakhmanov B.M., Tursunmetov R.A., Kurbanov E.Sh.** Some issues of the mechanism for the development of landslide collapses (on the example of individual ore facilities in Uzbekistan) 46

**Balobanenko A.A., Vasilev D.I., Manukhina A.S.** Experience of using GMSN data for analysis of hydrodynamic regime of groundwater using example of irtysh-ob artesian basin 51

### TECHNIQUES & TECHNOLOGY

**Petenev P.G., Neskoromnykh V.V., Popova M.S.** Experience and results of implementing a dynamically stabilizing tool for drilling exploration wells using wireline core barrels leaflet 57

### MANAGEMENT & ECONOMICS

**Dimukhamedov R.R., Khromova E.A.** Problematic issues of mining and production of rare and rare earth metals 64

**Kornilov A.V., Sadykov R.K., Semenov F.V.** Local raw materials significance for solving the problems of territorial development of the Russian Federation — directions of action 67



Берилл. г. Снежная  
© Фотограф А.В. Томашев

## ГЕОФИЗИКА

УДК 550.814 550.8.052 528.77 528.871 528.88

Абушкевич С.А., Арестова Т.А. (ООО «Лаборатория дистанционного прогнозирования месторождений полезных ископаемых»), Волин К.А. (Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле)

### ПОИСК И СТРОЕНИЕ РАССЛОЕННЫХ ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛ НА ПРИМЕРЕ НОРИЛЬСКОГО РУДНОГО РАЙОНА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

На примере месторождений Масловское и Норильск-1 Норильского рудного района показано применение многоспектральных космических снимков спутника Landsat ETM+ и теплового канала системы ASTER для поисков Pt-Cu-Ni руд, приуроченных к ультрабазит-базитовым интрузивам. В ходе дешифрирования космических снимков выявлены надвиговые структуры с юго-восточным падением сместителя и шарьяжи, дислоцирующие триасовые вулканы, а также тепловые (теплоинерционные) аномалии, маркирующие рудосодержащие породы. Установлена связь Pt-Cu-Ni рудных тел с зонами надвигов. **Ключевые слова:** космо-

снимки, теплоинерционные аномалии, космоструктурное дешифрирование, надвиги, шарьяж, зоны разломов, ультрабазит-базитовые интрузивы, платино-медно-никелевые месторождения.

Abushkevich S.A., Arestova T.A. (Laboratory for Remote Forecasting of Mineral Deposits), Volin K.A. (St. Petersburg State University, Institute of Earth Sciences)

### SEARCHING AND STRUCTURE OF LAMINATED INTRUSIVE BODIES BY THE EXAMPLE OF THE NORIL'SKY ORE DISTRICT ON THE DATA OF REMOTE SENSING OF THE EARTH

Using the Maslovskoye and Norilsk-1 deposits of the Norilsk ore region, the application of multispectral satellite images of Landsat ETM + and ASTER heat channel for the search for Pt-Cu-Ni ores confined to ultrabasic-basic intrusions is shown. In the course of interpretation of satellite images, thrust structures with a southeastern dip of the displacer and nappes, dislocating Triassic volcanics, as well as thermal (heat-inertial) anomalies marking ore-bearing rocks were revealed. The connection of Pt-Cu-Ni ore bodies with thrust zones has been established. **Keywords:** satellite images, thermal inertial anomalies, structural interpretation, thrusts, nappes, fault zones, ultramafic-basic intrusions, platinum-copper-nickel deposits.



## Введение

В статье рассматривается возможность применения данных дистанционного зондирования Земли для поисков перспективных участков медно-никелевых руд в ультрабазит-базитовых интрузивах на примере месторождений Норильского рудного района.

Норильский рудный район, расположенный на северо-западе Сибирской платформы, характеризуется большой мощностью вулканогенных образований (3,5 км) и наличием уникальных Pt-Cu-Ni месторождений. Район детально охарактеризован в ряде фундаментальных работ [3, 4, 6] (Додин, 1996; Геологическая карта..., 1994; Sudbury-Noril'sk, 1994; Рябов и др., 2001, Налдретт, 2003; Лихачев, 2006). На западе и севере он ограничивается Енисейским и Енисей-Хатангским прогибами, а на востоке — Тунгусской синеклизой. На рассматриваемом нами участке работ в северной части Норильской мульды многочисленные ультрабазит-базитовые интрузивы локализованы преимущественно в терригенно-осадочных породах. Месторождения *Норильск-1*, *Талнахский* и *Хараелахский*, приуроченные к контакту ультрабазитовых массивов с вмещающими породами, содержат уникальные по запасам руды (Годлевский, 1959; Лихачев, 1996, 2006; Likhachev, 1994; Генкин и др., 1981; Дистлер и др., 1988 и т.д.).

Даже на таком уникальном месторождении, как *Норильск 1*, всегда стоит вопрос о приросте запасов. Планомерное изучение района началось с 1930 г., с момента создания стационарной геологической службы. За длительный период работы геологической службы были открыты месторождения *Талнахское*, *Октябрьское* и ряд более мелких. Также получен огромный фактический материал, позволяющий не только судить о геологическом строении района и его особенностях, но и решать проблемы генезиса месторождений, находящихся в пределах Норильской мульды: *Норильск-1*, *Гора Черная*, *Норильск-2*, *Зуб-Маркшейдерское*, *Масловское*.

Несомненную помощь в поиске новых Pt-Cu-Ni месторождений могут оказать апробированные методики исследований, основанные на анализе данных многоспектральной космической съемки. Современные методы дистанционного зондирования Земли позволяют уточнить структурно-тектоническое строение поисковых участков и в целом геологию района, а, следовательно, могут скорректировать направления ведения поисковых и геологоразведочных работ.

В частности, эффективным методом поисков тел габбро-долеритов, несущих рудную Pt-Cu-Ni минерализацию, рассмотренным в этой статье, является структурно-тектоническое дешифрирование космических снимков в сочетании с выявлением на космических снимках в инфракрасном диапазоне тепловых аномалий, связанных с различием теплоинерционных свойств пород, и последующий комплексный анализ результатов.

## Основная часть

В данной работе показаны результаты структурно-тектонического и спектрального (теплового) анализа материалов космической съемки в районе Норильско-

го рудного узла. Авторами впервые в этом районе описаны выявленные в ходе дешифрирования материалов космической съемки (МКС) надвиги и шарьяжные структуры, а также складчатые структуры двух этапов деформации, связанные с образованием медно-никелевых руд, а также оконтурены участки предположительно рудосодержащих пород с аномально высокими теплоинерционными показателями (рис. 1–3).

