

# **РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ**

**2020  
83**

РЕГИОНАЛЬНАЯ  
ГЕОЛОГИЯ  
И МЕТАЛЛОГЕНИЯ

REGIONAL  
GEOLOGY  
and METALLOGENY

Основан в 1993 году

---

Учредитель — Всероссийский научно-исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ)



№ 83/2020

Главные редакторы

А. Ф. МОРОЗОВ

О. В. ПЕТРОВ

Editors-in-Chief

Andrey MOROZOV

Oleg PETROV

Регистрационное свидетельство № П 0305 от 10.03.1993 (Перерегистрация ПИ № ФС 77-29340 от 24 августа 2007 г.)

**Главные редакторы:**

Морозов А.Ф., канд. геол.-минерал. наук  
Петров О.В., чл.-корр. РАН

**Editors-in-Chief:**

Morozov A.F., PhD  
Petrov O.V., Corr. Member of RAS

**Заместители главного редактора:**

Жамойда А.И., чл.-корр. РАН  
Толмачева Т.Ю., д-р геол.-минерал. наук

**Deputies Editors-in-Chief:**

Zhamoyda A.I., Corr. Member of RAS  
Tolmacheva T.Yu., D.Sc.

**Члены редколлегии:**

Бискэ Г.С., д-р геол.-минерал. наук (СПбГУ)  
Бортников Н.С., академик РАН, д-р геол.-минерал. наук (ИГЕМ РАН)  
Вялов В.И., д-р геол.-минерал. наук (МГУ)  
Егоров А.С., д-р геол.-минерал. наук (СПГУ)  
Ермилова О.К. (ВГБ)  
Жарков А.М., д-р геол.-минерал. наук (ВНИГРИ)  
Кашубин С.Н., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ)  
Котов А.Б., д-р геол.-минерал. наук (ИГГД РАН)  
Ларичев А.И., канд. геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ)  
Миронов Ю.Б., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ)  
Молчанов А.В., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ)  
Ошуркова М.В., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ)  
Проскурнин В.Ф., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ)  
Рундквист Д.В., академик РАН, д-р геол.-минерал. наук (ГТМ РАН)  
Сысоев А.П., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ)  
Ханчук А.И., академик РАН, д-р геол.-минерал. наук (ДВГИ ДВО РАН)  
Худолей А.К., д-р геол.-минерал. наук (СПбГУ)  
Зельтманн Р., д-р геол.-минерал. наук (Музей естествознания, Лондон)

**Editorial board:**

Biske G.S., D.Sc. (SPbU)  
Bortnikov N.S., Academician of RAS, D.Sc. (IGEM RAS)  
Vyalov V.I., D.Sc. (MSU)  
Egorov A.S., D.Sc. (SPMU)  
Ermilova O.K. (RGL)  
Zharkov A.M., D.Sc. (VNIGRI)  
Kashubin S.N., D.Sc. (VSEGEI)  
Kotov A.B., D.Sc. (IPGG RAS)  
Larichev A.I., PhD (VSEGEI)  
Mironov Yu.B., D.Sc. (VSEGEI)  
Molchanov A.V., D.Sc. (VSEGEI)  
Oshurkova M.V., D.Sc. (VSEGEI)  
Proskurnin V.F., D.Sc. (VSEGEI)  
Rundkvist D.V., Academician of RAS, D.Sc. (SGM RAS)  
Sysoev A.P., D.Sc. (VSEGEI)  
Khanchuk A.I., Academician of RAS, D.Sc. (FEGI FEB RAS)  
Khudoley A.K., D.Sc. (SPbU)  
Seltmann R., D.Sc. (Natural History Museum, London)

Журнал включен в национальную библиографическую базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ) и перечень Высшей аттестационной комиссии (ВАК) по специальности 25.00.00 – науки о Земле.

**Адрес электронной версии журнала:**

на русском языке: [http://www.vsegei.ru/ru/public/reggeology\\_met/content](http://www.vsegei.ru/ru/public/reggeology_met/content)  
на английском языке (аннотации): <http://www.vsegei.ru/en/rgm/content/index.php>

Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения учредителя журнала.

