



Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН,  
г. Магадан

ITES-2025

# Поиск рудных месторождений искусственным интеллектом: мечты и реальность

**Елена Колова**  
**Антон Глухов**



[kolova@neisri.ru](mailto:kolova@neisri.ru),  
[gluhov76@list.ru](mailto:gluhov76@list.ru)

**Лаборатория петрологии, изотопной  
геохронологии и рудообразования**





<https://rudalle.ru/kandinsky2> по запросу русские геологи

[← Назад](#)

# ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ИИ) В ГЕОЛОГОРАЗВЕДКЕ

ПРОТОТИП ИЛИ MVP ENERGYNET TECHNET ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТ... ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ОБ...

МОСКВА

Цифровой профиль команды

## АЛРОСА внедрит искусственный интеллект в поиск месторождений алмазов

[Главная](#) / [СМИ](#) / [Новости](#)

21 авг 2025



# ИИ-геолог: как искусственный интеллект находит месторождения золота, нефти и редких металлов

ничений, которые сдерживают эффективность поиска полезных ископаемых. Одной из главных проблем являются геологические исследования. Организация экспедиций, буровые работы, отбор проб и их анализ требуют значительных затрат времени, но и времени. При этом даже тщательно спланированные проекты нередко сталкиваются с проблемами на этапе реализации.

Вместо этого геологи часто опираются на ограниченный набор геологических моделей и экспертных гипотез. В результате могут быть упущены потенциально ценные месторождения. Кроме того, неточная оценка геологических рисков или неверно выбранные участки для бурения могут привести к значительным финансовым потерям. Поэтому все чаще геологи обращаются к искусственному интеллекту. Спрос на точность и обоснованность решений, такие методы оказываются недостаточно

IT ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА

## Как нейросеть находит месторождения, которые не видит геолог

03.06.2025

⌚ Время чтения: 15 мин

👁️ 2 226

💬 4

[Главная](#) > [Архив](#) > [Российские и иранские ученые использовали нейросеть в разведке месторождений железной руды](#)

НАУКА И ИННОВАЦИИ

ГЕОЛОГИЯ

ИШПР

НАУКА

## Российские и иранские ученые использовали нейросеть в разведке месторождений железной руды

9 декабря 2021 | 11:10 | 👁️ 172

**А.Б.КАЖДАН**

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ**

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ  
ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ**



**ВЫСШЕЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ**

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ  
ЛАБОРАТОРНЫЙ  
ПРАКТИКУМ**



Геологическая  
Библиотека  
**GeoKniga**  
[www.geokniga.org](http://www.geokniga.org)



**ВЫСШЕЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ**

Автор(ы):

Аристов В.В., Безирганов Б.Г., Бортников А.Я., Крейтер В.М.,  
Кушнарев П.И., Роков А.Н., Ясковский П.П.

Издание:

Недра, Москва, 1989 г., 191 стр., УДК: 550.812, ISBN: 5-247-00782-4



# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ГЕОЛОГО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ масштабов 1 : 500 000 и 1 : 200 000

Основные области применения ГМК — прогнозирование новых рудных районов, узлов, полей стратегических, высоколиквидных и остродефицитных видов минерального сырья, а также прогнозирование новых рудных полей и месторождений минерального сырья в действующих рудных районах с истощенной минерально-сырьевой базой.

Приведенные особенности геолого-минерагенического картирования определяют его роль как важнейшего вида региональных работ, непосредственно ориентированного на расширение минерально-сырьевой базы в отношении полезных ископаемых, наиболее важных для страны в целом и для отдельных регионов.



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • 2009

Главная

Рекомендации

## Методические рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов (Рекомендованы к использованию протоколом МПР России от 03.04.2007 №11-17/0044-пр)

Приказ Минприроды и Роснедр 15.04.2025 № 209-03, правила разработки ТПИ, действуют с 01.09.2025)

Приказ Минприроды России от 23.05.2011 № 378

Постановление Правительства РФ от 12.08.2017 № 963

Приказ МПР России от 11.12.2006 № 278

Распоряжение Правительства РФ от 30.08.2022 № 2473-р

Федеральный закон от 26.03.1998 № 41-ФЗ

Распоряжение Правительства РФ от 16.04.2024 № 939-р

Постановление Правительства РФ от 26.12.2001 № 899

Приказ Минприроды России и Роснедр от 25.04.2023 № 246/03

Постановление Правительства РФ от 29.12.2001 № 921

Приказ Минприроды России N 247, Роснедр N 04 от 25.04.2023

Постановление Правительства РФ от 12.08.2017 № 963

Приказ Минприроды, Роснедр от 14.08.2023 № 519/11

Составление геолого-поисковой модели желаемого рудного объекта; Определение поисковых признаков и предпосылок

Анализ региональных ГГК, фондовых материалов, опубликованной литературы, данных дистанционных съемок.....

Сопоставление геолого-поисковой модели с результатами геологического изучения

Определение перспективных рудных районов

Проведение рекогносцировочных поисковых работ

Выделение перспективных площадей ранга рудный узел / рудное поле

Проведение детальных оценочных работ

от 2 до 5 лет

от 3 до 7 лет

Месторождение

**РЕЗУЛЬТАТ ЗАВИСИТ:**

КОМПЛЕКСНОСТЬ,  
КОМПЕТЕНТНОСТЬ И  
ПОЛНОТА ИЗУЧЕНИЯ  
ФАКТОРОВ

ОПТИМАЛЬНОСТЬ  
ПРИМЕНЯЕМЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

ДОСТОВЕРНОСТЬ  
ПОЛУЧАЕМЫХ ДАННЫХ

АДЕКВАТНОСТЬ  
ИНТЕРПРЕТАЦИИ

ОБОСНОВАННОСТЬ  
ОЦЕНКИ

Традиционные методы поиска полезных ископаемых сегодня выглядят архаично на фоне новых технологий. Геологическая разведка в классическом исполнении включает несколько этапов:

1. Дешифрирование аэрофотоснимков — до 6 месяцев.
2. Полевые геофизические исследования — 1–2 года.
3. Бурение разведочных скважин — от 50 до 200 скважин на месторождение.
4. Лабораторный анализ кернов — образцов породы.

Стоимость такой работы достигает 50–100 млн долларов для среднего месторождения. При этом вероятность успеха составляет всего 10–15%.

ИИ кардинально меняет эту статистику — [по данным McKinsey](#), крупнейшей международной консалтинговой компании по управлению бизнесом, внедрение машинного обучения повышает эффективность разведки на 40–50%.

НАУКА И ИННОВАЦИИ ГЕОЛОГИЯ ИШП НАУКА

### Российские и иранские ученые использовали нейросеть в разведке месторождений железной руды

9 декабря 2021 | 11:10 | 172

## «ТЕСТИРОВЩИКИ»

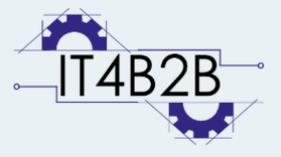
Научные сотрудники Университета Нотр-Дам, Аризонского университета и Научного института Карнеги разработали ИИ-модель, которая анализирует минералогические данные для прогнозирования местонахождения редких или полезных минералов. Модель основана на информации из базы данных Mineral Evolution Database, в которой содержится информация о 5477 уникальных типах минералов и 295 583 местах обнаружения. Как пишет команда в своей статье для PNAS Nexus, огромный объем этих данных — в сочетании со «сложностью и присущей «беспорядочностью» переплетенных геологических, химических и биологических систем нашей планеты» — делает чрезвычайно трудным для человека поиск месторождений полезных ископаемых с помощью базы данных Mineral Evolution Database.

## «СПЕКУЛЯНТЫ»

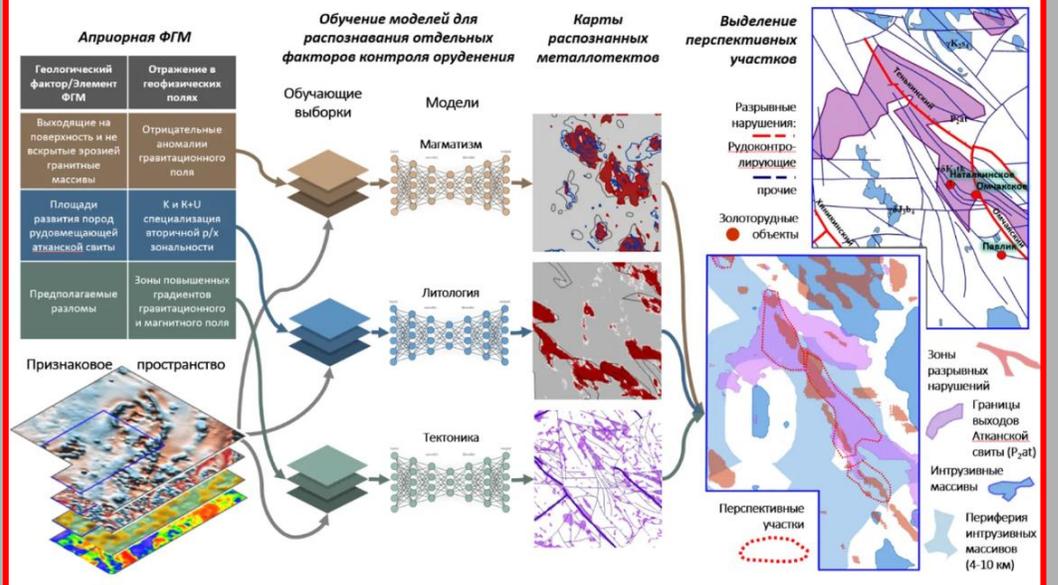
Стартап Earth AI с помощью искусственного интеллекта обнаружил перспективные месторождения меди, кобальта и золота в районах Австралии, которые десятилетиями игнорировались горнодобывающими компаниями. Алгоритмы быстро сканируют обширные территории и выявляют залежи, пропущенные при разведке недр традиционными способами. Модели Earth AI были обучены на 400 млн геологических случаев, в результате точность прогнозов выросла с 0,5% до 66%.



### АЛРОСА внедрит искусственный интеллект в поиск месторождений алмазов



## «ШАРЛАТАНЫ»



Appercase > Новости

## «СПЕКУЛЯНТЫ»

1 января 2025 г. в 21:20:24

### Компания KoBold Metals, использующая ИИ для геологоразведки, привлекла 527 миллионов долларов

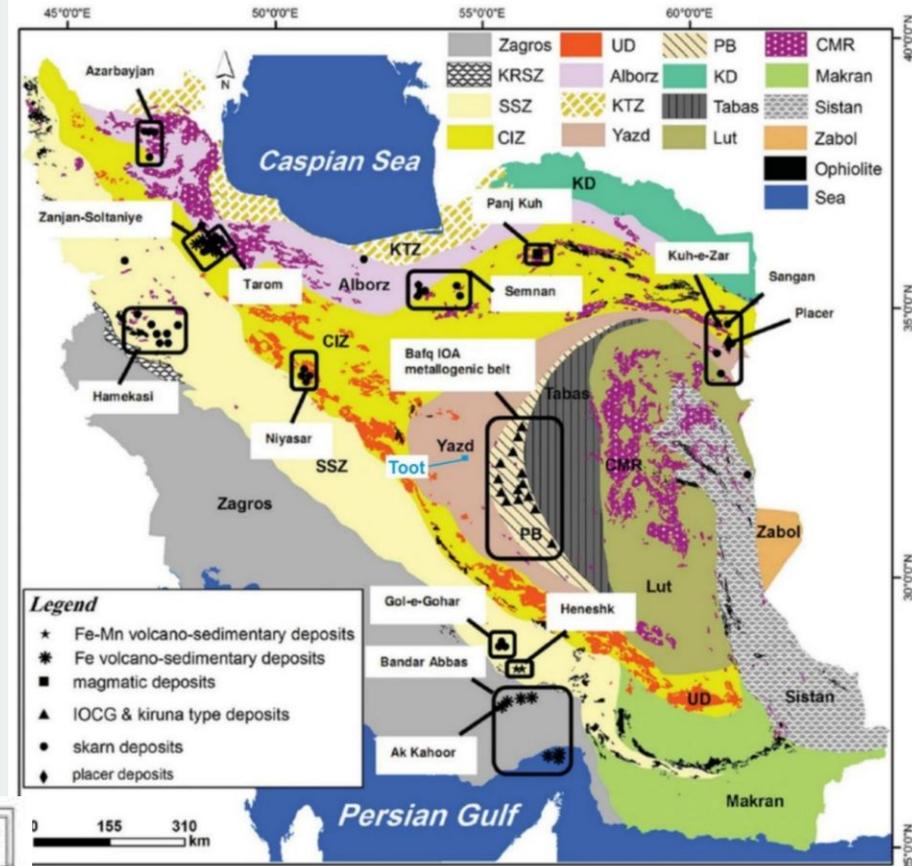
Компания KoBold Metals, занимающаяся поиском полезных ископаемых с помощью ИИ, привлекла \$527 миллионов в рамках раунда финансирования Series C. Эти средства будут направлены на развитие проектов, включая новое месторождение меди в Замбии.

ИТ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА

### Как нейросеть находит месторождения, которые не видит геолог

# «ТЕСТИРОВЩИКИ»

Совместные исследования ученых Тегеранского политехнического университета (А. Ширази, А. Хезархани, А. Ширази) и Томского политехнического университета (Т.Тимкин) сложной математической зависимости между напряженностью магнитного поля и интенсивностью радиоактивности радиоактивных элементов (1439 замеров). Что позволило не проводить радиометрическую съемку на новых территориях, а пересчитывать данные магнитометрии.



Обзорная геологическая карта месторождений железа Ирана и района Тут



Article

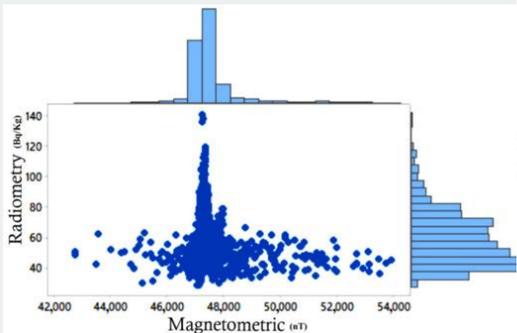
**Investigation of Magneto-/Radio-Metric Behavior in Order to Identify an Estimator Model Using K-Means Clustering and Artificial Neural Network (ANN) (Iron Ore Deposit, Yazd, IRAN)**

Adel Shirazy <sup>1,\*</sup>, Ardehshir Hezarkhani <sup>1</sup>, Timofey Timkin <sup>2,\*</sup> and Aref Shirazi <sup>1</sup>

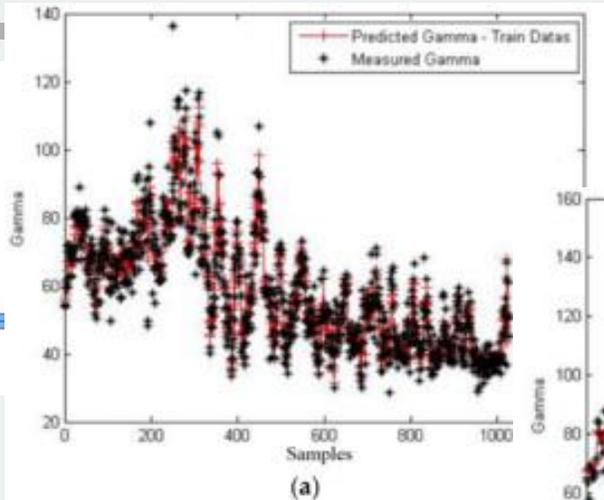
<sup>1</sup> Department of Mining Engineering, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran 1591634311, Iran; ardehez@aut.ac.ir (A.H.); Aref.shirazi@aut.ac.ir (A.S.)