В ходе работы анализировались результаты детального космоструктурного дешифрирования как в видимом, так и в инфракрасном диапазонах многозональных космических снимков Landsat ETM+, радиометра ASTER и снимков высокого разрешения района месторождений *Норильск-1*, *Норильск-2* и *Масловское* (рис. 2, 3). Составлена обобщенная структурно-тектоническая схема района месторождений и прилегающих к ним территорий (рис. 1). В свете полученных результатов, с поисковой точки зрения, затронуты некоторые аспекты структурно-тектонической позиции месторождений *Норильск-1*, *Норильск-2* и *Масловское*.

### *Космоструктурное дешифрирование.*

Для рассматриваемого района в пределах Норильского рудного узла проводился структурно-тектонический анализ результатов дешифрирования МКС. Структурно-тектонические особенности района изучались на цветных RGB-композиатах МКС. Большое значение имеет сезон проведения космической съемки [1]. На использованных в работе осенних и весенних космических снимках (КС), в условиях небольшого снежного покрова поверхности земли, четко дешифрируются мелкие детали рельефа местности (вытянутые западины, цепочки возвышенностей), которые отражают геологическое строение района (рис. 3–А). Например, хорошо фиксируются надвиговые структуры по смене фоторисунка. Результаты дешифрирования разных КС не противоречат друг другу, на всех использованных в работе КС выявляются одни и те же тектонические и складчатые структуры только с большей или меньшей степенью четкости и детальности.

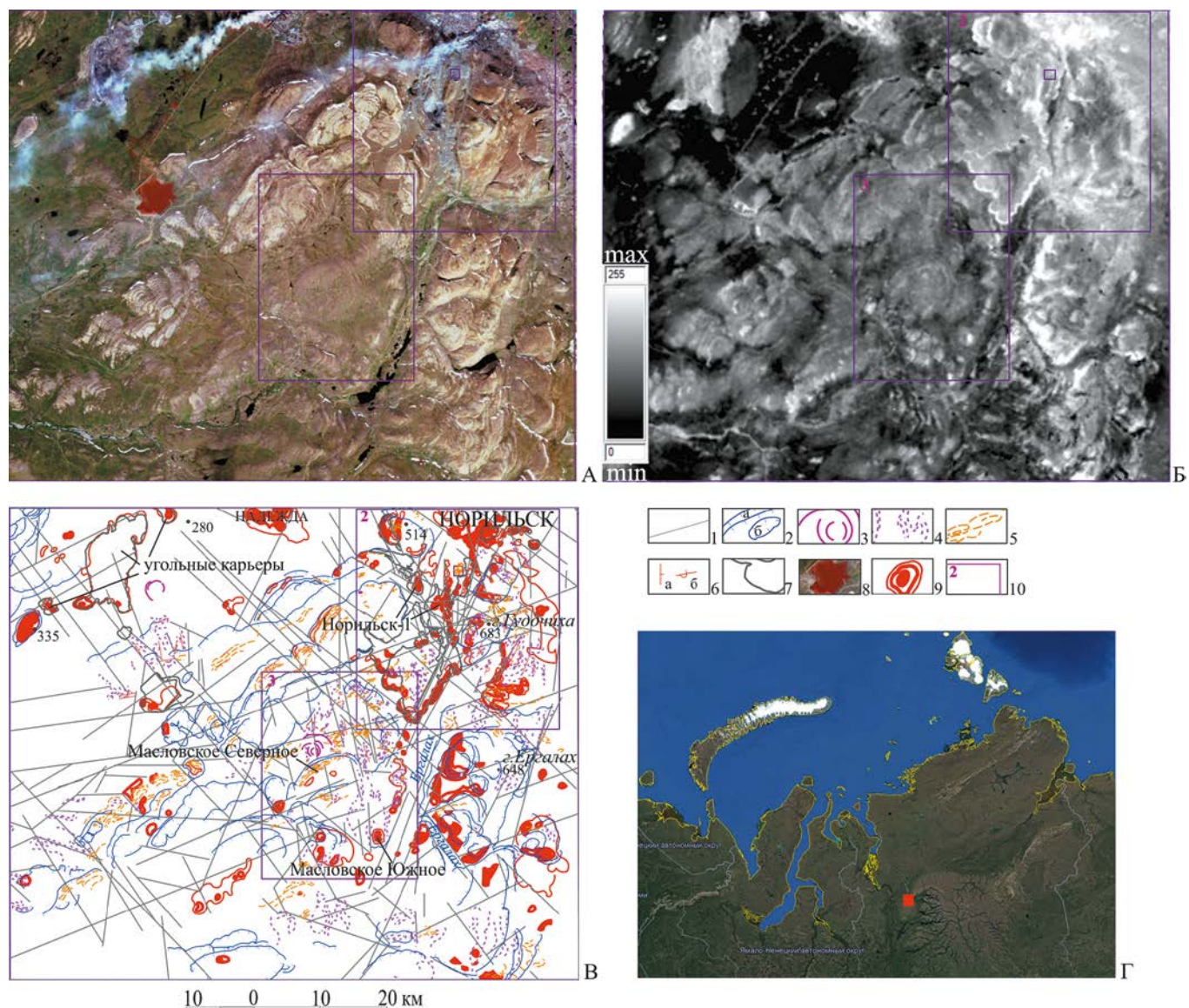
В Норильском рудном узле по КС спутника Landsat авторами выделен ряд основных надвиговых зон с южным и юго-восточным падением сместителей, секущих триасовые образования (рис. 1). Триасовые образования смяты в складки первого этапа складчатости с субмеридиональными осями, которые секутся пологими надвиговыми зонами северо-восточного простирания и юго-восточного падения. С этими зонами надвигов связана складчатость второго этапа с субширотными и северо-восточными осями складок. Изменение направления складчатости связано с изменением направления сжатия в юрско-меловой этап активизации при преобладающем направлении движения с юга и юго-востока. По соотношению надвигов, которые нарушают и дислоцируют триасовые образования, возраст возникновения надвигов принимается юрско-меловым.

В процессе дешифрирования КС (рис. 1) в изучаемом районе также выявлены крутопадающие разрывные нарушения северо-западного, северо-се-

веро-западного, северо-северо-восточного и субмеридионального простираний, пологопадающие зоны надвигов и шарьяжей, и в небольшом количестве дуговые элементы кольцевых структур, вероятно, имеющие тектоническую природу и являющиеся разрывными нарушениями.

*Надвиговые структуры* с южным и юго-восточным падением сместителей развиты в районе весьма широко (рис. 1–3). Аллохтон надвигов сложен вулканическими образованиями, являющимися более плотными, чем пластичные терригенные отложения карбона и перьми в автохтоне.