Редакция: *О. Н. Алексеева, Л. В. Набиева, С. В. Щербакова*

Подписано в печать 14.09.2020. Печ. л. 15. Уч.-изд. л. 19,1. Формат 60×84/8. Тираж 300 экз. Заказ № 80000607

**Адрес издательства**

ВСЕГЕИ. Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.  
Журнал «Региональная геология и металлогения».  
Тел. (812) 328-90-90 (доб. 23-23, 24-24)  
E-mail: [izdatel@vsegei.ru](mailto:izdatel@vsegei.ru)

**Отпечатано**

на Картографической фабрике ВСЕГЕИ. Средний пр., 72, Санкт-Петербург, 199178, Россия  
Тел. (812) 328-91-90, факс 321-81-53  
[www.kf-vsegei.ru](http://www.kf-vsegei.ru)

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

*М. А. Алексеев, Г. В. Шнейдер*  
Юрские фораминиферы из разрезов  
скважин залива Терезы Клавенес  
(Восточный Таймыр)

*А. А. Кременецкий, А. Г. Пилицын, Л. И. Веремеева,  
А. Ф. Морозов, О. В. Петров, Е. И. Петров*  
Эволюция фундамента,  
рифтогенез и нефтегазоносность  
Циркумполярной Арктики

*Н. М. Глебова*  
Ультрамафиты Карабашского массива (Южный Урал):  
минералогия, геохимия, метаморфизм

## МЕТАЛЛОГЕНИЯ

*О. В. Петров, А. И. Ханчук, В. В. Иванов,  
Е. А. Киселёв, В. В. Шатов, Ю. П. Змиевский,  
А. В. Молчанов, А. В. Терехов, С. А. Сергеев*  
U-Pb SIMS геохронология  
рудноносных магматических пород  
золото-медно-порфировых проявлений  
Малмыжского и Понийского рудных полей  
(Нижнее Приамурье)

*Ф. Д. Лазарев, Д. А. Белов,  
П. В. Кирплюк, И. В. Молодцов*  
Выделение перспективных участков  
на поиски скарново-магнетитовых  
и золото-полиметаллических оруденений  
по результатам комплексных аэрогеофизических  
съёмок в пределах Буреинского массива  
(Хабаровский край)

*Ю. Г. Кутинов, З. Б. Чистова*  
Возможности обнаружения месторождений полезных  
ископаемых на территории Архангельской области  
(по геолого-геофизическим данным)

*А. В. Мельников, В. А. Степанов*  
Крупные самородки золота  
в рудно-россыпных узлах Приамурья

*Д. Г. Мизиряк, А. Г. Марченко*  
Выявление геолого-структурных условий локализации  
медно-молибденового и золотого оруденений  
в Монголийском рудном поле  
на основе расшифровки структурного рисунка  
аномальных геохимических полей

## REGIONAL GEOLOGY

5 *M. A. Alekseev, G. V. Shneyder*  
Jurassic foraminifers from boreholes  
in the aquatorries of the Teresa Claveness Bay  
on the eastern coast of the Taimyr Peninsula

14 *A. A. Kremenetskiy, A. G. Pilityn, L. I. Veremeeva,  
A. F. Morozov, O. V. Petrov, E. I. Petrov*  
Circumpolar Arctic:  
Basement evolution,  
rifting and hydrocarbon potential

33 *N. M. Glebova*  
Ultramafic rocks of the Karabash Massif (South Urals):  
mineralogy, geochemistry, metamorphism

## METALLOGENY

41 *O. V. Petrov, A. I. Khanchuk, V. V. Ivanov,  
E. A. Kiselev, V. V. Shatov, Yu. P. Zmievskiy,  
A. V. Molchanov, A. V. Terekhov, S. A. Sergeev*  
U-Pb SIMS geochronology  
of ore-bearing magmatic rocks  
of the Malmyzh and Poni  
gold-copper-porphyry ore fields  
(Lower Amur River Region)

57 *F. D. Lazarev, D. A. Belov,  
P. V. Kirplyuk, I. V. Molodtsov*  
Identification of areas promising  
for the exploration of combined skarn-magnetite,  
gold-polymetallic mineralization based  
on results of integrated airborne geophysical  
surveys within the Bureya Massif

68 *Y. G. Kutinov, Z. B. Chistova*  
The possibility of discovering new mineral deposits  
in the Arkhangelsk Region

76 *A. V. Melnikov, V. A. Stepanov*  
Large gold nuggets  
in ore-placer clusters of the Amur Region