<sup>2</sup> School of Earth Sciences & Engineering, Tomsk Polytechnic University, 634050 Tomsk, Russia

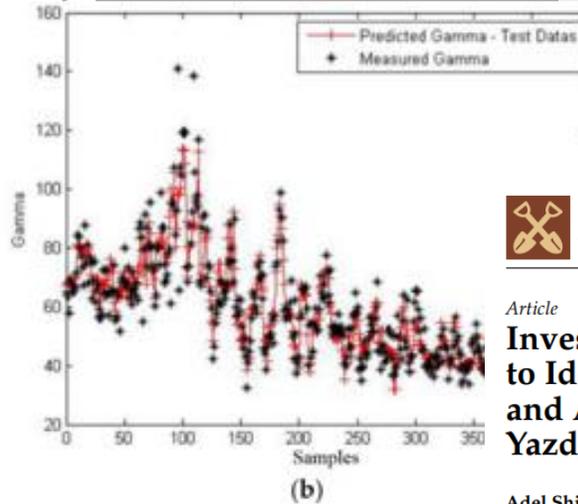
\* Correspondence: Adel.Shirazy@aut.ac.ir (A.S.); timkin@tpu.ru (T.T.)



Гистограмма магнитометрических и радиометрических данных



Линия оценки гамма-излучения (Бк/кг) с реальными значениями в обучающих ( а ) и тестовых ( б ) данных



# «ТЕСТИРОВЩИКИ»



## GSA Annual Meeting in Phoenix, Arizona, USA - 2019

Paper No. 234-2  
Presentation Time: 8:15 AM

MINERAL EVOLUTION DATABASE: DATA-DRIVEN AGE ASSIGNMENT, HOW DOES A MINERAL GET AN AGE?

GOLDEN, Joshua J.<sup>1</sup>, DOWNS, Robert T.<sup>1</sup>, HAZEN, Robert M.<sup>2</sup>, PIRES, Alexander J.<sup>1</sup> and RALPH, Jolyon<sup>3</sup>, (1)Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, (2)Geophysical Laboratory, Carnegie Institution for Science, Washington, DC 20015, (3)mindat.org, Surrey, CR4 4FD, United Kingdom

The concept of mineral evolution, that Earth's mineralogy has changed throughout Earth's history in response to changing atmospheric and crustal conditions, requires large amounts of spatial and temporal data to be collected and correlated in order to test. The Mineral Evolution Database (MED; [rruff.info/evolution/](http://rruff.info/evolution/)) is designed to host the temporal distribution of each occurrence of the 5,477 unique mineral species approved by the International Mineralogical Association (IMA). Age data has been collected from over 1,600 references as well as pre-existing databases.

Mindat.org is spearheading the effort to record the spatial distribution of mineral species on Earth's surface based on primary literature and labels from mineral specimens. Their repository now contains nearly 300,000 localities, of which more than half contain minerals resulting in a total of nearly 811,000 mineral occurrence data (mineral-locality pairs).

Spatial and temporal data regarding specific mineral occurrences rarely occur together in the same repository, so it is necessary to establish correlations between the literature and repositories. Ideally, each mineral would be directly dated at each of its occurrences, however, few mineral species can currently be directly dated. Therefore, assigning an age to each mineral necessitates the use of other geologic contextual information and also primary author interpretations. This data is curated and classified to allow an algorithm to assign each mineral an age based on the data's relevance to localities, minerals, or elements. The spatiotemporal mineral distribution can then be correlated with major geologic events in Earth's history such as the GOE and supercontinent formation and breakup.

The MED's age algorithm currently considers 15,906 unique age records which directly reference 6,253 localities, and assigns an age to 23,969 of the 155,112 localities that have minerals listed directly at them on mindat.org, resulting in a total of 194,090 total dated mineral-locality occurrences. At least one age has been calculated for 4,756 of the 5,477 IMA-approved mineral species. The unprocessed age data used to populate the MED can be accessed in the Open Data Repository (<https://odr.io/MEDAges>).

Session No. 234

D14. Recent Advances in Mineralogy/Crystallography  
Wednesday, 25 September 2019: 8:00 AM-12:00 PM

Применение искусственного интеллекта позволяющее оптимизировать процесс поиска информации об участках нахождения минералов.

Университет Нотр-Дам, Аризонского университета и Научного института Карнеги.

Руководителем группы исследователей выступил Роберт Хейзен (Robert M. Hazen)

\*Научный сотрудник геофизической лаборатории Института Карнеги, профессор геофизики университета Джорджа Мейсона, исполнительный директор Обсерватории глубинного углерода. С 2019 г иностранный член РАН.

rruff.info/evolution;

RRUFF

Search Sample Data Search References About RRUFF Contact

Us

**300 000 участков их обнаружения**

**5477 минералов**

**Important Update News**

**1600 источников**

The RRUFF Project is being updated to improve its interface and content. The beta version of the update is accessible to the public at [RRUFF.net](http://RRUFF.net). New data is only being added to the beta site. Please note that it is in development, and some components are not functional. Existing RRUFF.info links will resolve to the new site after RRUFF.net is officially released.

We are grateful to NASA for the funding of this effort.

Welcome to the RRUFF Project website containing an integrated database of Raman spectra, X-ray diffraction and chemistry data for minerals.

Search RRUFF Sample Data

Search Results

Sort By:

IDEAL CHEMISTRY	SOURCE	LOCALITY	OPTIONS	Records Found
No Records Found				Records Found

Search Again:

<input type="checkbox"/>	NAMES	RRUFF ID	IDEAL CHEMISTRY	SOURCE	LOCALITY	OPTIONS
<input type="checkbox"/>	Pyrite	R050070	FeS <sub>2</sub>	Rock Currier	Mina San Jose de Huanzala, Minero de Huallanca District, Department de Huanuco, Peru	
<input type="checkbox"/>	Pyrite	R050190	FeS <sub>2</sub>	Dave Bunk Minerals	Huanzala mine, Huallanca District, Dos de Mayo Province, Huanuco Department, Peru	
<input type="checkbox"/>	Pyrite	R070692	FeS <sub>2</sub>	James Shigley	Pohla, Schwarzenberg, Erzgebirge, Saxony, Germany	
<input type="checkbox"/>	Pyrite	R080030	FeS <sub>2</sub>	William W. Pinch	Schaft 209, Aue, Niederschlema, Erzgebirge, Saxony, Germany	
<input type="checkbox"/>	Pyrite	R100166	FeS <sub>2</sub>	Harvard microprobe standard, Mineralogical Museum, Harvard University 87957	Boston Consolidated mine, Bingham Canyon, 20 mi SSW of Salt Lake City, Salt Lake County, Utah, USA	

# «СПЕКУЛЯНТЫ»

## EARTH AI

- 2019 г.: Привлечено \$2,5 млн от инвесторов, включая Gagarin Capital и Y Combinator.
- 2021 г.: Привлечено \$5,5 млн, среди инвесторов фонды Gagarin Capital, 50 Years, DCVC, Metaplanet, Cantos Ventures, Promus Ventures, Duro Ventures, инвестор Кайл Фогт и экс-коммерческий директор BHP Арнуд Балхуэйзен.

Earth AI создала алгоритм, способный идентифицировать перспективные зоны размером 2 км<sup>2</sup> на основе глобальных геологических данных за последние 50 лет. Затем команда геологов формирует гипотезы о местах бурения внутри этих зон.

# РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВАШЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО БУДУЩЕГО

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДЧИК МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
МЕТАЛЛОВ « ЧИСТОЙ ЭНЕРГЕТИКИ »

Идея проекта родилась из аспирантских исследований Теслюка в Сиднейском университете. Погрузившись в особенности австралийской горной отрасли, он обнаружил уникальную возможность: с 1970-х годов разведывательные компании обязаны передавать собранные данные в общенациональный архив, но эти сведения десятилетиями оставались невостребованными. «Никто их не использовал! — говорит Теслюк. — Алгоритм, обученный на исторических отчётах, успехах и ошибках миллионов геологов, может давать более точные прогнозы, чем традиционные методы».



**Australian Government**  
**Geoscience Australia**

Она является ведущей организацией в области геофизики и геофизических исследований в Австралии, предоставляя научные данные, исследования и услуги для правительства и общественности, связанные с геологическим строением страны, природными ресурсами и геологическими опасностями. [@](#)

Технология платформы поиска полезных ископаемых (MTP) Earth AI использует высокоточную предиктивную технологию искусственного интеллекта, которая прошла тщательное обучение с использованием данных дистанционного зондирования, геофизических данных и данных геологоразведки. Она разработана для работы в неисследованных, бедных данными и неиспользованных условиях, что является ключевым отличием от других технологий разведки, которые фокусируются на выявлении ресурсов вблизи существующих шахт. В дополнение к технологии искусственного интеллекта, запатентованное буровое оборудование Earth AI оптимизирует перемещение по участку и логистику и уменьшает размер разведочных скважин, значительно снижая воздействие на окружающую среду, затраты и время, необходимые для проверки месторождений полезных ископаемых. Технология Earth AI не только играет решающую роль в энергетическом переходе, но и может укрепить национальную безопасность, позволяя открывать и разрабатывать критически важные минеральные ресурсы, обеспечивая более безопасную и устойчивую глобальную цепочку поставок.

Компания разрабатывает собственные решения для быстрого и недорогого тестирования предсказаний алгоритма. Автономная буровая установка позволяет проводить разведочные работы быстрее и дешевле традиционных методов.

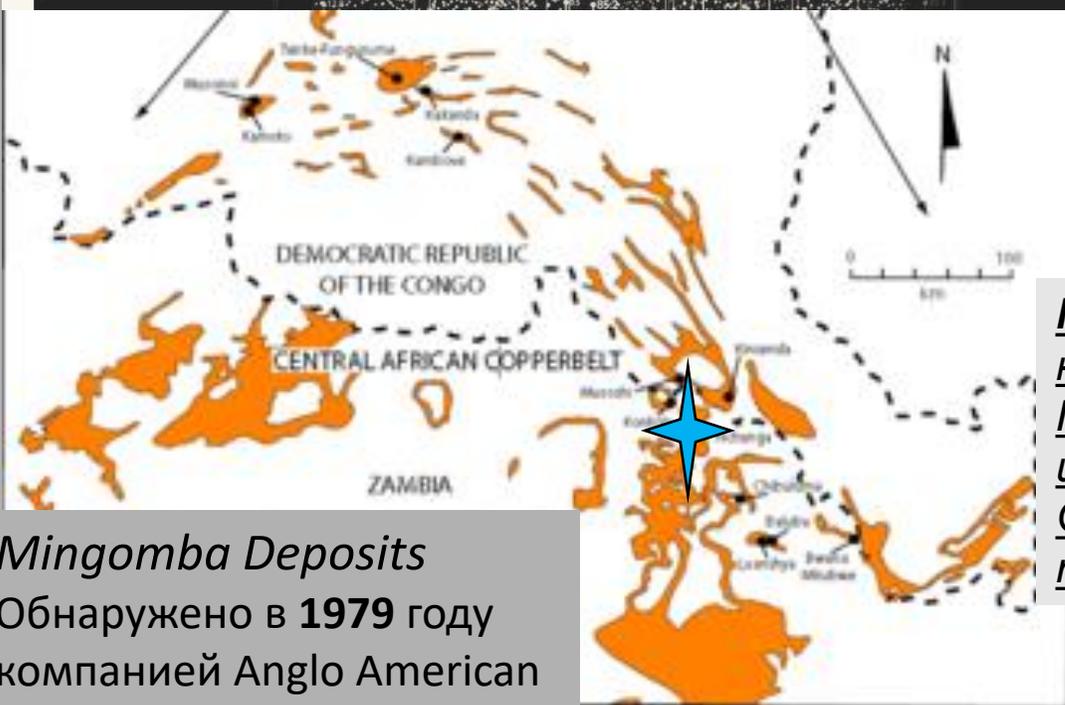
# «СПЕКУЛЯНТЫ»

## KoBold Metals

*\*При поддержке Билла Гейтса и Джеффа Безоса*

1 января 2025 г. в 21:20:24

Компания KoBold Metals, использующая ИИ для геологоразведки, **привлекла 527 миллионов долларов**



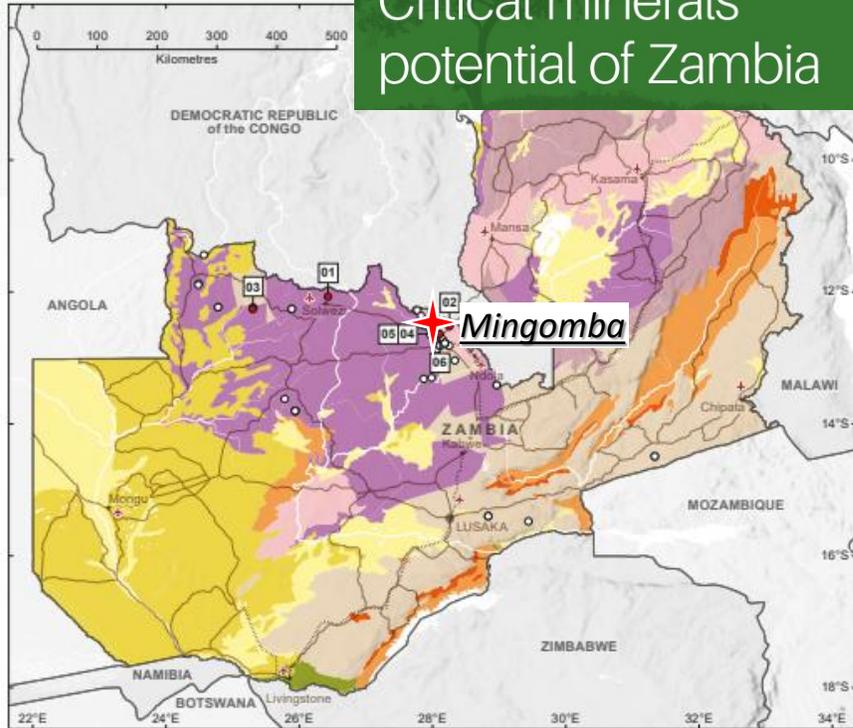
*Mingomba Deposits*  
Обнаружено в **1979** году  
компанией Anglo American

Компания KoBold стремится использовать искусственный интеллект для поиска ключевых металлов, необходимых для электрификации. KoBold использует ИИ, чтобы определять, где приобретать землю, какие данные собирать и где бурить скважины. Компания собрала общедоступные данные из отчётов компаний и государственных источников, а также историческую информацию от компаний, с которыми она сотрудничает. Алгоритмы KoBold затем анализируют эти данные в поисках закономерностей. KoBold стремится изменить подход отрасли, которая долгое время активно использовала отбор проб почвы и донных отложений, а также бурение скважин для определения наличия ценных минералов в районах их залегания. Хотя компания по-прежнему использует эти данные, она считает, что использование машинного обучения и других методов научных вычислений может значительно повысить успешность бурения перспективных месторождений этих ключевых металлов.

Компания применяет генеративные технологии ИИ и традиционные алгоритмы машинного обучения для анализа исторических геофизических данных, что позволяет выявлять месторождения, которые могли бы остаться незамеченными. В условиях истощения легко доступных ресурсов поиск новых месторождений становится все более сложной и затратной задачей. Неудачи в таких проектах могут обернуться значительными финансовыми потерями.