Описание надвиговой структуры в восточном борту *Норильской мульды* с амплитудой перемещения аллохтона в запад-северо-западном направлении по сместителю на 30–40 м было приведено в работе [4] по геологии и рудоносности Норильского района. Фронтальные разломы надвиговых структур хорошо дешифрируются на RGB-композициях МКС по границе смены цветового фона аллохтона и автохтона, сложенных разновозрастными образованиями, которые сложно было разделить на черно-белых и мноканальных снимках. На рис. 1–А и 1–В, в районе отстойника, находящегося в западной части снимка

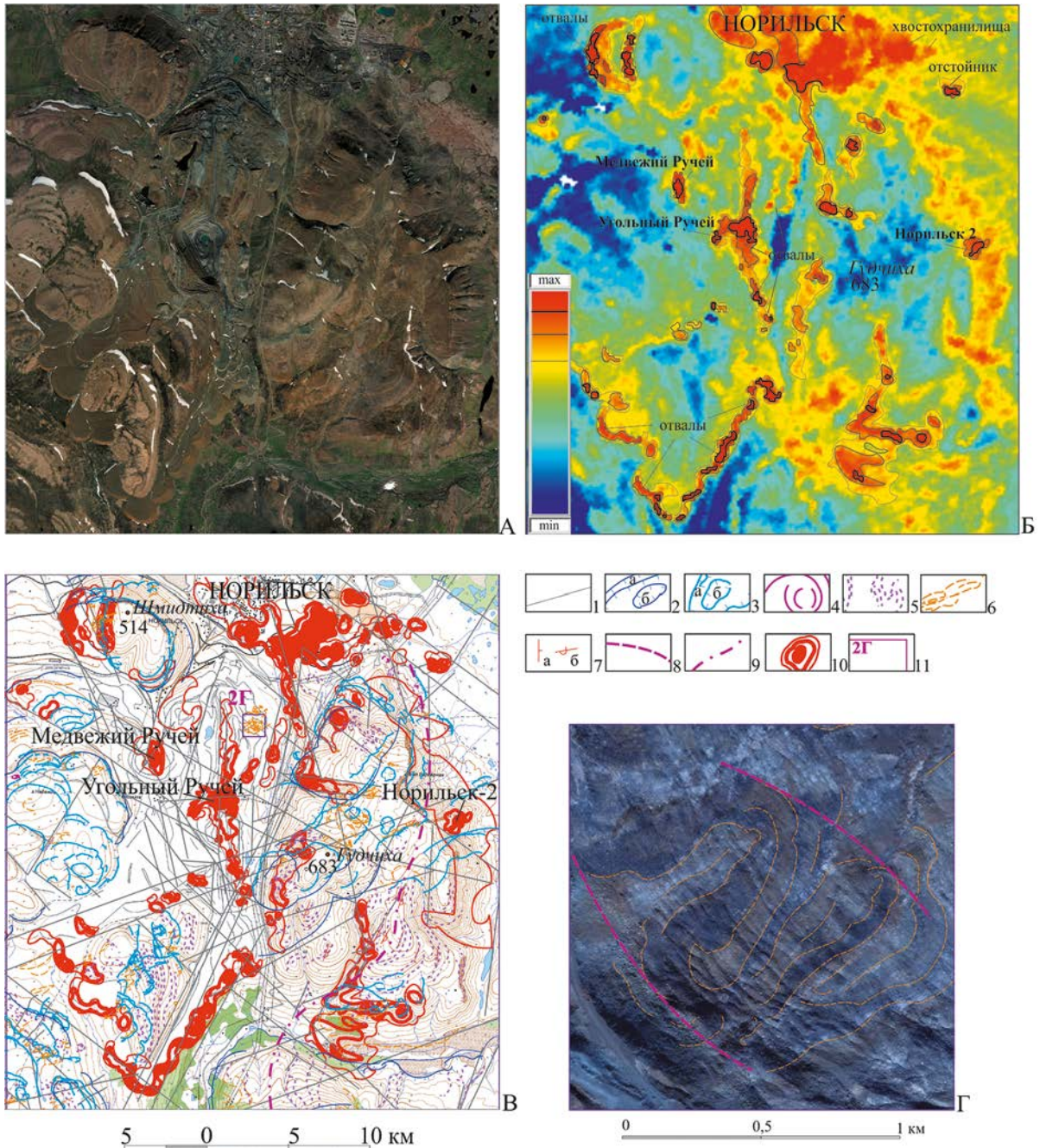


**Рис. 1. Обобщенная структурно-тектоническая схема района месторождений Норильского рудного района и прилегающих территорий:** А — RGB-композиция каналов 3-, 2-, 1-летнего космического снимка Landsat ETM+ (21 июля 2000 г.); Б — исходный снимок теплового канала TIR 4 радиометра ASTER (съёмка 12 августа 2003 г. в 23:19:03 местного времени) и температурная шкала; В — структурно-тектоническая схема с обработанными теплоинерционными аномалиями радиометра ASTER; Г — район работ — красный прямоугольник на мелкомасштабном космическом снимке. **Условные обозначения:** 1–3 — разрывные нарушения: 1 — крутопадающие, 2 — надвиги (а), клиппы (б), 3 — дуговые разломы кольцевых структур; 4–5 — структурные линии двух этапов складчатости: 4 — первого, 5 — второго; 6 — элементы залегания: а — нормальное, б — опрокинутое; 7 — границы угольного карьера и отвалов из карьеров норильских месторождений; 8 — отстойник; 9 — линии интенсивности (изотермы) теплоинерционных аномалий (залитый контур — max); 10 — контуры рисунков и их номера



и имеющего красновато-коричневый цвет, и на юго-запад от него видно, как резко меняется направление простираемости складчатости с северо-западного на северо-восточное. Аналогичная картина наблюдается в верховьях р. Теплая, район месторождения *Масловское* (рис. 3—А, В). Вблизи фронта надвига видна сопря-

женная с простираемием фронта надвига складчатость. Фронт надвиговых чешуй при субгоризонтальном залегании сместителя образует клиппы шарьяжной структуры (рис. 1—В, 2—В, 3—В). Фронт надвигов весьма протяженный — до 18—20 км, осложненный право- и левосторонними сдвигами по северо-западным



**Рис. 2. Структурно-тектоническая схема и теплоинерционные аномалии района месторождений Норильск-1 и Норильск-2:** А — снимок высокого разрешения; Б — космоснимок, полученный в результате обработки исходного снимка радиометра ASTER в тепловом канале 4 TIR (съемка 12 августа 2003 г. в 23:19:03 местного времени) и температурная шкала; В — схема дешифрирования, представленная на топооснове и совмещенная с изотермами теплоинерционных аномалий; Г — фрагмент космоснимка высокого разрешения для территории Норильского рудного узла. **Условные обозначения:** 1—3 — разрывные нарушения: 1 — крутопадающие, 2 — надвиги (а) и клиппы (б) на космическом снимке среднего разрешения, 3 — надвиги (а) и клиппы (б) на космических снимках высокого разрешения; 4 — дуговые разломы кольцевых структур; 5 — структурные линии первого этапа складчатости; 6 — структурные линии второго этапа складчатости; 7 — элементы залегания: а — нормальное, б — опрокинутое; 8 — зеркало складчатости первого этапа; 9 — ось Гудчихинской синклинали на фрагменте 2—В; 10 — линии интенсивности (изотермы) теплоинерционных аномалий (залитый контур — max); 11 — контур фрагмента 2—Г на 2—В