88 *D. G. Miziriak, A. G. Marchenko*  
Identification of geostructural conditions for the localization  
of the copper-molybdenum and gold mineralization  
in the Mongoli ore field based  
on the interpretation of anomalous geochemical  
field structural patterns

## ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

## MEMORIALS

*Л. Р. Колбанцев* 101 *L. R. Kolbantsev*  
Советские геологи на XX сессии  
Международного геологического конгресса  
(Мехико, 1956) Soviet geologists at the 20th  
International Geological Congress  
(Mexico City, 1956)

## 75-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ ПОСВЯЩАЕТСЯ

## DEDICATED TO THE 75th ANNIVERSARY OF VICTORY

*А. В. Булычёв* 115 *A. V. Bulychev*  
На фронт To the Front

*Л. Ф. Штейн* 118 *L. F. Shteyn*  
Потом я уже ничего не боялась I was not afraid of anything after that

М. А. АЛЕКСЕЕВ, Г. В. ШНЕЙДЕР (ВСЕГЕИ)

## Юрские фораминиферы из разрезов скважин залива Терезы Клавенес (Восточный Таймыр)

Изучены юрские фораминиферы из двух скважин, пробуренных в акватории залива Терезы Клавенес в северо-восточной части п-ова Таймыр. На основании этих данных уточнена возрастная принадлежность и геологическое строение юрских отложений в акватории залива и на его побережье.

*Ключевые слова:* бореальная микрофауна, юрские фораминиферы, стратиграфия, ханневичская свита, Сибирь, п-ов Таймыр, залив Терезы Клавенес.

M. A. ALEKSEEV, G. V. SHNEYDER (VSEGEI)

## Jurassic foraminifers from boreholes in the aquatorries of the Teresa Claveness Bay on the eastern coast of the Taimyr Peninsula

Jurassic foraminifers from two boreholes in Teresa Claveness Bay of the north-eastern part of the Taimyr Peninsula were studied. They allowed to estimate the age and composition of the Jurassic deposits in Teresa Claveness Bay and it's coast.

*Keywords:* boreal microfossils, Jurassic foraminifers, stratigraphy, Khannevich Formation, Siberia, Taimyr Peninsula, Teresa Claveness Bay.

*Для цитирования:* Алексеев М. А., Шнейдер Г. В. Юрские фораминиферы из разрезов скважин залива Терезы Клавенес (Восточный Таймыр) // Региональная геология и металлогения. – 2020. – № 83. – С. 5–13.

**Введение.** В течение 1993–1996 гг. на северо-востоке п-ова Таймыр, южнее мыса Челюскин, в акватории залива Терезы Клавенес и на его побережье, сотрудниками ЦАГРЭ проводилась геологическая съемка шельфа м-ба 1 : 200 000 (рис. 1). Осуществлялись бурение скважин, донное опробование и изучение коренных выходов, расположенных по берегам залива. В результате этих исследований было установлено, что непосредственно на докембрийском фундаменте под чехлом четвертичных отложений залегают юрские отложения, представленные в основном породами песчаного состава, в различной степени сцементированными [6].

Среднеюрский возраст этих пород был определен по многочисленным находкам раннебатских двустворок, аммоноидей и белемнитов в стратотипе ханневичской свиты (рис. 2), расположенном в нижнем течении р. Ханневича, на северном берегу залива Терезы Клавенес. Двустворчатые моллюски из этого разреза представлены видами *Retroceramus retrorsus* (Keys.), *R. tuchkovi* (Polub.), *R. kystatymensis* (Koch.), *Arctotis* ex gr. *lenaensis* (Lah.), белемниты – единичными рострами *Paramegatheutis* cf. *manifesta* Naln. et Gustom., а аммоноидеи – фрагментами раковин *Arcticoceras* sp., *Arctocephalites* sp. [10]. В приподошвенной части свиты количество палеонтологических остатков уменьшается, в основном это таксоны широкого распространения или неопределимые

фрагменты двустворок. Поэтому условно эта часть разреза относится нами к байосскому ярусу (рис. 2).