**Меденосный пояс — регион в Центральной Африке, расположенный на севере Замбии и южной части Демократической Республики Конго. Протяжённость вдоль водораздела рек Конго и Замбези — 450 км, ширина 45-75 км. Известен с 1895 года как район добычи Cu и Co. Общие запасы более чем 100 месторождений превышают 110 млн тонн меди в рудах, содержащих 1-10 % Cu и до 0,3 % Co.**

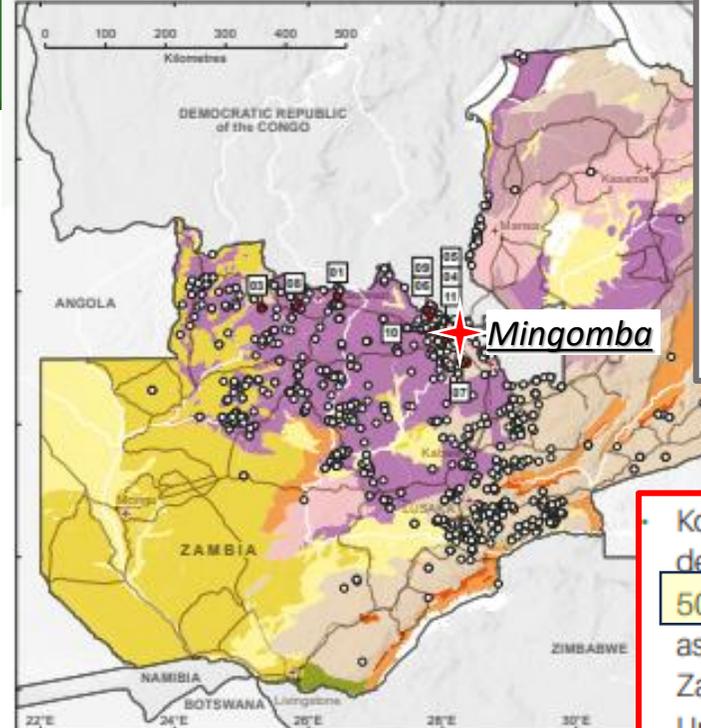
# Critical minerals potential of Zambia



- Cobalt deposits
  - Cobalt occurrences
  - Road
  - Rail
  - ✈ Airport
- 01 Kansanshi Mine
  - 02 Mopani Copper Mines
  - 03 Sentinel Copper Mine
  - 04 NFC Africa Copper Mine
  - 05 Sino Metals Leach Mine
  - 06 Chambishi Copper Smelter



Cobalt-bearing chalcopyrite and chalcocite ore, Chibuluma, Copperbelt Province



- Copper deposits
  - Copper occurrences
  - Road
  - Rail
  - ✈ Airport
- 01 Kansanshi Mine
  - 02 Mopani Copper Mines, Gate 1
  - 03 Sentinel Copper Mine
  - 04 NFC Africa Copper Mine
  - 05 Sino Metals Leach Mine
  - 06 Konkola Copper Mines
  - 07 CNMC Luanshya
  - 08 Luanshya Mine Area
  - 09 Lubambe Copper Mine Limited
  - 10 Mimba Mineral Limited
  - 11 NFCA SouthEast Orebody



Malachite-bearing Lower Banded Shale, Changola, Copperbelt Province

Zambian copper deposits are predominantly hosted by marginal marine and terrestrial metasedimentary rocks (Selley et al., 2005). The Copperbelt's ore deposits are stratiform, with argillite-hosted (70 per cent) more common in the DRC and arenite-hosted (30 per cent) more common in Zambia (Selley et al., 2005; Cailteux et al., 2005). The dominant mineralisation consists of disseminated and vein-hosted copper-cobalt sulfides, including chalcopyrite, bornite, chalcocite and digenite (Cailteux et al., 2005). In 2023, FQM-Trident's Sentinel mine was the top producer of copper in Zambia (Table 3).

Kobold Metals, in partnership with ZCCM-IH, are developing the Mingomba project, with over 50000 m of core drilled so far. With ore grades as high as 8 per cent, Mingomba could become Zambia's largest copper mine (Presidential Delivery Unit, 2024b). Shaft sinking is expected to begin in early 2026 (Zambia Monitor, 2024)

## Mingomba deposits

247 млн т руды  
Cu 3,64 % (8 млн т)  
Co 0,05% (120 тыс т)

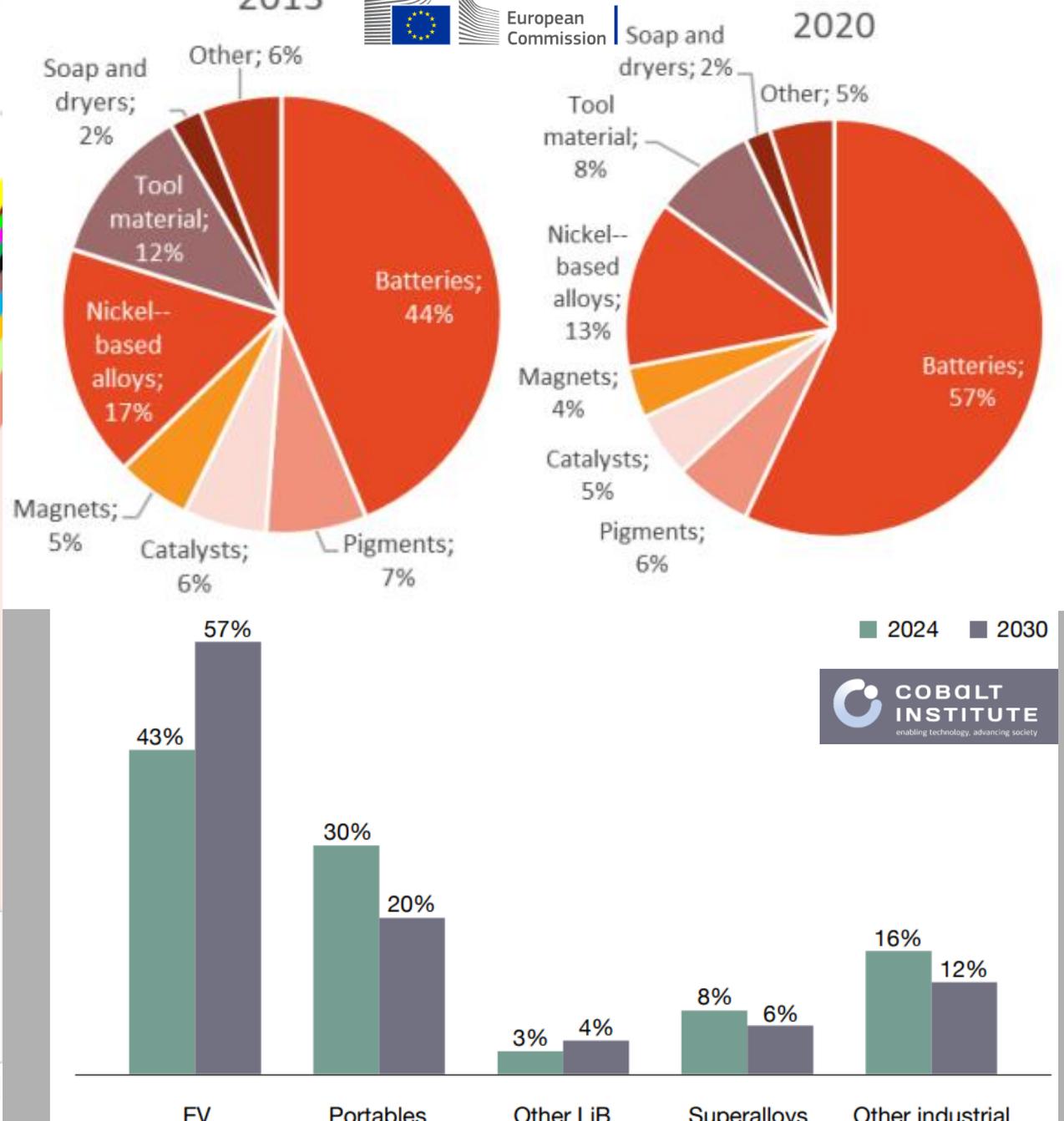
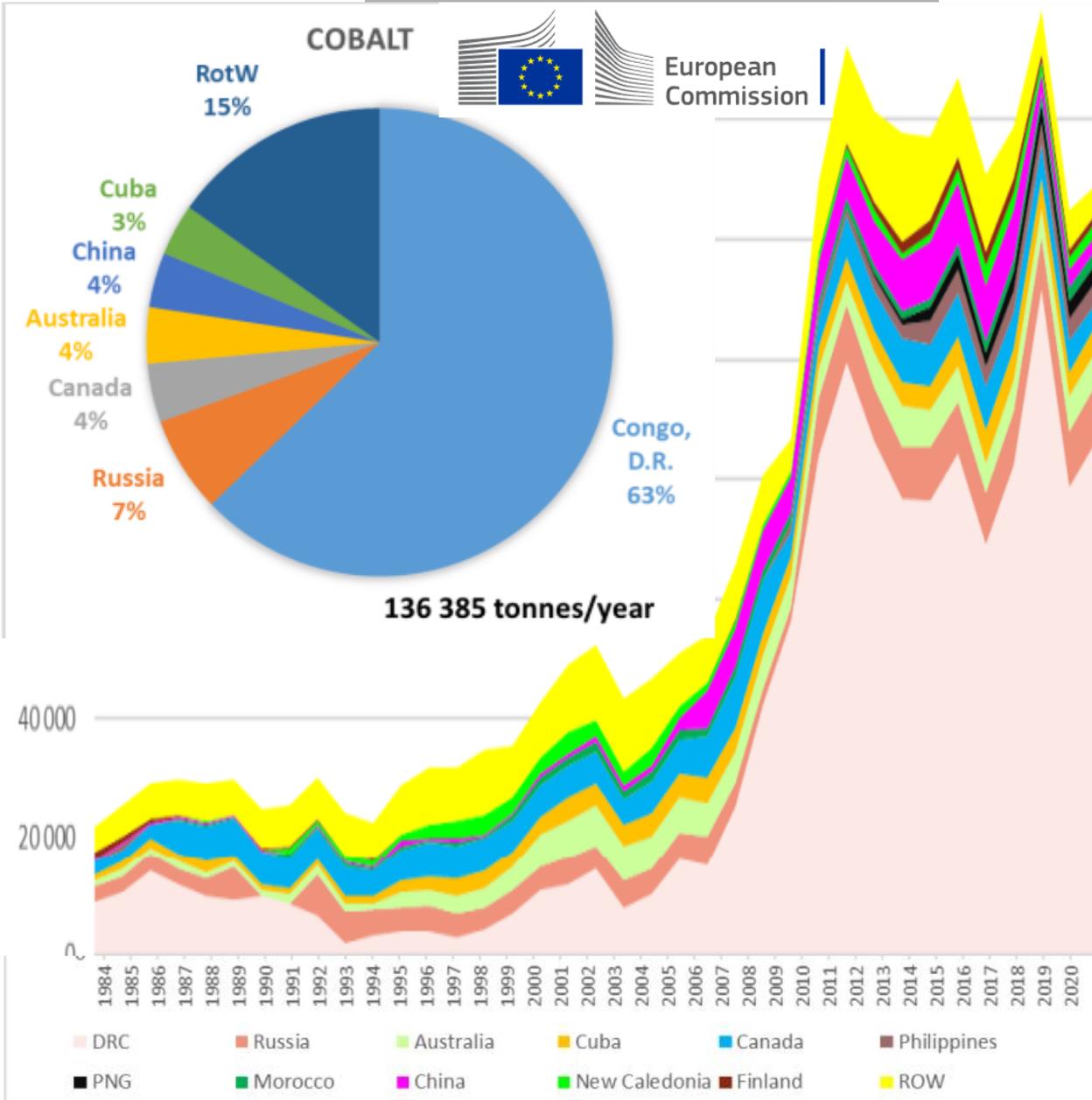


Figure 18. Global mine production of cobalt in tonnes (WMD 2022). DRC = Democratic Republic of Congo, PNG = Papua New Guinea, ROW = rest of the world.

# KoBold Metals

*\*При поддержке Билла Гейтса и Джеффа Безоса*



Гейтс рассказал о своих инвестициях в один из автомобилей-конкурентов Tesla в интервью с популярным видеоблогером Марки Браунли. Браунли, упомянув Tesla, спросил миллиардера об усилиях по решению проблемы изменения климата с помощью экологически чистых энергетических продуктов, таких как электромобили.

64-летний Гейтс ответил, что электромобили по-прежнему будут отставать от бензиновых автомобилей, но появившиеся легковые автомобили являются «одним из наиболее обнадеживающих» факторов в снижении стоимости экологически чистых альтернатив.



# «ШАРЛАТАНЫ»

## Поиск золота на Колыме с помощью нейросети

В Магаданской области требовалось выделить перспективные участки, где может быть золото. Фактически это были опытно-методические работы для отработки технологии и формирования банка обученных моделей. Для их обучения использовалась база геофизических и геологических данных по Аян-Юряхской и Иньяли-Дебинской зонам Центрально-Колымского золоторудного региона.

### Как собрали данные и обучили модель

В качестве **эталонов** — то есть учебного примера с известным результатом, по которому проще верифицировать результаты — выбрали участки с **гранитоидными интрузивными массивами Колымского пояса**. По данным геологов, они контролируют локализацию золотого оруденения в регионе. Всего было три класса эталонов: интрузии, крупные разломы и рудовмещающие литологические комплексы (Атканская свита).

За **геологическую основу** взяли **модель Омчакского рудного узла** — это концептуальная схема, описывающая, как устроен узел: какие геологические структуры, породы и признаки указывают на присутствие золота. Априорная геолого-геофизическая модель помогает понять, какие именно признаки надо «показать» нейросети, чтобы она научилась распознавать перспективные зоны. ИИ «смотрит», как выглядят такие зоны по геофизике, геохимии и геологии, чтобы затем находить похожие участки в других регионах.

Всего обработали 15 листов масштаба 1:200 000 — это более 2,3 млн точек, описанных по 35 параметрам. Для каждого типа признака (разломы, литология, интрузии и др.) применили отдельную нейросеть архитектуры U-Net. Чтобы увеличить обучающую выборку, использовали аугментацию — искусственное расширение данных с помощью поворотов, отражений и наложения шумов. Это позволило в 10 раз увеличить объем данных для обучения.

[https://www.tsnigri.ru/images/conf/TSNIGRI\\_THESES\\_2024.pdf](https://www.tsnigri.ru/images/conf/TSNIGRI_THESES_2024.pdf)

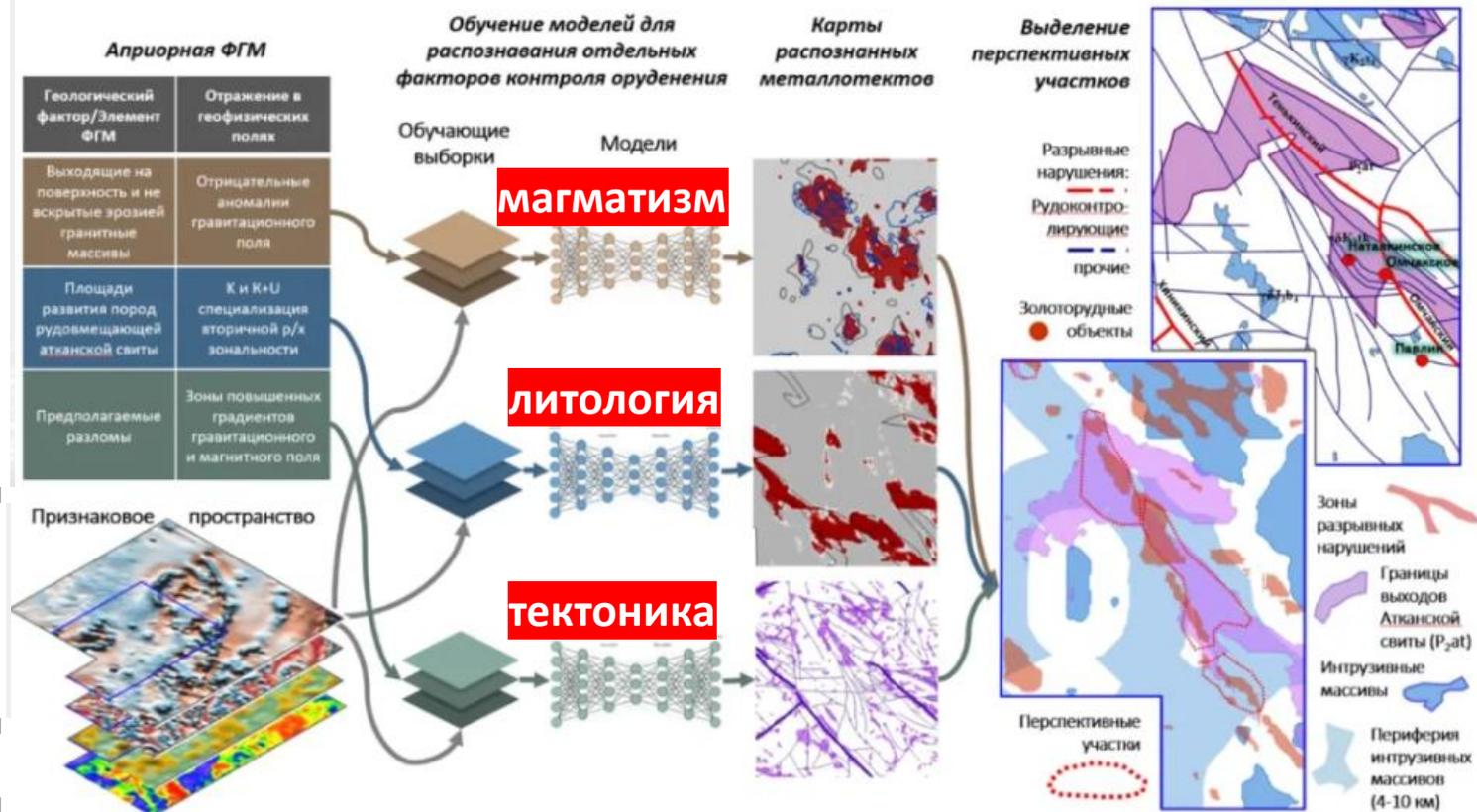
## Карта перспективных зон: где искать, а не бурить наугад

<https://mingeoforum/>

На выходе нейросеть сформировала сводные карты, показывающие, где на изученной территории сходятся признаки, характерные для зон возможного золотоносного оруденения. Эти участки не взяты «с потолка»: они выделены на основе анализа миллионов точек с реальных геофизических и геохимических съёмок, где модель распознала сходство с заданным геологическим образом — не только в отдельных параметрах, но в их сочетании.