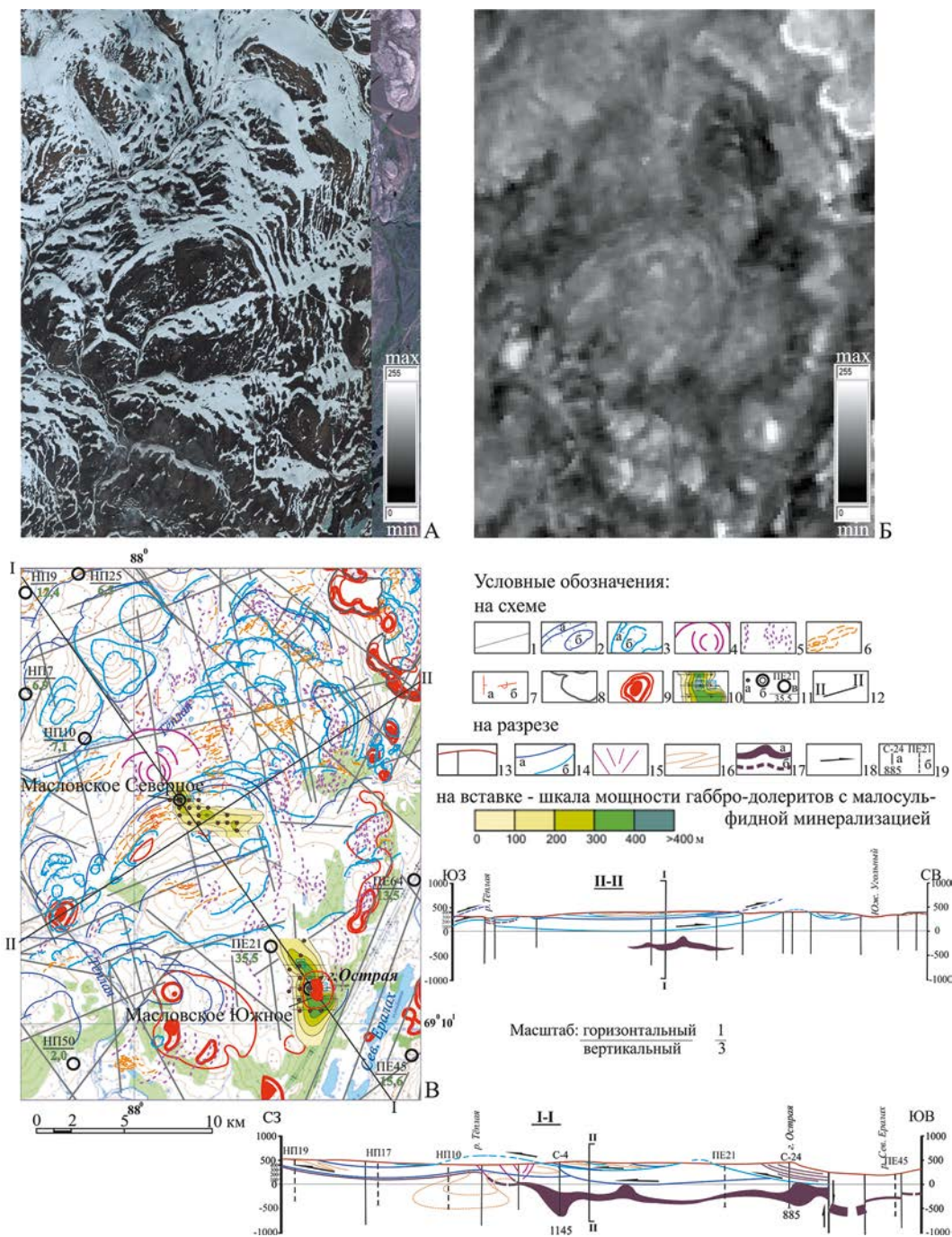


крутопадающим разломам (рис. 1). Надвиговые структуры тесно связаны со вторым этапом складчатости. Довольно часто в западной и центральной части площади работ наблюдается обратное — северо-западное — падение, а местами — субгоризонтальное залегание сместителя, что свидетельствует о наличии

поддвигов или клиппов шарьяжа. Четкие фрагменты шарьяжа дешифрируются на КС в районе месторождения *Масловское* (рис. 3—А, В).

*Складчатые структуры* меридионального простирания наблюдались и были описаны геологами в ходе геологической съемки масштаба 1:200 000 [2, 3].

**Рис. 3. Надвиги и шарьяжи на космических снимках высокого разрешения в районе месторождения Масловское:** А — космоснимок высокого разрешения; Б — исходный снимок теплового канала 4 TIR радиометра ASTER (съемка 12 августа 2003 г. в 23:19:03 местного времени); В — схема дешифрирования с наложенными изотермами теплоинерционных аномалий и линиями геологических разрезов I-I и II-II. **Условные обозначения на схеме:** 1–3 — разрывные нарушения: 1 — крутопадающие, 2 — надвиги (а) и клиппы (б) на космическом снимке среднего разрешения, 3 — надвиги (а) и клиппы (б) на космических снимках высокого разрешения; 4 — дуговые разломы кольцевых структур; 5 — структурные линии первого этапа складчатости; 6 — структурные линии второго этапа складчатости; 7 — элементы залегания: а — нормальное, б — опрокинутое; 8 — границы отвалов из карьеров норильских месторождений; 9 — линии интенсивности (изотермы) теплоинерционных аномалий (залитый контур — max); 10 — изопахиты мощности жильных тел с сульфидной минерализацией [8]; 11 — местоположение устья скважин: а — по результатам дешифрирования космоснимков



высокого разрешения, б — опорных скважин [8], в — по материалам ПО ОАО «Норильскгеология» (в числителе — номер скважины, в знаменателе — мощность жильного тела с сульфидной минерализацией в метрах); 12 — линия разреза на схеме дешифрирования. **Условные обозначения на разрезе:** 13 — линия земной поверхности (коричневая) и крутопадающий разлом (черная); 14 — надвиги: а — по данным дешифрирования космического снимка среднего разрешения, б — по данным дешифрирования космического снимка высокого разрешения; 15 — разломы кольцевых структур; 16 — структурные линии второго этапа складчатости; 17 — жильные тела с сульфидной минерализацией: а — достоверные по материалам ПО ОАО «Норильскгеология», б — предполагаемые; 18 — направление движения аллохтона и структурных блоков; 19 — местоположения скважин: а — опорная, ее номер и глубина в метрах, б — номер скважины по данным ПО ОАО «Норильскгеология»