Преимущественно песчаные отложения, вскрытые скважинами в акватории залива Терезы Клавенес, первоначально условно принадлежали ханневичской свите [4]. Однако разрезы этих скважин находятся гипсометрически ниже коренных выходов свиты (рис. 3). Кроме того, в их вещественном составе есть существенные различия, несмотря на то, что и те и другие разрезы представлены преимущественно песчаными отложениями. В береговых разрезах песчаные породы в различной степени известковые, встречаются даже прослои известняков (рис. 2), тогда как в скважинах они несут следы диагенетического сжатия, но в основном содержат глинистый цемент и много глинистых прослоев, чего в стратотипе ханневичской свиты не наблюдается. По этим признакам отложения из скважин, пробуренных в акватории залива Терезы Клавенес, сходны с породами унгинской свиты, вскрытыми севернее и восточнее на территории мыса Челюскин [10].

В то же время унгинская свита древнее ханневичской: по спорам и пылице она относится к нижней-средней юре (рис. 3). Поэтому датировка юрских отложений, слагающих дно залива Терезы Клавенес, нуждалась в уточнении. С этой целью в 2016 г. из керна скважин 07.120 и 11.040

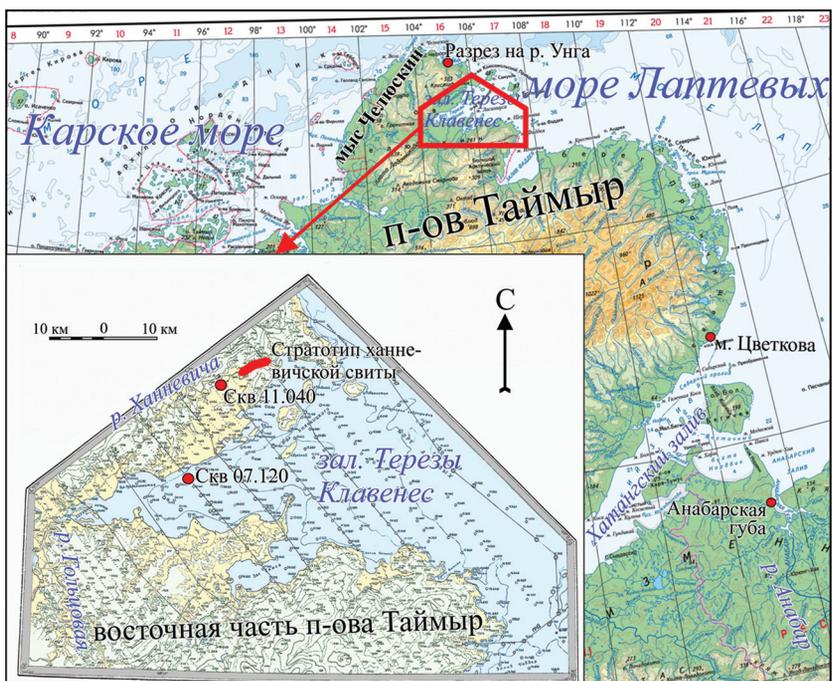


Рис. 1. Местоположение опробованных скважин и опорных разрезов юрских отложений, одновозрастных изученным