Один из результатов — нейросеть «узнала» зону, совпадающую с Омчакским рудным узлом. Это подтвердило, что модель обучена корректно и действительно «видит» важные признаки. Но на этом работа не остановилась: были предложены и новые участки, ранее не отмеченные как перспективные, но визуально и структурно близкие к эталону. Геолог с опытом может оценить эти зоны уже не как случайную «аномалию», а как реальную гипотезу для проверки.

<https://t.me/c/2333628911/49>



*И.С. Голубенко, С.В. Ворошин*

## ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОТОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ДЕГДЕКАН-АРГА-ЮРЯХСКОМ РУДНО-РОССЫПНОМ УЗЛЕ

Состав ГИС по геологии и полезным ископаемым Дегдекан-Арга-Юряхского рудно-россыпного узла. Информативность тематических слоев

Название тематического слоя	Количество объектов, шт.	Поля атрибутивных таблиц
Стратиграфические образования	3846	Система, отдел, свита, состав, мощность, площадь, периметр
Интрузивные образования	309	Система, отдел, комплекс, фаза внедрения, состав, площадь, периметр
Маркирующие пласты (выраженные в масштабе карты)	260	Площадь, периметр, состав
Четвертичные отложения	1194	Система, отдел, горизонт, состав, мощность, высота террасы, уровень террасы, площадь, периметр
Россыпи (выраженные в масштабе карты)	243	Площадь, периметр, название, количество добытого золота
Разрывные нарушения	1898	Длина
Дайки	1624	Система, отдел, комплекс, фаза внедрения, состав, длина
Жилы, зоны прожилкования	1400	Система, отдел, комплекс, фаза внедрения, состав, длина
Маркирующие пласты (не выраженные в масштабе карты)	762	Состав
Россыпи (не выраженные в масштабе карты)	242	Название, количество добытого золота
Месторождения, рудопроявления и пункты минерализации	108	Название
Развалы гидротермальных образований	609	Система, отдел, комплекс, фаза внедрения, состав
Речная сеть	3586	Название водотока, длина
Рельеф (масштаб 1:200 000)	3911	Высота

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ: ОПЫТ СОЗДАНИЯ И АНАЛИЗА

*С.В. Ворошин, А.С. Зинкевич, Е.Э. Тюкова*

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан*

Приведена характеристика региональных геоинформационных систем (ГИС) по геологии и полезным ископаемым, созданных в лаборатории ГИС-технологий СВКНИИ ДВО РАН: ГИС Верхне-Колымского региона; ГИС Анмандыканского и Кубакинского рудных узлов; ГИС Колымо-Омолонского и Охотско-Колымского регионов; ГИС по россыпным месторождениям золота Центрально-Колымского региона; ГИС муниципального округа Магадана; ГИС Северо-Востока России. При компиляции и векторизации картографических материалов использована разномасштабная опубликованная первичная информация (от 1: 50 000 до 1: 1500 000). В практическом применении перечисленных ГИС четко обозначились три главных направления: 1) подготовка картографических продуктов; 2) информационно-справочные системы; 3) анализ и моделирование. Последнее направление наиболее важно для решения прогнозно-поисковых задач, при его реализации необходимо уделять серьезное внимание как качеству геологической информации, объединенной в региональные ГИС, так и генетическим моделям образования конкретных типов минерализации, на которых базируются алгоритмы анализа. Дальнейшее развитие региональных ГИС планируется за счет их объединения с другими информационными ресурсами и создания электронных атласов с доступом через Интернет.

Наименование подразделения	Площадь, км <sup>2</sup>	Количество полигонов	Количество золоторудных объектов	Плотность объектов на 1 км <sup>2</sup>
Родионовская	62,13	133	0	0
Арга-Юряхская	161,63	414	6	0,037
Пионерская	277,34	487	14	0,05
Арга-Юряхская+Пионерская	438,97	901	20	0,045
Атканская	457,17	844	44	0,096
Омчакская	585,64	1065	42	0,071
Старательская	481,12	466	0	0
<b>Всего</b>	<b>2423,32</b>	<b>4155</b>	<b>108</b>	<b>0,044</b>

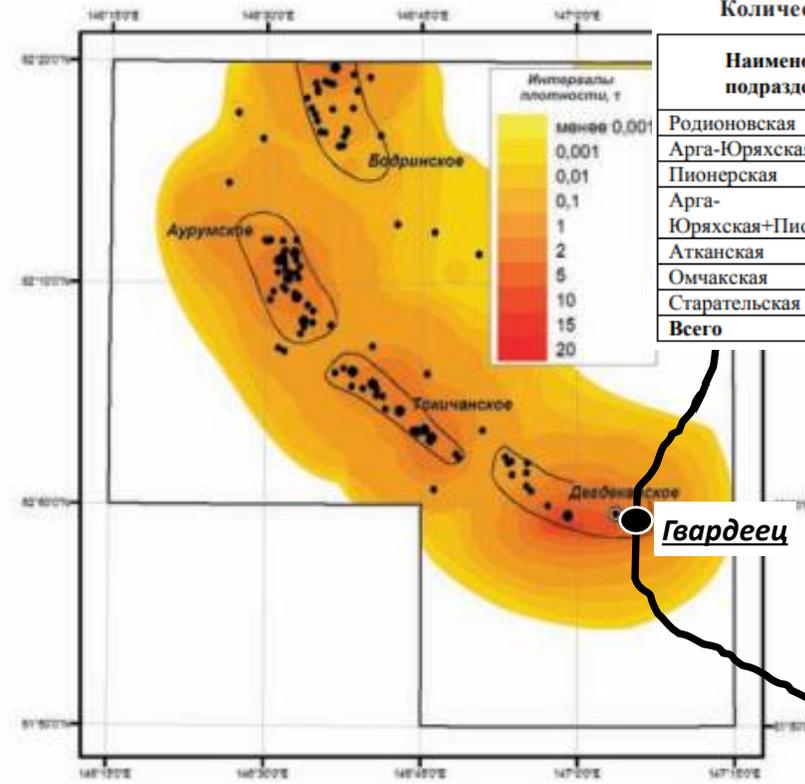
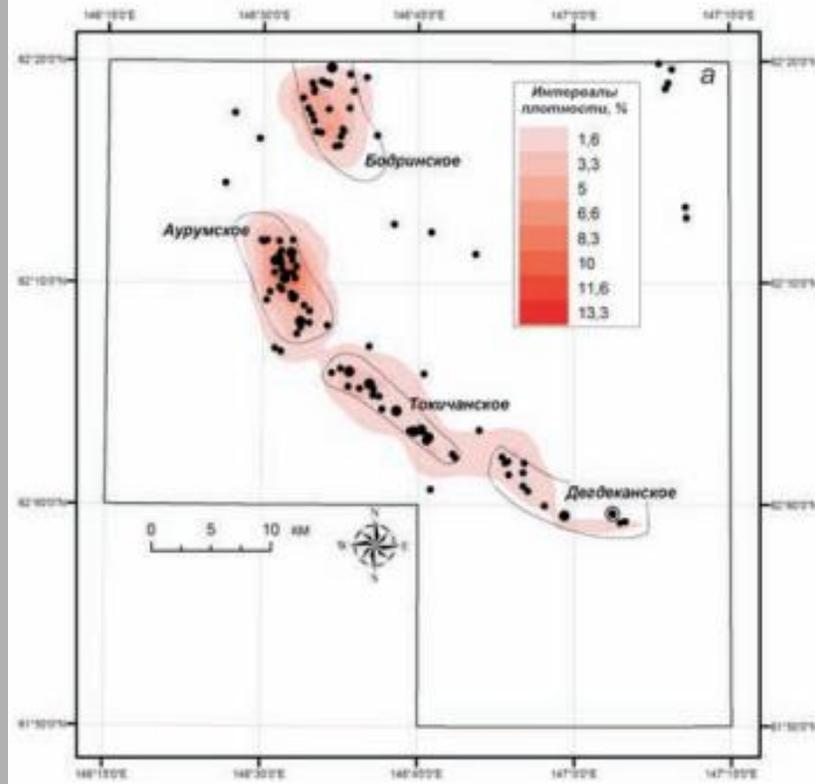


Рис. 2. Экстенсивность (а) и интенсивность (б) золотого оруденения Дегдекан-Арга-Юряхского рудно-россыпного узла (подписаны рудные поля; пояснения в тексте)

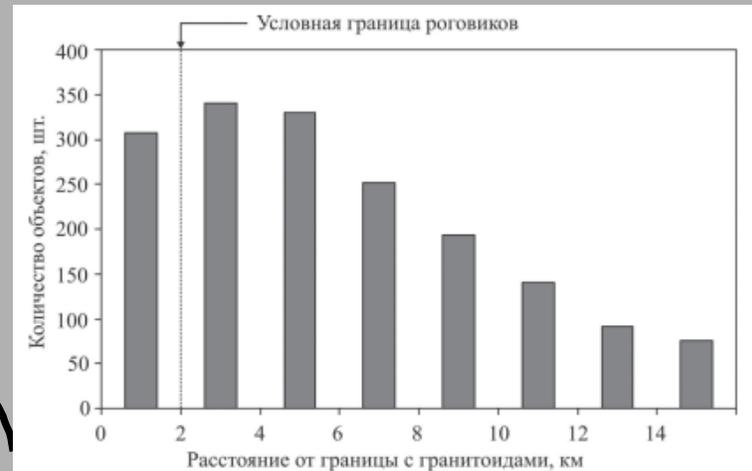


Рис. 6. Распространенность золоторудных объектов в зависимости от расстояния до гранитоидов и роговиков в Верхне-Колымском регионе.

Манипуляции с точечными слоями дают возможность оценить экстенсивность и интенсивность золотого оруденения узла. Экстенсивность характеризуется максимальными значениями в пределах Аурумского рудного поля, где действительно сосредоточено наибольшее количество рассеянной коренной минерализации. В тоже время интенсивность оруденения, с учетом добытого металла и прогнозных запасов, территориально совпадает с Дегдеканским рудным полем, в котором локализуется самое значительное коренное месторождение золота в узле – Дегдеканское и наиболее крупные россыпи с суммарной добычей около 30 т золота (см. табл. 1).

Зависимость экстенсивности и интенсивности оруденения на территории Дегдекан-Арга-Юряхского узла от геологических признаков сведены в табл. 5. При анализе приведенных геологических характеристик выявляется, что взаимосвязь между численными значениями экстенсивности и интенсивности оруденения аналогична для разрывных нарушений, маркирующих горизонтов, дробности территории, параметра удлиненности. Можно констатировать, что пространственное размещение золоторудных объектов и интенсивность золотоносности в узле тяготеет к зонам максимальной плотности разломов и дробности территории.

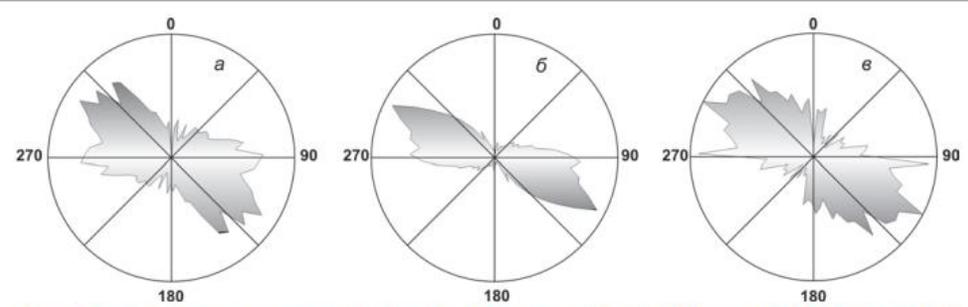
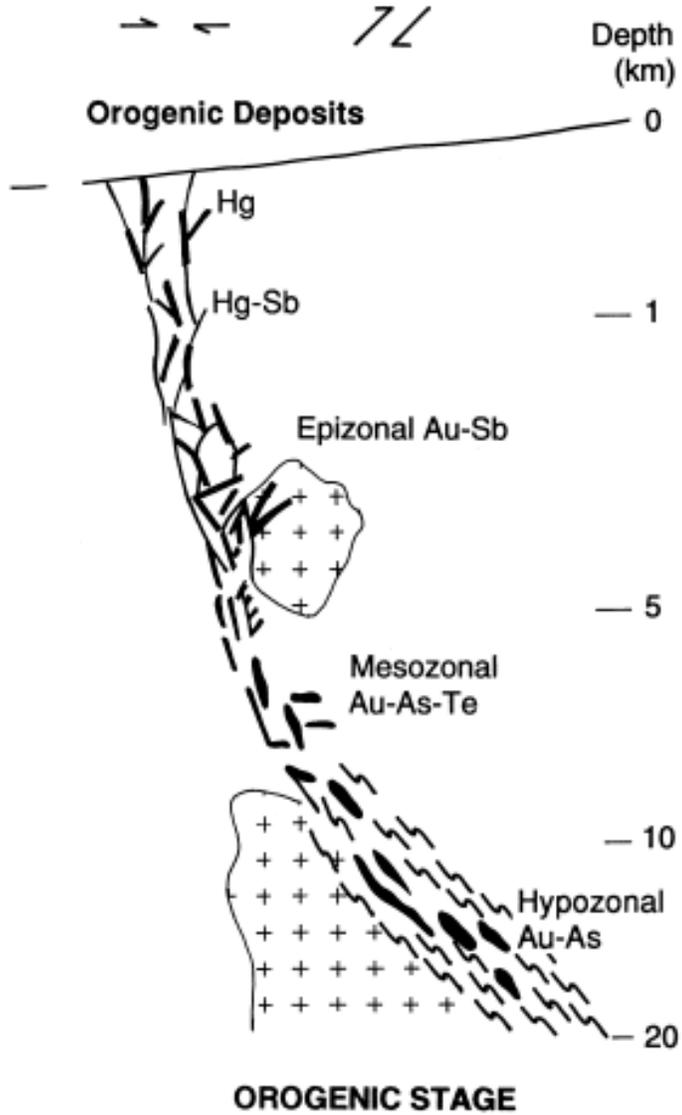