Субширотные и северо-восточные складчатые структуры второго и третьего порядков удалось выявить в результате изучения многозональных КС Landsat ETM+ и КС высокого разрешения, которые были составлены из снимков 2010 г. (Digital Globe, GeoEye, TerraMetrics и GeocentreConsalting). Детальное дешифрирование КС высокого разрешения позволило выявить отдельные слои, имеющие индивидуальное отображение на снимках за счет цветовых отличий или четко выраженных в рельефе фотомаркирующих горизонтов. Также хорошо дифференцируются по цветовой гамме разновозрастные и разносоставные образования, отличающиеся друг от друга по цветопередаче на RGB-комPOSITE.

Все это дало возможность уверенно выделить два этапа складчатости в пределах исследуемой территории Норильского рудного узла.

*Складчатость первого этапа* имеет субмеридиональное и северо-западное простирания крыльев и осей складок. Складчатостью затронуты все возрастные разности пород района Норильского рудного узла, включая образования триасового возраста. Процесс этот был длительным и в основном однонаправленным. Основное направление сжатия в первом этапе складчатости — субширотное.

В районе работ авторами выявлены и описываются ниже три порядка складчатости первого этапа.

*Складки первого порядка* — расположены в пределах всей Норильской мульды, находящейся между Дудинским и Хантайско-Рыбинским валами [2, 4, 3].

*Складки второго порядка* — преобладают в Норильской мульде и имеют округло-вытянутые формы при соответствующем соотношении длины (7–25 км) и ширины (4–15 км). Складки второго порядка первого этапа складчатости являются осложняющим элементом внутреннего строения складчатости первого порядка, первого этапа складчатости. Примером может служить Гудчихинская синклиналь с опрокинутым СЗ крылом, которая имеет субмеридиональное простирание оси (при длине 26 км и ширине 13 км) (рис. 2–А, В). В северо-восточной части Гудчихинской синклинали находится месторождение *Норильск-2* (рис. 2–Б). В районе месторождения *Масловское* встречаются субмеридиональные веерообразные *складки второго порядка*, дешифрирующиеся по округлым замкам (рис. 3–А, В).

*Складки третьего порядка* — еще более широко развиты в пределах Норильской мульды. Складки третьего порядка первого этапа складчатости имеют вытянутую форму и дешифрируются по узким округлым замкам (рис. 3–А). Ширина этих складок — 0,5 км и длина — первые километры. Встречаются субмеридиональные складки и более мелких порядков с шириной складок в десятки, а длиной в сотни метров. Падение крыльев в них местами достигает 30–60° и более. Простирание крыльев и осей складок третьего порядка первого этапа складчатости подчинено общему направлению складчатости первого этапа и имеет субмеридиональное и северо-западное направление. Складчатость третьего

порядка хорошо видна к востоку от Северной части месторождения *Масловское* (рис. 3–А, В).

*Второй этап складчатости* происходил в юрско-меловой временной интервал, характеризующийся юрско-меловой активизацией и развитием надвиговых процессов. При этом крылья субмеридиональных складок первого этапа интенсивно сминались (в «гармошку»), образуя складки с осями субширотного и северо-восточного простирания, практически вкрест складкам первого этапа складчатости. В области развития складчатости вблизи фронта надвигов с пологими сместителями южного и юго-восточного падения на КС можно видеть результаты процесса преобразования меридиональных складок, в результате чего они сжимались, крылья складок «гофрировались», но при этом зеркало складчатости оставалось меридиональным. На вскрытых коренных породах, севернее карьера Угольный Ручей, дешифрируются разносоставные образования, отличающиеся друг от друга по фототону и цвету (рис. 2–Г). Здесь хорошо различимы складки с северо-восточными осями и зеркалом складчатости северо-западного простирания, что подтверждает второй этап складчатости. В местах пологих и субгоризонтальных зон надвигового характера по сместителю образуются лежащие складки с субгоризонтальными осевыми плоскостями. Эти складки, с углами падения крыльев 0–10° в юго-юго-восточном направлении, можно ошибочно принять за субгоризонтальную слоистость из-за кажущегося отсутствия замков. Образование этих складок произошло в результате надвигов и шарьяжей в процессе перемещения более жесткого блока вулканитов триасового возраста по пластичным терригенным образованиям палеозойского возраста. Перемещение происходило по сместителю, пологопадающему в южном и юго-восточном направлениях.

*Выявленные особенности месторождений.*

*Месторождение Норильск-1* (Угольный Ручей) (рис. 2–Б, В) находится на пересечении крутопадающих разломов северо-северо-западного, северо-северо-восточного и субширотного простирания. Этот узел разрывных нарушений был перекрыт аллохтоном шарьяжа при надвиге с юга (рис. 2). Комплексный анализ существующих геологических данных и анализ данных, полученных в результате космоструктурного дешифрирования КС, позволяют предположить, что основное место в формировании месторождения *Норильск-1* занимал структурный фактор. Образование месторождения шло при контроле со стороны пликвативных структур под субгоризонтальной зоной надвига, выполненной эруптивными брекчиями мощностью до 25 м [4]. Согласно результатам дешифрирования МКС, эта пологая зона являлась сместителем шарьяжной структуры при движении ее с юга и перекрывавшей собой место образования месторождения. В настоящее время месторождение вскрыто в эрозионном окне шарьяжа, а клиппы шарьяжа дешифрируются западнее и восточнее месторождения на г. Гудчиха (рис. 2–В). Формирование месторождения проходило в структурной ловушке под аллохтоном, надвинутым



по сместителю, а рудоподводящими каналами служили крутопадающие глубинные разломы северо-западного и северо-восточного простирания, приоткрывающиеся при субгоризонтальных подвижках.

*Месторождение Масловское* располагается к югу от месторождения *Норильск-1* (рис. 1, 3) и рассматривается в качестве продолжения месторождения *Норильск-1* в юго-западном направлении [2, 3].