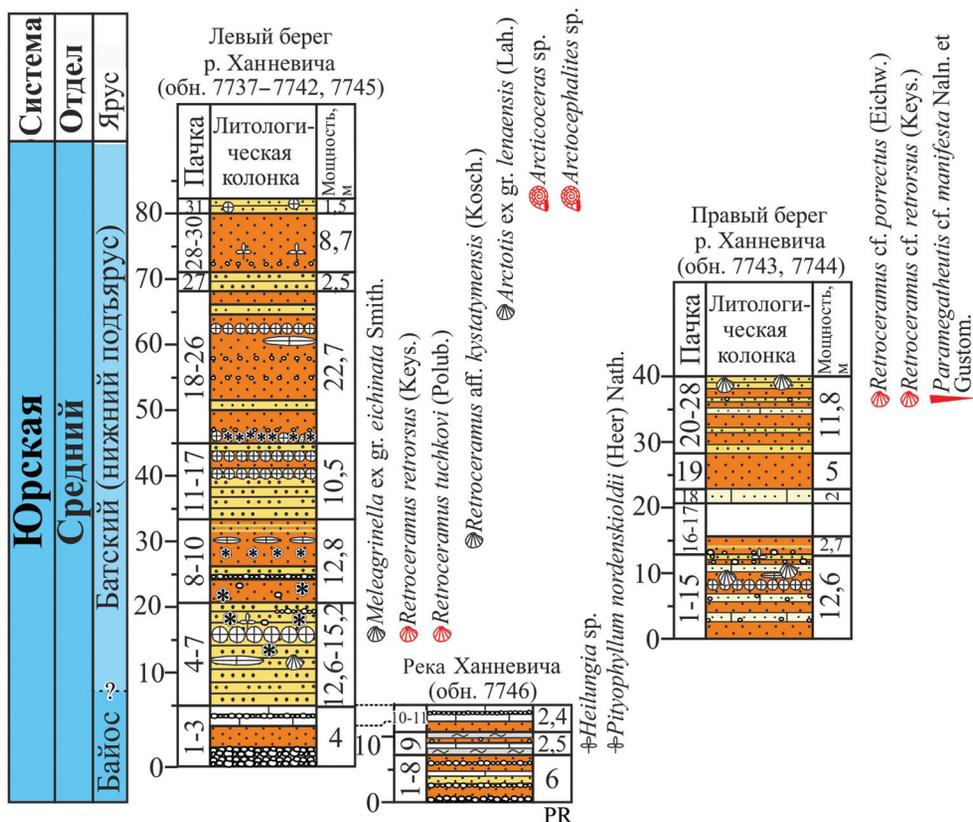


Рис. 2. Обоснование возраста ханневичской свиты [10]  
Условные обозначения см. на рис. 3

7-го и 11-го буровых профилей (рис. 1) было отобрано 20 образцов пород, наиболее перспективных для извлечения фораминифер, в 13-ти из которых содержались остатки фораминифер (таблица), остракод, криноидей и двустворчатых моллюсков.

**Фактический материал.** Скважина 11.040 находится на правом берегу р. Ханневича, чуть юго-западнее выходов стратотипа ханневичской свиты (рис. 1). По находкам микрофауны ее разрез надстраивает скв. 07.120.