Рис. 4. Розы диаграммы направлений: разрывные нарушения (а), дайки (б), маркирующие горизонты (в)

Compressional/transpressional environments



Ore Geology Reviews 13 (1998) 7–27

ORE GEOLOGY  
REVIEWS

Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types

D.I. Groves <sup>a,\*</sup>, R.J. Goldfarb <sup>b</sup>, M. Gebre-Mariam <sup>a,c</sup>, S.G. Hagemann <sup>a</sup>, F. Robert <sup>d</sup>

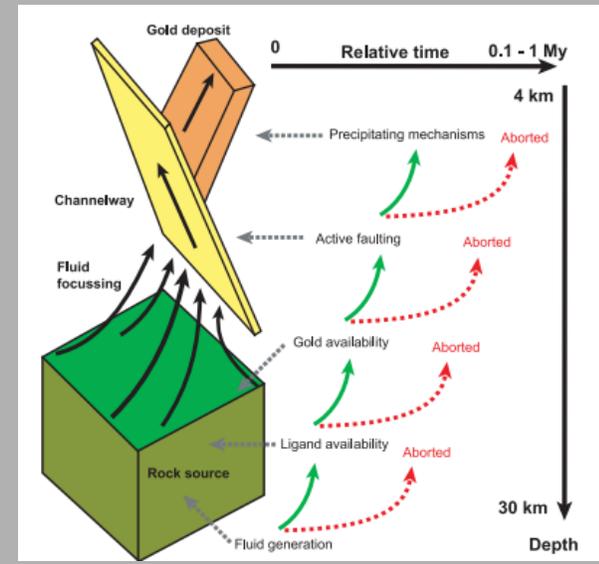
<sup>a</sup> Centre for Teaching and Research in Strategic Mineral Deposits, Department of Geology and Geophysics, University of Western Australia, Nedlands, WA 6907, Australia

<sup>b</sup> U.S. Geological Survey, Box 25046, Mail Stop 973, Denver Federal Center, Denver, CO 80225, USA

<sup>c</sup> Wiluna Gold Mines Limited, 10 Ord St., West Perth, WA 6005, Australia

<sup>d</sup> Geological Survey of Canada, 601 Booth St., Ottawa, Ont., Canada K1A 0E8

Received 20 March 1997



APPLIED EARTH SCIENCE (TRANS. INST. MIN. METALL. B)  
2019, VOL. 128, NO. 3, 124–133  
<https://doi.org/10.1080/25726838.2019.1583310>



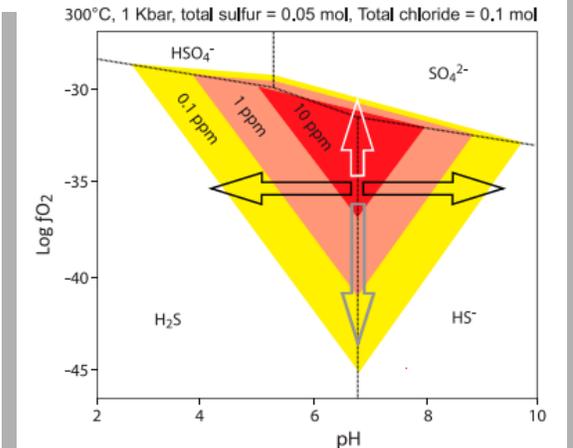
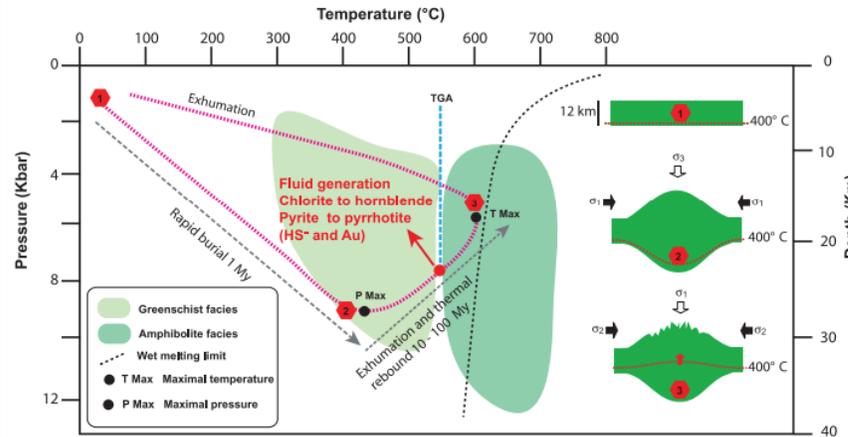
REVIEW

OPEN ACCESS Check for updates

Parameters for the formation of orogenic gold deposits

Damien Gaboury

Laboratoire de métallogénie expérimentale et quantitative (LAMEQ), Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, QC, Canada



**ВОЗРАСТ ОРОГЕННОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАТАЛКА  
(U-Pb, <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar, Re-Os ОГРАНИЧЕНИЯ)**

**В.В. Акинин<sup>1,2</sup>, А.В. Альшевский<sup>1</sup>, Г.О. Ползунов<sup>1</sup>, С.А. Сергеев<sup>3</sup>, В.А. Сидоров<sup>1</sup>**

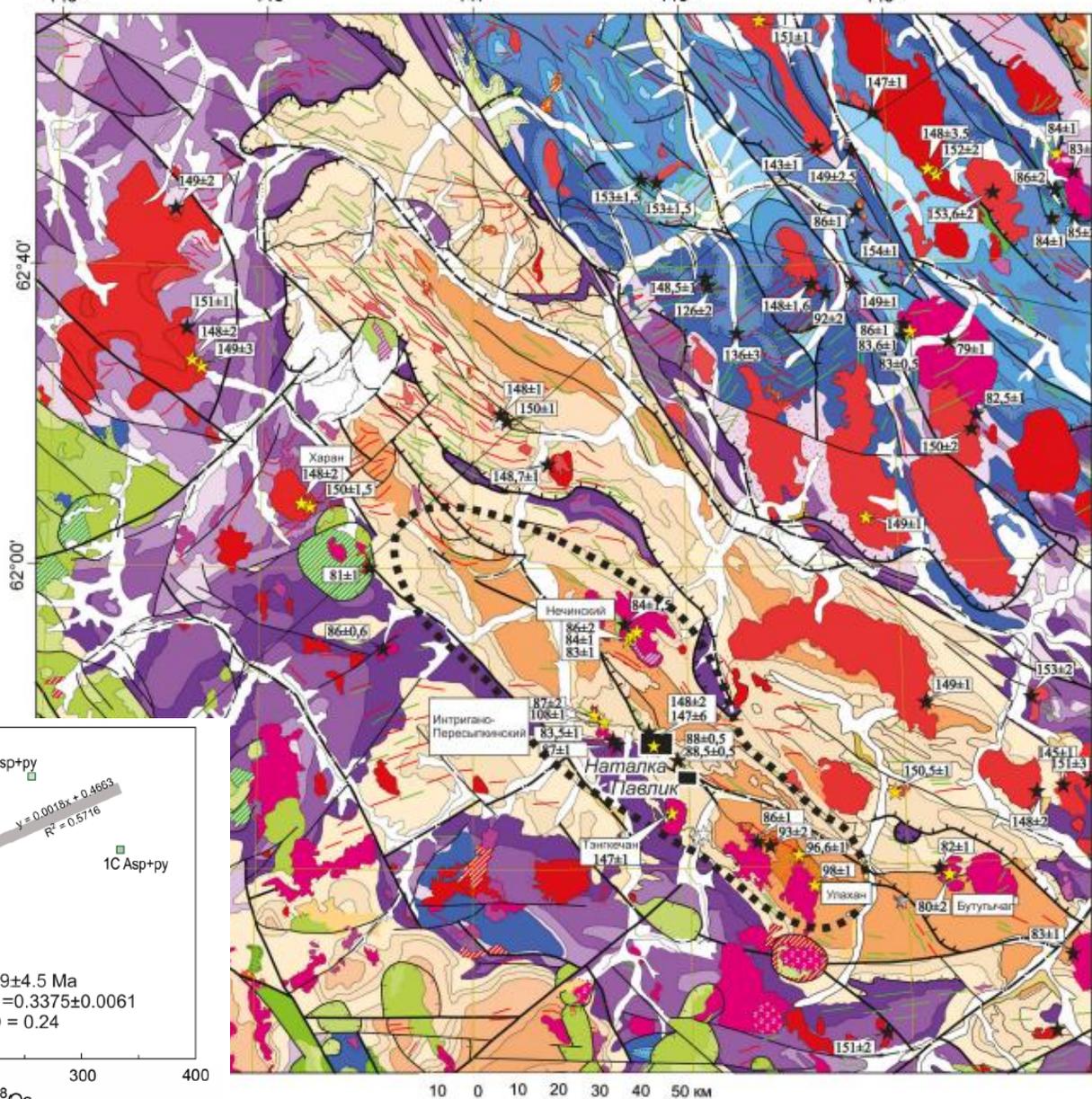
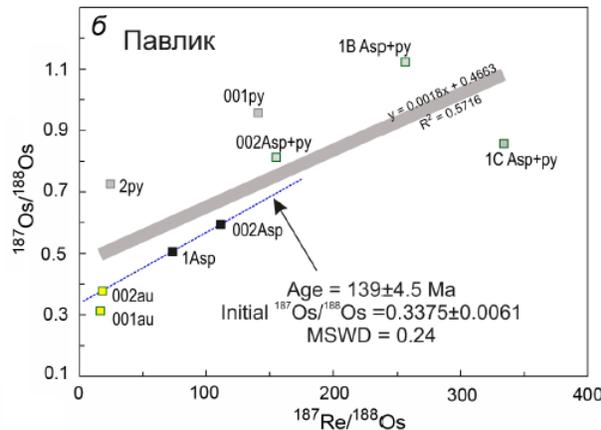
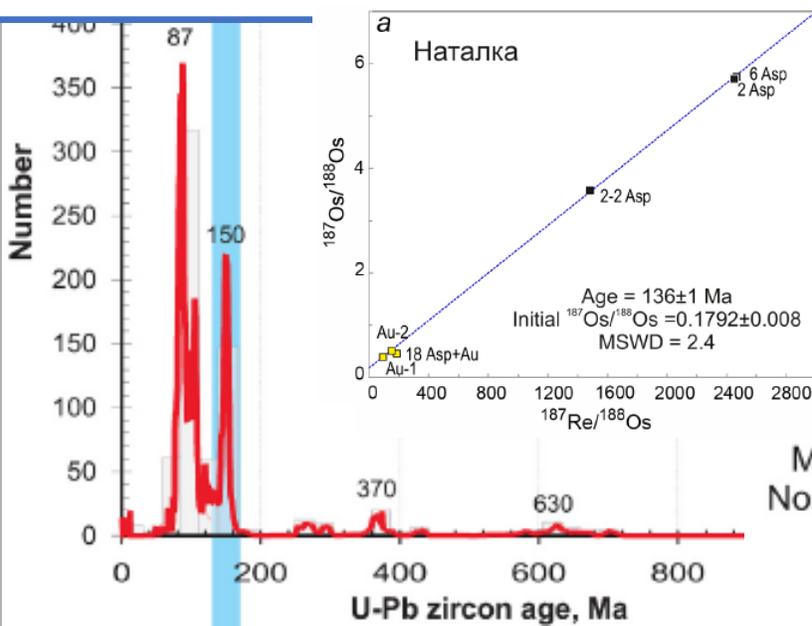
<sup>1</sup>ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН, ул. Портовая 16, г. Магадан, 685000; e-mail: akinin@neisri.ru

<sup>2</sup>ФГБУН Институт геологии алмазов и благородных металлов СО РАН, пр-т Ленина 39, г. Якутск, 677980

<sup>3</sup>ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Средний проспект 74, г. Санкт-Петербург, 199106

Поступила в редакцию 11 мая 2023 г.

Геологические наблюдения и результаты U-Pb датирования циркона из интрузий Яно-Колымской золотоносной провинции ограничивают возраст формирования орогенного золото-кварцевого оруденения интервалом от 150 ± 3 млн лет до 108 ± 1 млн лет. На крупнейшем ключевом месторождении Наталка возраст оруденения валанжинский (от 136 ± 1 до 132 ± 2 млн лет), что следует из наших новых определений изотопного возраста <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar методом по мусковиту и Re-Os методом по арсенопириту и золоту. Проявлений магматизма такого возраста в провинции не известно, поэтому мы заключаем, что формирование золото-кварцевой минерализации связано, вероятно, с метаморфизмом и метасоматозом, инициированным региональными сдвиговыми деформациями.



**Magmatic belts  
North-East Russia  
N=702**



**Рис. 1.** Обзорная геологическая карта листа P-55 [13] с вынесенным местоположением образцов, датированных U-Pb методом по циркону. Омчакский рудный узел (ОМРУ) и примыкающие к нему Дегдекан-Арга-Юряхский и Пнонерский узлы очерчены пунктирной линией.

Составление геолого-поисковой модели желаемого рудного объекта; Определение поисковых признаков и предпосылок

Анализ региональных ГГК, фондовых материалов, опубликованной литературы, данных дистанционных съемок.....