Месторождение вскрыто многочисленными скважинами, из которых скважины ОМ-4 и ОМ-24 вскрыли ультрабазит-базитовый интрузив разной степени рудоносности с максимальной мощностью на севере и на юге соответственно 270 м и 420 м, а скважины ОМ-6 и ОМ-25 вскрыли наиболее полные разрезы вулканогенных образований в центральной и восточной частях Норильской мульды мощностью 1 100 м и 700 м соответственно. По скважинам ПО ОАО «Норильскгеология» были построены изопахиты, отражающие мощность рудоносного тела ультрабазит-базитового состава [6]. На снимках высокого разрешения были найдены устья скважин, использованных предшественниками для построения изопахит. В результате схема-вставка изопахит мощностей дифференцированных интрузий с массивными рудами (жильными телами), была точно совмещена со схемой дешифрирования в районе Северной и Южной частей Масловского месторождения с учетом масштаба вставки и схемы дешифрирования (рис. 3–В). В дальнейшем мощности рудоносного тела ультрабазит-базитового состава использовались при построении разрезов I-I и II-II (рис. 3).

*Месторождение Масловское* делится на две части: *Северную* и *Южную* (рис. 3–В).

*Северная часть месторождения Масловское* приурочена к пересечению складок меридионального и широтного простираний, относящихся соответственно к первому и второму этапам складчатости. В районе *Северной части* месторождения *Масловское* проходит ось антиклинальной складки второго порядка второго этапа складчатости, имеющая восток-северо-восточное простирание, сформировавшаяся над выдвинутым блоком субширотной надвиговой структурой. В результате этого антиклиналь сопряжена с шарьяжем и расположена почти под прямым углом к складчатости первого этапа. Эта антиклинальная структура в своей северо-восточной части фиксировалась и ранее [2, 3, 4]. Данный узел перекрыт аллохтоном шарьяжа с амплитудой 8 км. Аллохтон представлен двумя чешуями. Сместитель шарьяжа субгоризонтальный, со слабым ( $5-10^\circ$ ) наклоном в южном направлении.

В центральной части фрагмента КС высокого разрешения (рис. 3–А) четко дешифрируется клипп. Перед клиппом — интенсивно смятые (в «гармошку») складки первого этапа складчатости с осями субмеридионального простирания. В результате смятия хорошо видна складчатость второго этапа с осями восток-северо-восточного простирания. Восточнее клиппа дешифрируется субмеридиональная складчатость первого этапа.

На разрезе, проходящим через клипп (рис. 3–В), видно, что наибольшая мощность дифференцирован-

ного интрузивного тела с малосульфидной (МС) минерализацией вскрыта в скважине ОМ-4 и приурочена к сместителю надвига. Надвиг создает пространство с меньшим давлением в подводящем канале, чем в окружающих породах, используя зону крутопадающего разлома. В данном случае к субширотной складке приурочена сопряженная с ней субширотная интрузия, отраженная на разрезе (рис. 3–В). Морфология дифференцированного ультрабазит-базитового интрузива свидетельствует о внедрении его по ослабленной зоне, сопряженной со сместителем шарьяжной структуры. Изогнутость рудного тела авторы связывают с надвиговыми процессами. Дополнительные скважины, пробуренные вне месторождения *Масловское*, по данным ПО ОАО «Норильскгеология», вскрыли дифференцированные интрузивные тела с малосульфидной минерализацией, которые оказались приуроченными к отдешифрированным нами надвиговым структурам (см. разрез на рис. 3–В).

*Северная часть* месторождения *Масловское* приурочена к контакту разновозрастных (мезозойских и палеозойских) и разносоставных образований, однако здесь важную роль играют вышележащие надвиговые структуры, создавшие условия для формирования рудной залежи.

*Южная часть* месторождения *Масловское* полностью обязана структурному надвиговому фактору, в результате которого месторождение локализовалось в вулканах триасового возраста [6], под аллохтоном надвига, надвинутого с юга.

Увеличение мощности жильных тел с сульфидной минерализацией на месторождении *Масловское* связано с антиклинальными структурами третьего порядка второго этапа складчатости, образовавшимися за счет надвига с южным падением сместителя.

#### *Дешифрирование и интерпретация тепловых аномалий.*

Проводился анализ данных тепловых каналов МКС ASTER для оконтуривания пород с аномально высокими теплоинерционными свойствами. Для решения задачи поисков участков локализации руд на основе их теплоинерционных особенностей был применен тепловой спектр TIR радиометра ASTER и, в частности, его каналы 4 (10,25–10,95 мкм) и 5 (10,95–11,65 мкм) (съемка 12 августа 2003 года в 23:19:03 местного времени) с разрешением на местности 90 м. Указанное время проведения съемки позволяет использовать теплоинерционные свойства и особенности пород для выявления тепловых аномалий, так как породы ко времени съемки в основной своей массе остывают, но не равномерно, а согласно своим теплоинерционным характеристикам (таблица) [5].

Наиболее ярко рудные зоны проявляются в тепловом TIR канале 4 белым фототонном (рис. 1–Б, 2–Б). Так, месторождение *Норильск-1* в районе Угольного Ручья резко выделяется аномально белым теплоинерционным полем над окружающим фоном. Теплоинерционная аномалия наблюдается на северо-восточной стенке карьера и продолжается в южном и северном направлениях по откартированному ранее [2, 3] телу

габбро-долеритов. Тепловые аномалии в карьерах Угольный Ручей и Медвежий Ручей (рис. 1–Б, 2–Б), находятся точно на выявленных ранее рудных телах и подтверждают работоспособность метода выявления рудных тел по данным тепловых КС. Следует отметить теплоинерционные аномалии на внешних частях отвалов карьеров, где скапливается крупная фракция пород, в основном состоящая из вмещающих руду габбро-долеритов. На снимках радиометра ASTER яркой тепловой аномалией отражен объект, постоянно излучающий тепло — это город Норильск, расположенный в северной части снимка (рис. 2–Б). Также яркими белыми теплоинерционными аномалиями выделяются хвостохранилища и отстойники (рис. 2–Б). Однако такие техногенные аномалии легко отбраковываются путем сопоставления с топографической основой.

Из объектов, требующих изучения с поисковой точки зрения, следует отметить цепочку теплоинерционных аномалий вдоль разлома северо-северо-западного простирания, отдешифрированного на восточных склонах горы Гудчиха (рис. 2–Б, В). Эта цепочка смещена левосторонним сдвигом по субширотному разлому. Участок смещения также сопровождается теплоинерционной аномалией, что может указывать на внедрение интрузивного тела, обладающего повышенными теплоинерционными особенностями, в проницаемую зону после ее образования. В южной части Гудчихинской синклинали также отмечается повышенный теплоинерционный фон вдоль северо-восточного и субширотных разломов. В северной части площади работ, западнее г. Норильск, выделяются еще две полукольцевые аномалии на западных склонах г. Шмидтиха (высота 514) (рис. 2–Б, В). Эти теплоинерционные аномалии наблюдаются не только на южных экспозициях склонов, которые можно интерпретировать как результат нагрева солнцем, но и на западных, и на северных склонах г. Шмидтиха. Первая цепочка теплоинерционных аномалий — западная — в нижней части склона отражает отвалы горных пород из карьера, а вторая — слабо-дугообразная, расположенная ближе к вершине г. Шмидтиха — вытянута в меридиональном направлении, что требует изучения и объяснения. Возможно она связана с рудоносностью основных пород. На месторождении *Норильск-1*

также отмечается приуроченность теплоинерционных полей к северо-северо-западным разрывным нарушениям, сопряженным с зонами разломов. Кроме того, теплоинерционные аномалии на месторождении *Норильск-1* приурочены к узлам пересечения северо-западных разломов с северо-восточными и субширотными разломами (рис. 2–В).