Сопоставление геолого-поисковой модели с результатами геологического изучения

Определение перспективных рудных районов

Проведение рекогносцировочных поисковых работ

Выделение перспективных площадей ранга рудный узел / рудное поле

Проведение детальных оценочных работ

от 2 до 5 лет

от 3 до 7 лет

Месторождение

**РЕЗУЛЬТАТ ЗАВИСИТ:**

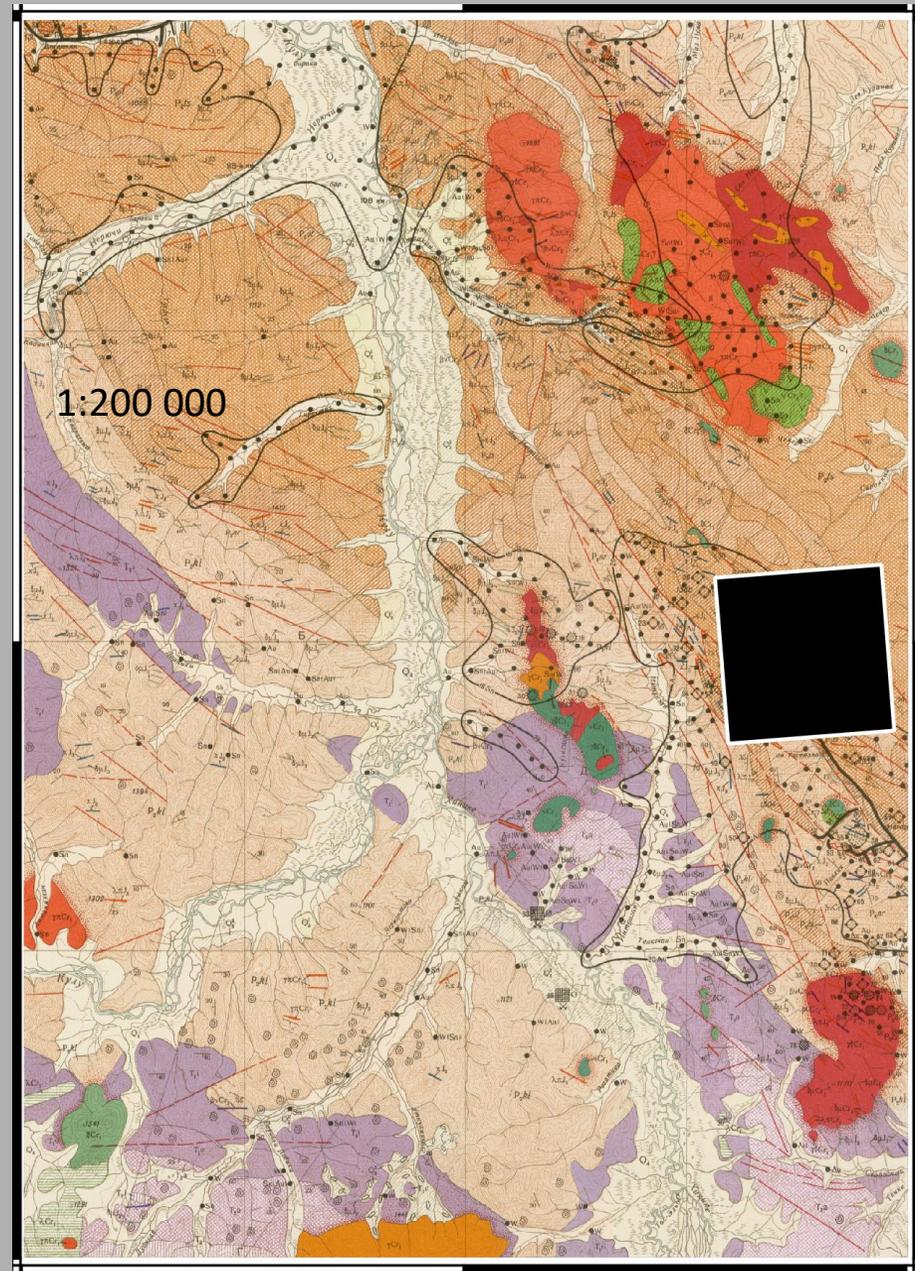
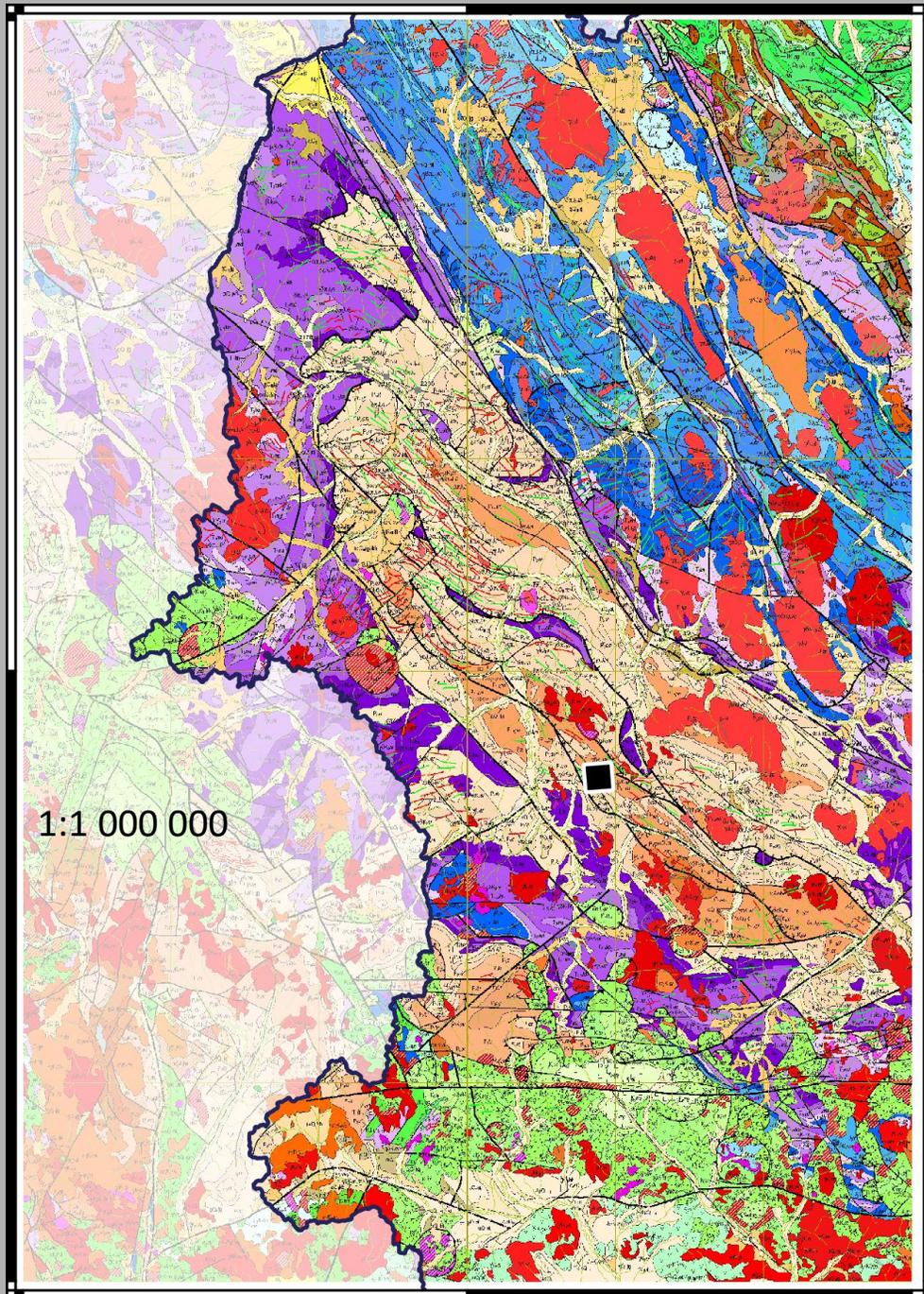
КОМПЛЕКСНОСТЬ И ПОЛНОТА ИЗУЧЕНИЯ ФАКТОРОВ

ОПТИМАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

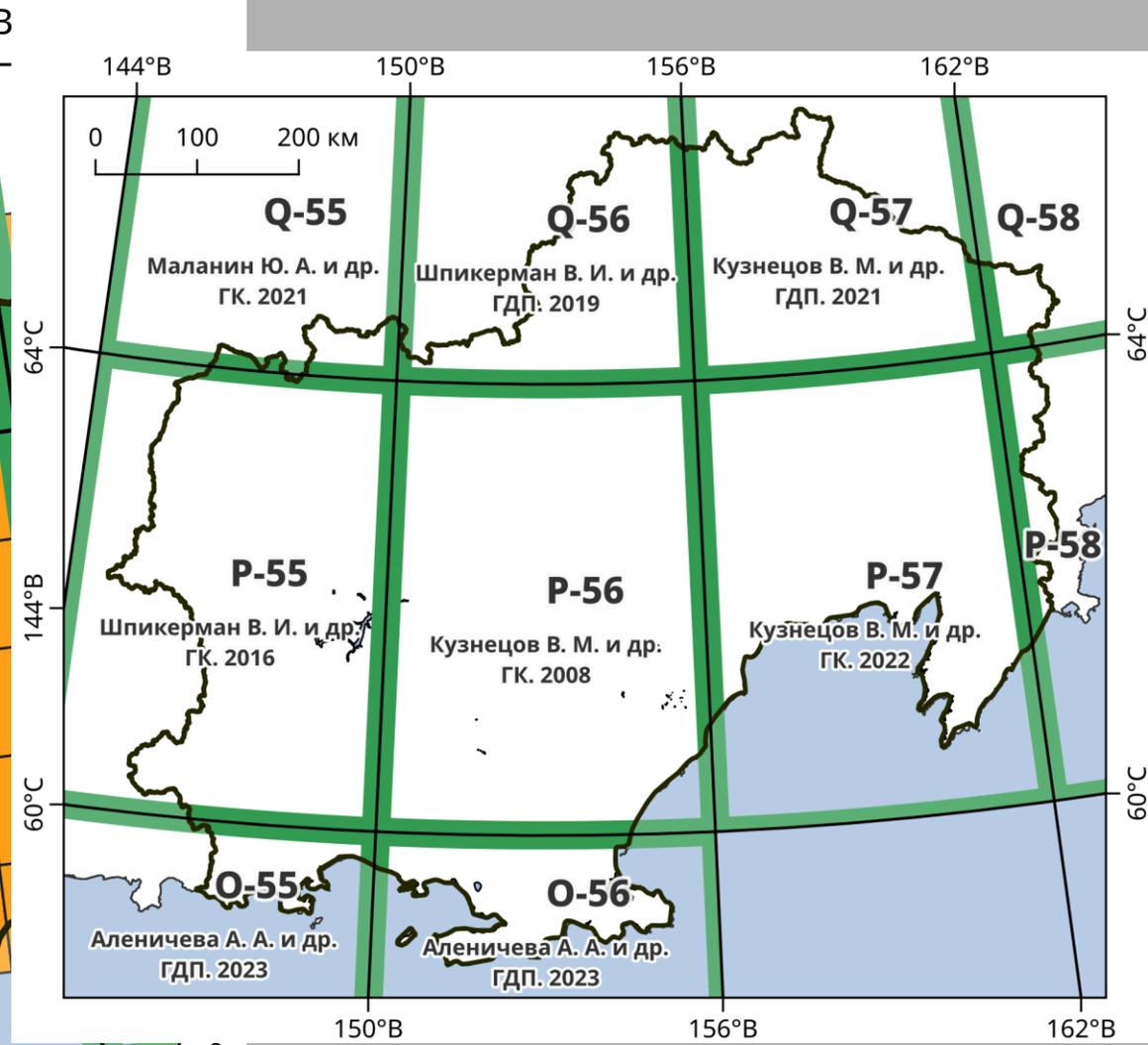
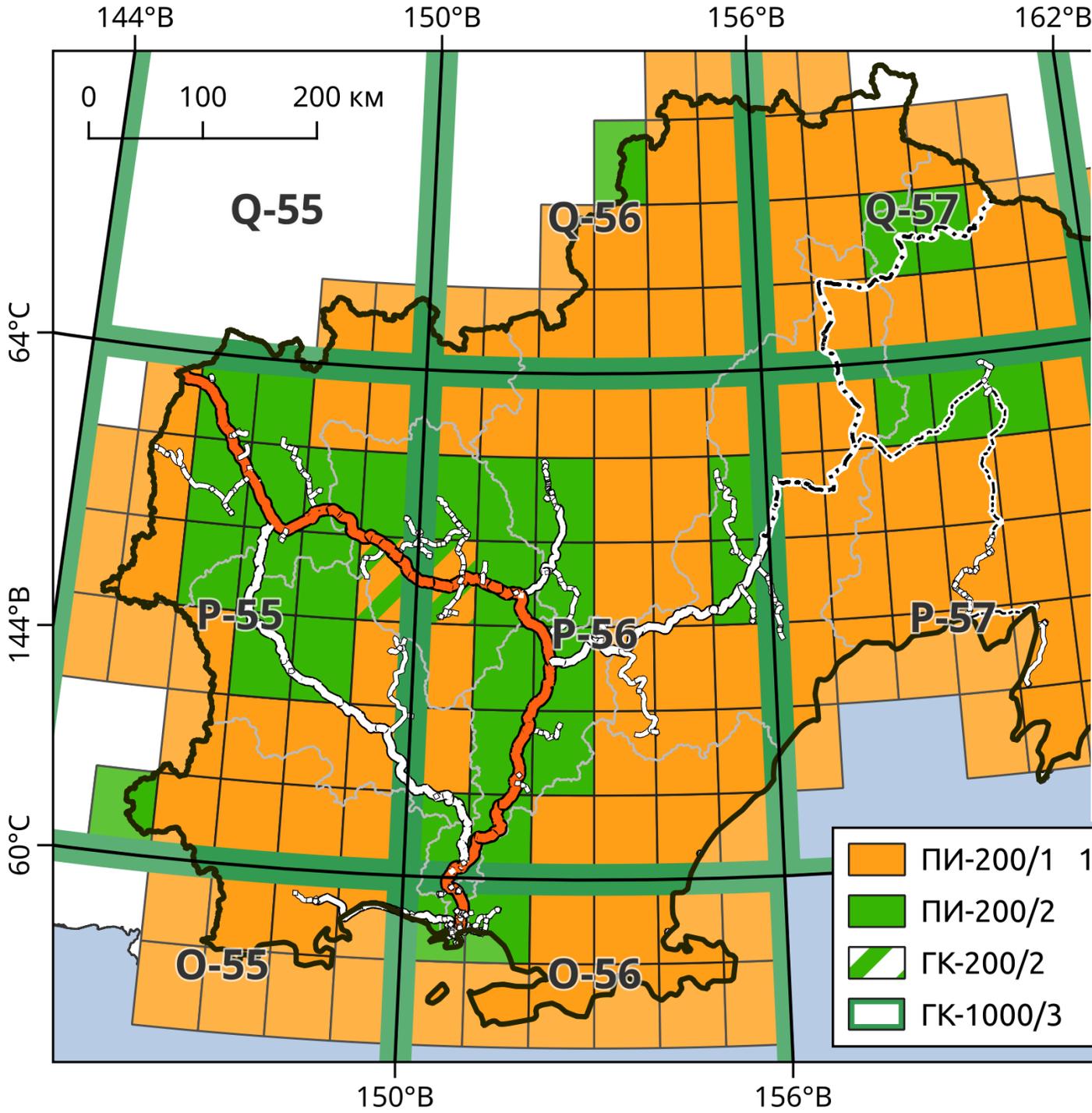
ДОСТОВЕРНОСТЬ ПОЛУЧАЕМЫХ ДАННЫХ

АДЕКВАТНОСТЬ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

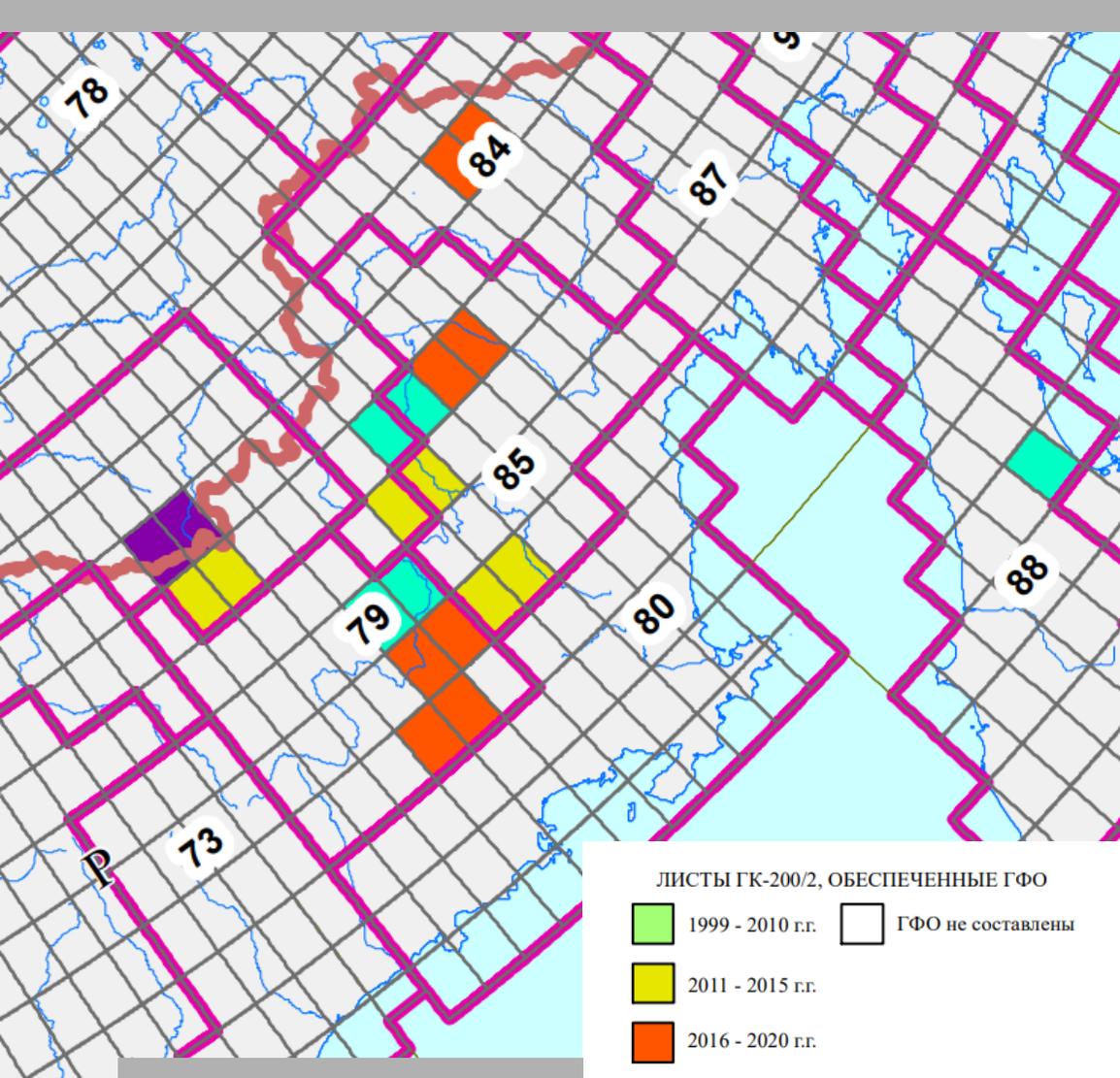
ОБОСНОВАННОСТЬ ОЦЕНКИ



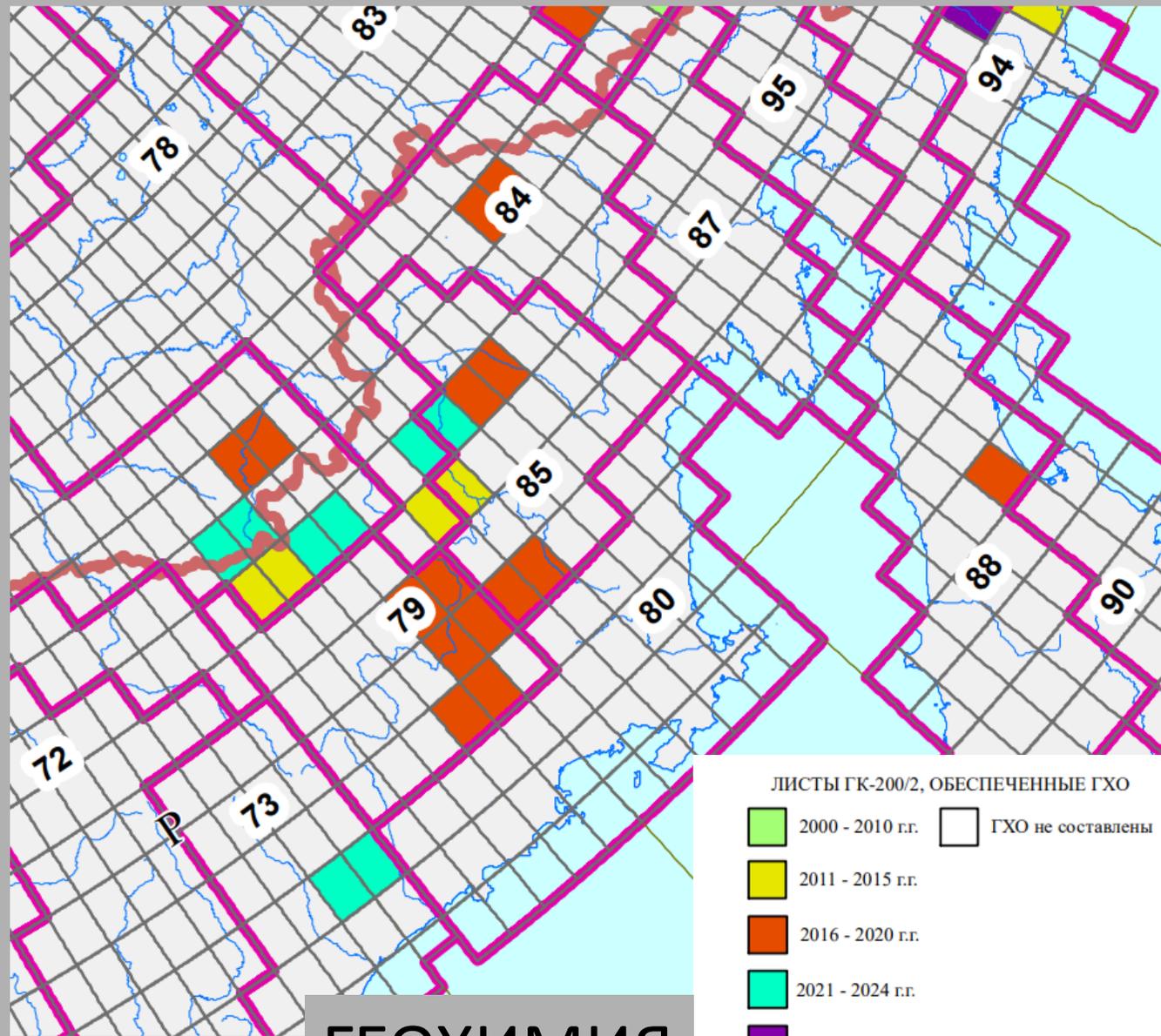
Перспективная  
площадь 100 км<sup>2</sup>



	ПИ-200/1	161 ед.
	ПИ-200/2	34 ед.
	ГК-200/2	2 ед.
	ГК-1000/3	10 ед.



# ГЕОФИЗИКА



# ГЕОХИМИЯ

Index_VSEGEI	Text1	Text2	Text3	Text4
#чК_2<d>_2	Мезозой. Поздний мел. Турон-коньяк	Охотско-Чукотская СФО. Яно-Малтанская (Яно-Эвенкская) С...	Дукчинский комплекс габбро-щелочногра...	Сиениты
#э#дК_1<o>_1	Мезозой. Ранний мел. Альб	Охотско-Чукотская СФО. Охотинская СФЗ	Охотинский комплекс гранодиорит-границ...	Габбро-диориты
#э#дК_1<o>_1	Мезозой. Ранний мел. Альб	Охотско-Чукотская СФО. Охотинская СФЗ	Охотинский комплекс гранодиорит-границ...	Габбро-диориты
#эК_2<s>_1	Мезозой. Поздний мел. Турон-коньяк	Охотско-Чукотская СФО. Яно-Малтанская (Яно-Эвенкская) С...	Светлинский комплекс габбро-гранитовый...	Габбро биотит-амфиболов...
#эК_2<s>_1	Мезозой. Поздний мел. Турон-коньяк	Охотско-Чукотская СФО. Яно-Малтанская (Яно-Эвенкская) С...	Светлинский комплекс габбро-гранитовый...	Габбро биотит-амфиболов...
#эК_2<s>_1	Мезозой. Поздний мел. Турон-коньяк	Охотско-Чукотская СФО. Яно-Малтанская (Яно-Эвенкская) С...	Светлинский комплекс габбро-гранитовый...	Габбро биотит-амфиболов...

#el#rK_2[<nk>]...	Поздний мел.	Нютско-куйдусунский габбро-гранодиорит-гранитный лат...	NULL
pQ_{H}[ol]	Квартер. Голоцен	Олевский горизонт. Пролувий. Щебень с включениями гл...	NULL
K_1<ub>	Ранний мел.Берриас-апт	Ульбериканский андезитовый вулканический комплекс. У...	NULL
#e#rK_2[<nk>]...	Поздний мел.	Нютско-куйдусунский габбро-гранодиорит-гранитный лат...	NULL
aQ_{H}[ol]	Квартер. Голоцен.	Олевский горизонт. Аллювиальные отложения - галечник ...	NULL
aQ_{H}[ol]	Квартер. Голоцен.	Олевский горизонт. Аллювиальные отложения - галечник ...	NULL

## Атрибутивные таблицы ГК-1000/3

- Различное название колонок и их количество;
- Различный принцип заполнения их;
- Разделение блоков текста и их окончания: точки, запятые, отсутствие точки

T_3<or>	Триас. Поздний. Верхненорийский подъярус - рэтский ярус. Оротуканская свита. Алевролиты, туфф...	NULL	NULL
O_2< *4>	Ордовик. Средний. Лланвирский ярус. Лачугская свита. Известняки, доломиты, мергели	NULL	NULL
aQ_{III_2}	Квартер. Плейстоцен. Неоплейстоцен. Поздняя пора. Вторая ступень. Аллювиальные песчанистые ...	NULL	NULL
O_2<el>	Ордовик. Средний. Лланвирский ярус. Эльгенчакская свита. Известняки, реже доломиты, мергели, ...	NULL	NULL
T_3sk	Триас. Поздний. Верхненорийский подъярус - рэтский ярус. Суксуканская толща. Аргиллиты, алевр...	NULL	NULL

*P_2<ir>	Палеоген. Эоцен.	Иргирнинская свита.	Песчаники, алевролиты, конгломераты, пепловые туфы, пласты каменн...
^<s>N_1<kl>	Неоген. Миоцен.	Кулувенский сейсмокомплекс,	Пески, прослой галечников (500-800м)
K_2-*P_1<gt>	Поздний мел- ранний палеоген.	Геткалнинская свита.	Песчаники, алевролиты, аргиллиты, углистые аргиллиты, прослой камен...
*P_2<kn>	Палеоген. Эоцен.	Кинкильский вулканический комплекс андезит-базальтов...	Кинкильская свита. Базальты, андезибазальты, андезиты, риолиты, их ту...
K_2-*P_1<gt>	Поздний мел- ранний палеоген.	Геткалнинская свита.	Песчаники, алевролиты, аргиллиты, углистые аргиллиты, прослой камен...
*P_2<kn>	Палеоген. Эоцен.	Кинкильский вулканический комплекс андезит-базальтов...	Кинкильская свита. Базальты, андезибазальты, андезиты, риолиты, их ту...
*P_2<kn>	Палеоген. Эоцен.	Кинкильский вулканический комплекс андезит-базальтов...	Кинкильская свита. Базальты, андезибазальты, андезиты, риолиты, их ту...

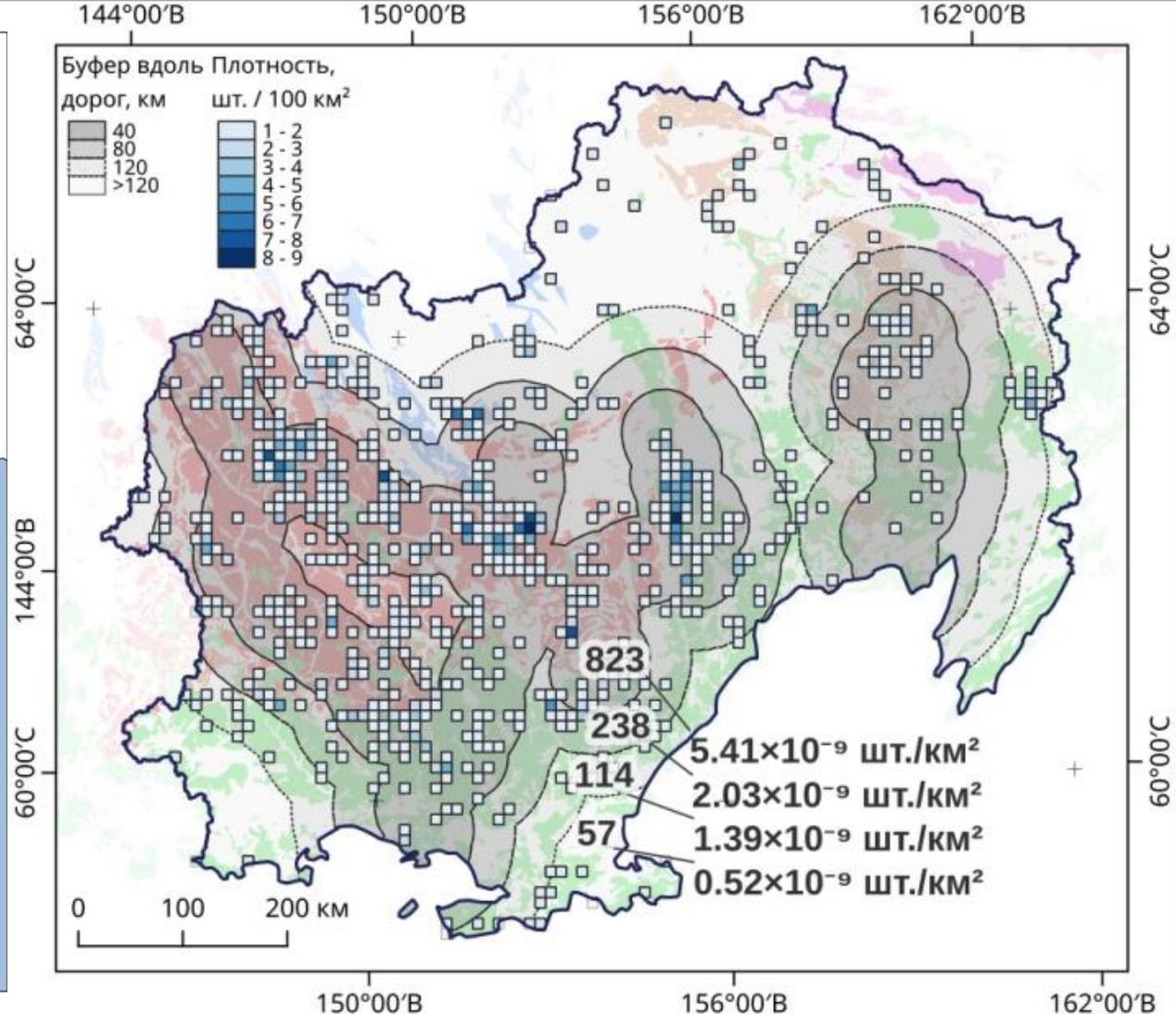
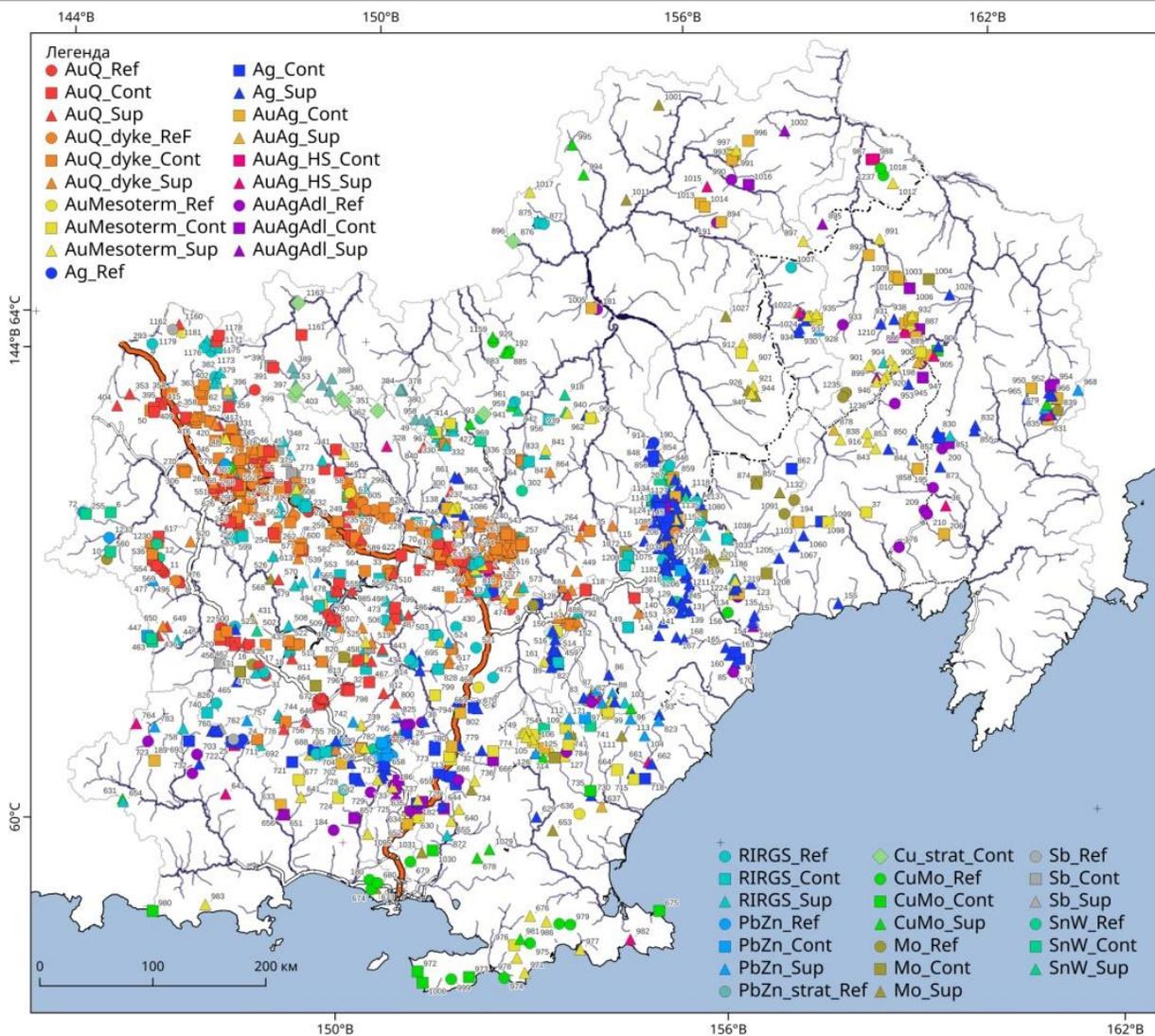
$\gamma S_1^2 a_2$	$\gamma$ - $\gamma\tau\tau$	Абкитский комплекс гранодиорит-гранитовый плутонический
$\gamma\delta S_1^2 a_1$	$\gamma\delta$ - $\gamma\delta\tau\tau$	Абкитский плутонический комплекс гранодиорит-гранитовый