В таблице [5] приведена тепловая инерция различных пород и минералов, большинство из которых встречается в изучаемом районе. Тепловая инерция характеризует способность сопротивляться изменению температуры за определенное время и прямо пропорциональна плотности материала, его теплопроводности и теплоемкости. Чем выше показатель тепловой инерции, тем меньше горная порода подвержена суточным колебаниям, связанным с суточными изменениями температуры. Как видно из таблицы, теплоинерционная способность основных и ультраосновных интрузий ненамного выше тепловой инерции осадочных пород. В то же время теплоинерционная способность металлов на порядок выше тепловой инерции и интрузивных, и осадочных пород. Можно предположить, что любое содержание металлов в породе, в том числе присутствие сульфидной минерализации, будет приводить к повышению инерционной способности этих образований, что и фиксируется в тепловых каналах КС. Интерпретация тепловых данных КС подразумевает качественный, а не количественный анализ, показывающий относительную разницу температур породных комплексов на изучаемой

**Теплофизические характеристики горных пород и минералов [5]**

Объекты	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м·К)	Удельная теплоемкость $c$ , Дж/(кг·К)	Плотность $\rho$ , $10^3$ кг/м <sup>3</sup>	Тепловая инерция $\rho$ , Дж/(м <sup>2</sup> ·с <sup>-1/2</sup> ·К)
Бурый уголь	0,25	1130	1,2	580
Глинистые сланцы	0,58–1,70	750	2,1	960–1600
Известняки	0,81–4,10	670–1000	2,4–2,7	1100–3300
Диорит	2,30	630	2,8	2000
Песчаник	2,00	960	2,4	2150
Диабазы	2,10–2,30	710	3,0	2100–2200
Габбро	1,70–2,90	710	3,0	1750–2500
Гранит	3,30	670	2,7	2450
Доломиты	—	920	2,3–2,7	2500–2700
Серный колчедан	4,20	880	4,7	4200
Алюминий	210,00	880	2,7	22400
Железо	75,00	550	7,9	17100
Мрамор	2,29	870	2,7	2340
Обсидиан	1,25	710	2,4	1460
Перидотит	4,59	830	3,2	3510
Кварцит	5,01	710	2,7	3090
Риолит	2,29	660	2,5	1960
Вода	0,54	4220	1,0	1540



территории. Определение абсолютных значений температур достаточно трудоемко и не оправдано, так как существует множество факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на точность и достоверность количественного анализа. К таким факторам относятся: состав атмосферы, гидрогеологический режим, рельеф, характеристика растительного покрова и ряд других. Однако для поисковых задач, как показывают приведенные в данной работе результаты анализа теплового спектра TIR радиометра ASTER, оконтуривание породных комплексов на основе относительной разницы теплоинерционных свойств пород дают хорошие результаты, позволяющие достаточно точно определить локализацию пород, содержащих рудные минералы, в частности сульфидные медно-никелевые руды Норильского рудного района.

На рис. 2—Б видно, что теплоинерционные аномалии наблюдаются в местах, где явно находится руда — это непосредственно месторождения *Норильск-1* и *Норильск-2*, и отвалы, содержащие забалансовые руды, хвостохранилища и отстойники.

На месторождении *Норильск-1*, севернее карьера, по данным тепловых каналов КС, теплоинерционная аномалия проходит точно по отраженному на геологической карте рудному телу [3]. Южнее карьера теплоинерционная аномалия отклоняется в юго-восточном направлении до узла пересечения северо-северо-западного разлома с субмеридиональным глубинным Норильским разломом.

Среди теплоинерционных аномалий, ярко выделяющихся на космоснимке в канале 4 TIR, следует отделять породные аномалии от аномалий, связанных с южными и юго-западными склонами рельефа местности. На изучаемой площади есть места, не связанные с рельефом, именно они заслуживают особого внимания при поиске медно-никелевых руд. Для примера рассмотрим часть аномалий в северо-западной части общей площади работ, в районе угольных карьеров (КУР-1, КУР-2) (рис. 1-В). Согласно таблице, уголь обладает слабыми теплоинерционными способностями, поэтому повышение теплоинерционного фона на угольном карьере больше связано со вскрытием как коренных пород, так и даек ультраосновных пород. Юго-западнее карьера наблюдается ряд теплоинерционных аномалий, на которые следует обратить внимание при поисковых работах. Это район высоты 335 и северо-восточнее ее, а также северо-восточнее карьера, в районе высоты 280 (рис. 1-В). Яркие аномалии на севере общей площади работ, восточнее высоты 280, имеют техногенный характер и связаны с Надежинским металлургическим заводом (пос. Надежда). Открытым остается вопрос о генезисе теплоинерционных аномалий на западных отрогах г. Ергалах и по правому борту р. Ергалах, нуждающихся в доизучении.

#### Выводы

1. Преобладающими рудовмещающими структурами Норильского рудного района являются пологопадающие разломы — сместители надвигов и шарьяжей южного и юго-восточного залегания.

2. Для прогнозирования мест нахождения промышленных запасов полезного ископаемого, в частности медно-никелевых руд, необходимо учитывать, кроме глубинных крутопадающих разломов, служащих подводными каналами, надвиговые структуры, создающие структурные ловушки для локализации рудных залежей.

3. Дополнительными структурными ловушками следует считать места пересечения складчатых структур двух этапов в районе образования надвиговых структур, где аллохтон является экраном, перекрывающим свободную миграцию сульфидного расплава, и создающих возможность локализации его непосредственно по сместителю или в непосредственной близости от него.

4. Доказано эффективное применение теплоинерционных свойств пород, отраженных на космических снимках теплового канала TIR системы ASTER для поисков Pt-Cu-Ni руд, приуроченных к ультрабазит-базитовым интрузивам.

5. Теплоинерционные свойства рудосодержащих ультрабазит-базитовых интрузивов отличны от теплоинерционных свойств вмещающих пород, что позволяет эффективно применять данные тепловых каналов ночных МКС для оконтуривания участков рудосодержащих пород.

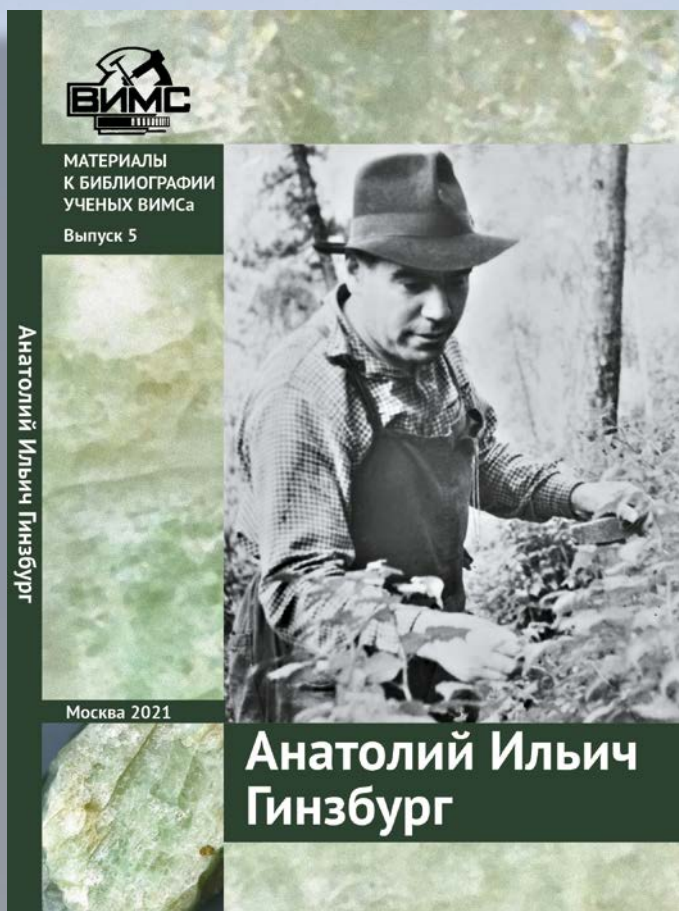
6. Решать вопрос о перспективности оконтуренных по тепловым аномалиям участков пород с определенными теплоинерционными свойствами можно только после сопоставления результатов структурно-тектонического дешифрирования КС и теплового анализа КС, с учетом уже известных геологических данных об исследуемом районе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абушкевич, С.А. Особенности дешифрирования надвигово-складчатых структур в залесенных районах Прибайкалья и Приморья по материалам дистанционного зондирования земли / С.А. Абушкевич, К.А. Волин, Т.А. Арестова, Д.А. Липилин // Разведка и охрана недр. — 2021. — № 2. — С. 24–31.
2. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Туруханская. Лист R-45-XXIX, XXX. Полезные ископаемые / А.А. Межвилк, Г.Д. Маслов, В.А. Люлько // НИИА, Норильская КГРЭ Красноярского ГУ. Фабрика № 9. — 1965.
3. Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Туруханская. Лист R-45-XXIX, XXX. Объяснительная записка / А.А. Межвилк, Е.Н. Суханова, В.А. Даценко, под редакцией Н.Н. Урванцева // НИИГА Красноярское ГУ. М., Недр. — 1967. — 76 с.
4. Дюжиков, О.А. Геология и рудоносность Норильского района / О.А. Дюжиков, В.В. Дистлер, Б.М. Струнин, А.К. Мкртычян, М.Л. Шерман, С.Ф. Служеникин, А.М. Лурье // М., Наука. — 1988. — 279 с.
5. Тепловая аэрокосмическая съемка. — М.: Недр, 1993. — 128 с.
6. Krivolutskaya, N.A. Mineralogy, geochemistry and stratigraphy of the Maslovsky Pt-Cu-Ni sulfide deposit, Noril'sk Region, Russia: Implications for relationship of ore-bearing intrusions and lavas / N.A. Krivolutskaya, A.V. Sobolev, S.G. Snisar, B.I. Gongalskiy, B. Hauff, D.V. Kuzmin, I.N. Tushentsova, N.M. Svirskaya, N.N. Kononkova, T.B. Schlychkova // Mineralium Deposita. — 2012. — V. 47. — P. 69–88.

© Абушкевич С.А., Арестова Т.А., Волин К.А., 2022

Абушкевич Сергей Антонович // niicosm\_as@mail.ru  
Арестова Татьяна Альбертовна // t.a.arestova@mail.ru  
Волин Кирилл Артемович // k.volinn@spbu.ru



Вышла в свет новая книга — Анатолий Ильич Гинзбург. Материалы к библиографии ученых ВИМСа. Вып. 5 / Сост. Н.Г. Беляевская, Н.Э. Коростелева, В.И. Кузьмин и др. / Науч. ред. И.Г. Печенкин. — 2-е изд. исправленное и дополненное. — М.: ВИМС, 2021. — 142 с., 43 ил.

ISBN 978-5-6046868-8-1

Издание посвящено памяти Анатолия (Натана) Ильича Гинзбурга (1917–1984 гг.) — выдающегося отечественного минералога и геохимика, лауреата Государственной премии СССР, доктора геолого-минералогических наук, профессора, крупнейшего знатока эндогенных месторождений редких металлов, Почетного члена и члена Президиума ВМО, руководителя отдела минералогии ВИМСа и первого председателя Научного совета по методам минералогических исследований Министерства геологии СССР. Предназначено для широкого круга читателей, интересующихся историей наук о Земле.



В издательстве ФГБУ «ВИМС» вышла в свет новая книга — Никольская Н.Е., Казеннова А.Д., Николаев В.И. Типоморфизм рудообразующего хромшпинелида месторождений хромовых руд. «Минеральное сырье» № 42. М.: ФГБУ «ВИМС», 2021. 238 с.

ISBN 978-5-6046868-4-3

В монографии представлено систематическое обобщение по химическому составу рудообразующих хромшпинелидов разных рудно-формационных и геолого-промышленных типов. На представительном аналитическом материале рассмотрены типохимические особенности рудообразующих хромшпинелидов 16 хромитонесных альпинотипных гипербазитовых массивов Урала и Сибири и 14 стратиформных базит-гипербазитовых интрузий Российской Федерации и Мира. По каждому из геологических объектов приведены данные о геологическом строении, хромитонесности и типохимизму хромшпинелидов. Выявлены специфические особенности химизма хромшпинелидов рудных объектов, локализованных в различных структурно-вещественных комплексах альпинотипных массивов и в разных типах стратиформных интрузий. Анализы хромшпинелидов размещены на электронном носителе, прилагаемом к монографии.

Книга будет интересна широкому кругу геологов, минералогов и геохимиков, занимающихся проблемами хромитонесности.