$D_{3av}$	$D_3$	Авландинская свита
$RF_{2-3av}$	$RF_{2-3}$	Авландинская серия

Q-57	$T_{3a\check{c}}$	$T_3$	Ачавеемская с...	Ачавеемская свита
Q-57	$T_{3a\check{c}}$	$T_3$	Ачавеемская с...	Ачавеемская свита
Q-57	$T_{3a\check{c}}$	$T_3$	Ачавеемская с...	Ачавеемская свита
P-57	$T_{3a\check{c}}$	$T_3$	Поздний триа...	Ачавеемская свита
P-57	$T_{3a\check{c}}$	$T_3$	Поздний триа...	Ачавеемская свита
P-57	$T_{3a\check{c}}$	$T_3$	Поздний триа...	Ачавеемская свита

$\gamma J_3 b$	$\gamma$ - $\gamma\tau\tau$	Басугунынский диорит-гранодиоритовый плутонический комплекс		
$\delta J_3 b$	$\delta$ - $\delta\tau\tau$	Басугунынский диорит-гранодиоритовыйп плутонический комплекс		
$\gamma J_3 b$	$\gamma$ - $\gamma\tau\tau$	Басугунынский комплекс		
$\delta J_3 b$	$\delta$ - $\delta\tau\tau$	Басугунынский комплекс		
$\gamma\delta J_3 b$	$\gamma\delta$ - $\gamma\delta\tau\tau$	Басугунынский комплекс		

# ЗАВИСИМОСТЬ КОЛИЧЕСТВА ВЫЯВЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ДОСТУПНОСТИ МЕСТНОСТИ





*Месторождение Купол, ЧАО*

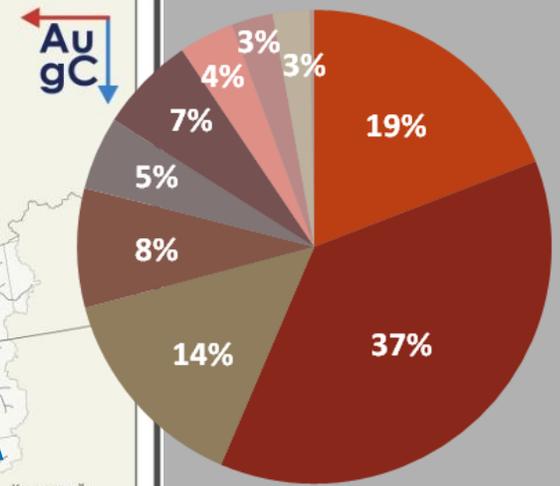
*Месторождение твердых полезных ископаемых* - природное скопление *твердого минерального вещества*, которое в ***количественном и качественном отношениях может быть предметом промышленной разработки*** при данном состоянии техники и технологии его добычи и переработки и в данных экономических условиях

**КАРТА РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЗОЛОТА, СЕРЕБРА И ПОПУТНЫХ МЕТАЛЛОВ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

МАСШТАБ 1 : 1 250 000



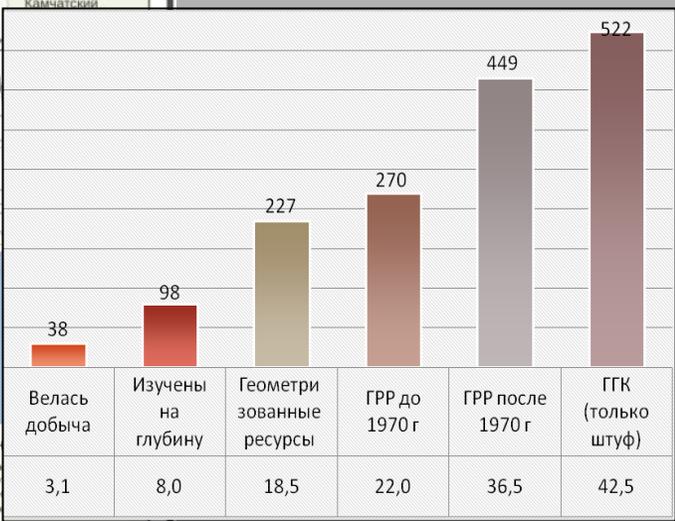
2025 г.



- AuQ\_dyke
- AuAg
- Au\_RIRGS
- AuQ
- CuMo
- PbZn\_strat
- PbZn
- SnW
- Mo
- Cu



**Содержания**



Category	Value
Велась добыча	3,1
Изучены на глубину	8,0
Геометри зованные ресурсы	18,5
ГРР до 1970 г	22,0
ГРР после 1970 г	36,5
ГГК (только штупф)	42,5

**Минеральный состав изучен в СВКНИИ 65 рудных объектов**



**Минеральный состав**



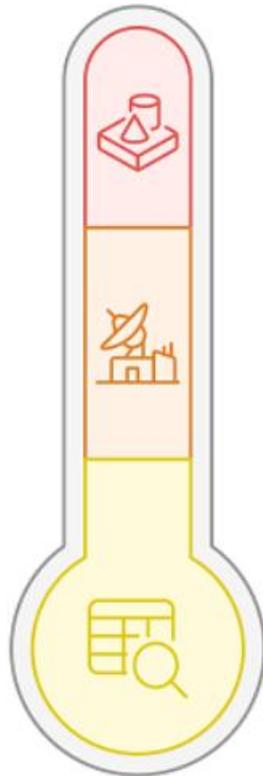
Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Щеголева  
 Далекоствольного отделения Российской академии наук  
 Лаборатория петрологии, изотопной геохронологии и рудообразования  
 685000 г. Магадан, ул. Пертомова, д. 16  
 тел./ факс: +7 (4132) 43-00-51, тел.: +7 (914) 035-08-21  
 e-mail: sekret@svkni.ru, info@svkni.ru

Карта составлена по материалам геологических карт и карт полезных ископаемых Северо-Кольского и Кольско-Омского регионов масштаба 1 : 500 000 (Вознесенский и др., 1999; Кузнецов и др., 1998).  
 Теневой рельеф по цифровой модели рельефа Sorgetis.  
 Масштабирование в QGIS.  
 Авторы-составители: П. П. Колесов, Е. Е. Колова.  
 Редактор: А. Н. Глухов.

- УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**
- Населенные пункты
    - Города и поселки городского типа
    - Поселок жилой
    - Поселок нежилой
    - Село жилое
  - Инфраструктура
    - ✈ Аэропорт
    - ✈ Аэропорт и пристань
    - ⚡ ГЭС
    - ⚓ Порт
    - ✈ Вертолетная площадка
    - ✈ Вертолетная площадка и пристань
  - Дороги
    - Федеральная
    - Региональная
    - Значим региональный
    - Районная
    - Территориальная
    - Местного значения
    - Значим местного значения
  - Металлы
    - ▲ Золото
    - ▲ Серебро
    - ▲ Свинец
    - ▲ Цинк
    - ▲ Медь
    - ▲ Молибден
    - ▲ Висмут
    - ▲ Вольфрам
    - ▲ Олово
    - ▲ Кобальт
  - Тип объекта
    - Месторождение
    - Месторождение
    - Рудопроявление комплексное
    - Рудопроявление комплексное
  - Высота рельефа, м
    - 0-200
    - 200-500
    - 500-1000
    - 1000-1500

## ИИ в геологоразведке: от обработки данных до прогнозирования ресурсов

Прогнозирование ресурсов



### Моделирование залежей

Прогнозирует новые участки с высокой вероятностью наличия ресурсов

### Спутниковые/сейсмические изображения

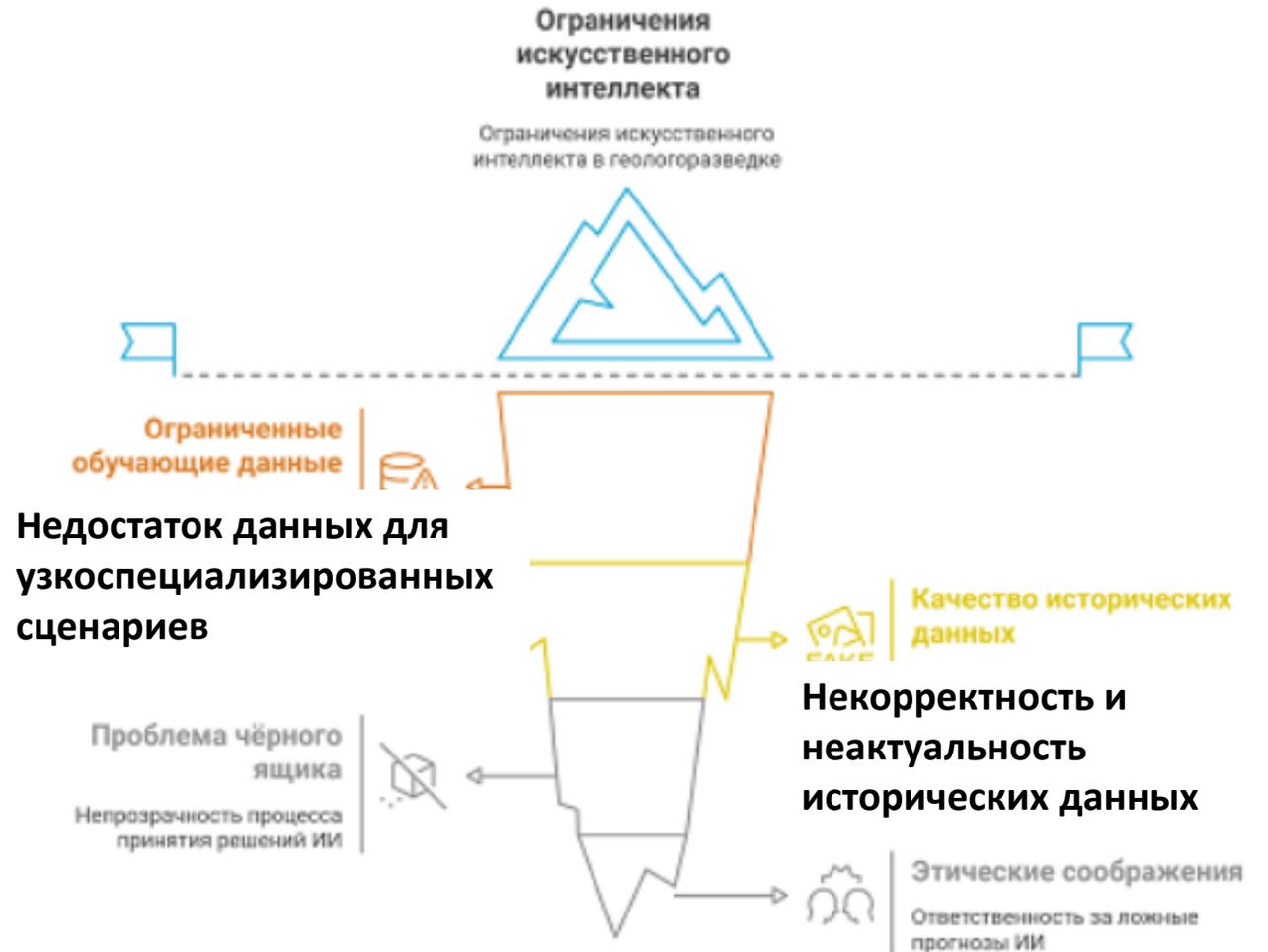
Анализирует сейсмограммы, повышает объективность оценки

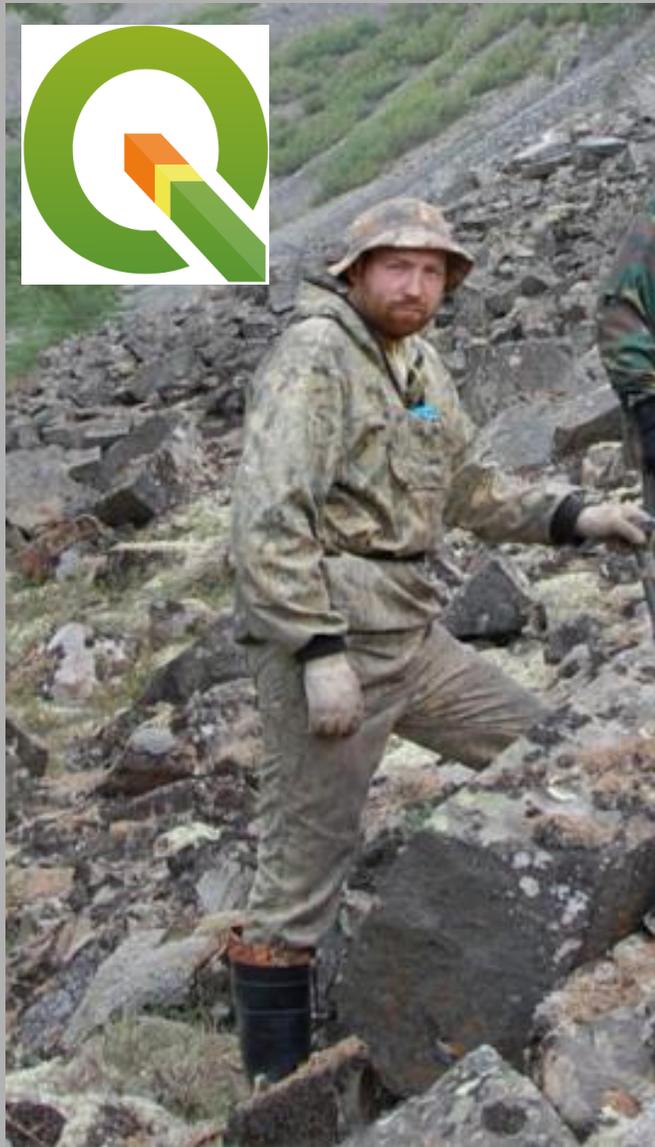
### Геофизические/геохимические данные

Выявляет скрытые связи между параметрами

Обработка данных

## Ограничения искусственного интеллекта в геологоразведке.





Колегов Павел Петрович



GigaChat 

1 874 612 пользователей в месяц



ChatGPT 5 | DeepSeek | Midjou...

3 738 564 пользователя в месяц



deepseek



Обзор от ИИ

perplexity