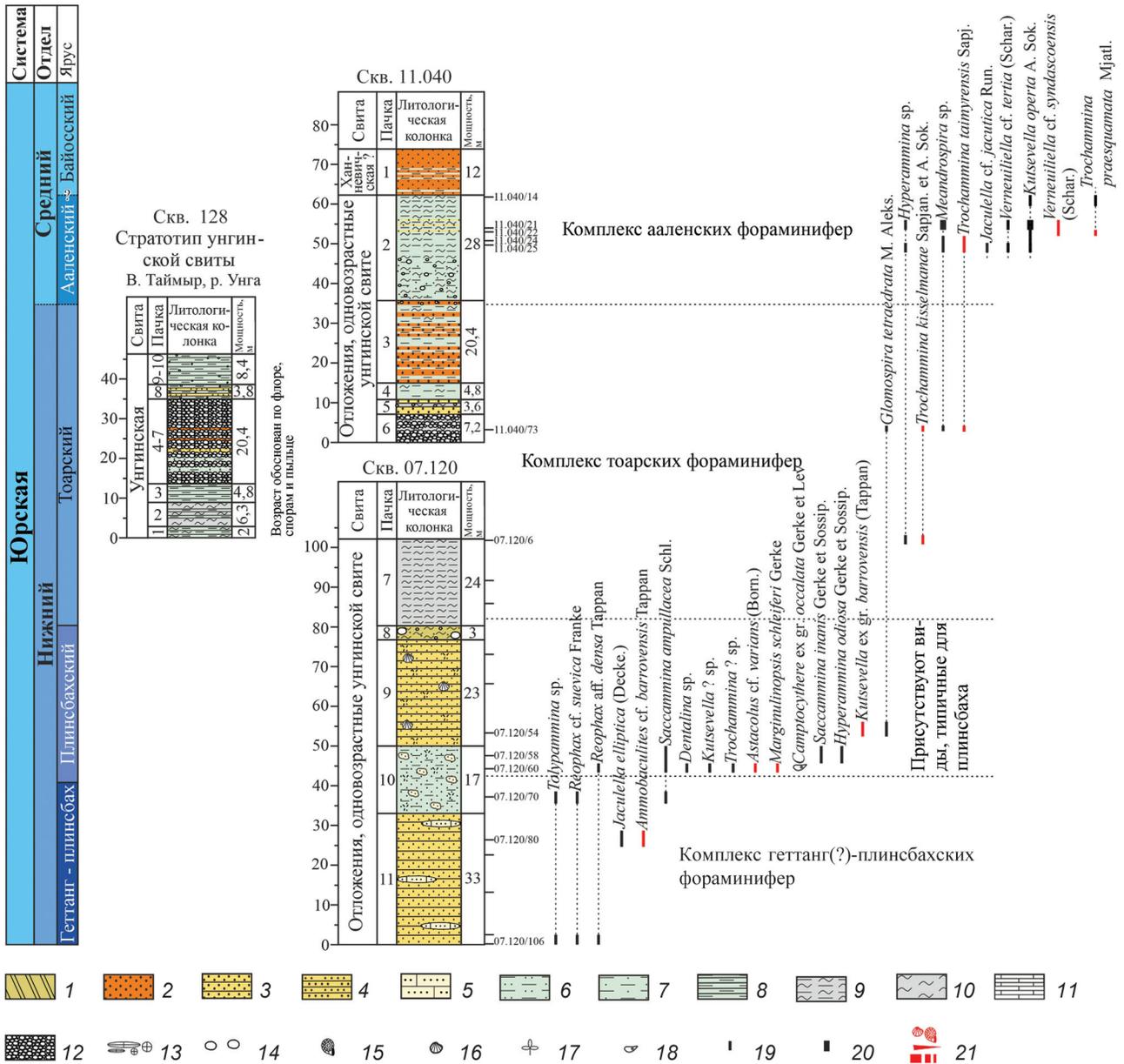


Рис. 3. Распространение фораминифер и других остатков фауны в опробованных скважинах [4]

1 – охристые и выщелоченные породы; 2 – пески рыхлые; 3 – пески уплотненные известковые; 4 – песчаники известковые; 5 – песчаники известковые среднеплитчатые; 6–9 – алевроиты: 6 – песчаные, 7 – песчанистые, 8 – известковые, 9 – глинистые; 10 – глины тонкоотмученные; 11 – известняки; 12 – галечники; 13 – известковые конкреции; 14 – валуны кристаллических пород; 15 – аммоноидеи; 16 – двустворки; 17 – остатки растений; 18 – остракоды; 19, 20 – найдено экземпляров: 19 – 1–5, 20 – 6–20; 21 – находки, имевшие наибольшее значение при определении возраста

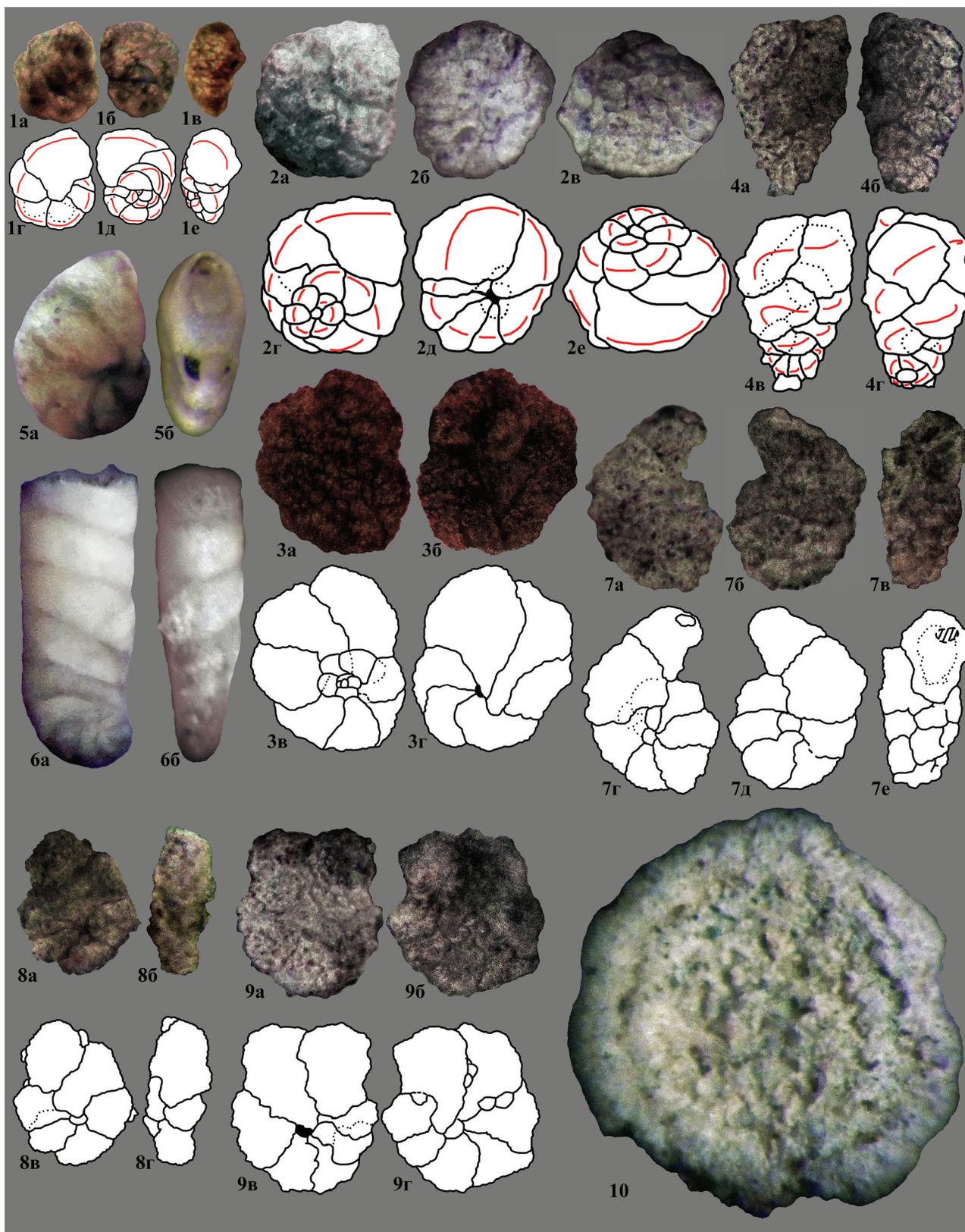
По данным описания керна, под прослоем четвертичных глин сверху вниз вскрываются следующие пачки:

Мощность, м

1. Пески кварцевые глинистые среднезернистые рыхлые с прослоями алевроитистых песков. Гипсометрически эта пачка находится на уровне нижних слоев ханневичской свиты, вскрывающихся в обнажениях 7746 (слои 1–11) и 7745 (слои 1–3) на р. Ханневича, условно относимых к байосскому ярусу средней юры (рис. 2). Поэтому не исключена ее принадлежность к байосскому ярусу (рис. 3). В то же время разрез свиты на р. Ханневича от ее устья по направлению к скв. 11.040 постепенно нарастает вниз, поэтому ее можно отнести и к ааленскому

ярусу. Соответственно, эта часть разреза условно принадлежит к ааленскому-байосскому ярусам средней юры (рис. 4, б) .....

2. Алевроиты песчано-глинистые, содержащие в нижней части (12 м) примесь грубозернистого песка, рассеянные гравий и гальки кристаллических пород. В 15 м выше основания пачки в интервале 4 м присутствуют тонкие прослои среднезернистых песков. В верхней части пачки встречены фораминиферы *Trochammmina taimyrensis* Sapjan., *T. praesquamata* Mjatl., *Kutsevella cf. aperta* A. Sok., *Verneuiliana cf. syndascoensis* (Schar.), *V. cf. tertia* (Schar.), *Jaculella cf. jacutica* Run., *Meandrospira* sp., *Hyperammmina* sp. Некоторые из перечисленных видов встречаются в байосе, но большая их часть обладает ааленским возрастом [3; 7] .....



**Пояснения к таблице**

1, 2 – *Trochammina kisselmanaе* Sapjanik et A. Sokolov: 1 – обр. C-07.120/6, ×92, 2 – обр. C-11.040/73, ×82; 3 – *T. taimyrensis* Sapjanik, обр. C-11.040/25, ×72; 4 – *Verneuliella cf. tertia* (Scharovskaja), обр. C-11.040/25, ×60; 5 – *Astaculus cf. varians* (Bornemann), обр. C-07.120/60, ×75; 6 – *Marginulinopsis schleiferi* Gerke, обр. C-07.120/60, ×56; 7–9 – *Kutsevella operta* A. Sokolov: 7 – обр. C-11.040/25, ×68, 8 – обр. C-11.040/21, ×78, 9 – обр. C-11.040-21, ×93; 10 – *Ammodiscus arangastachiensis* Nikitenko, обр. C-11.040/14, ×42

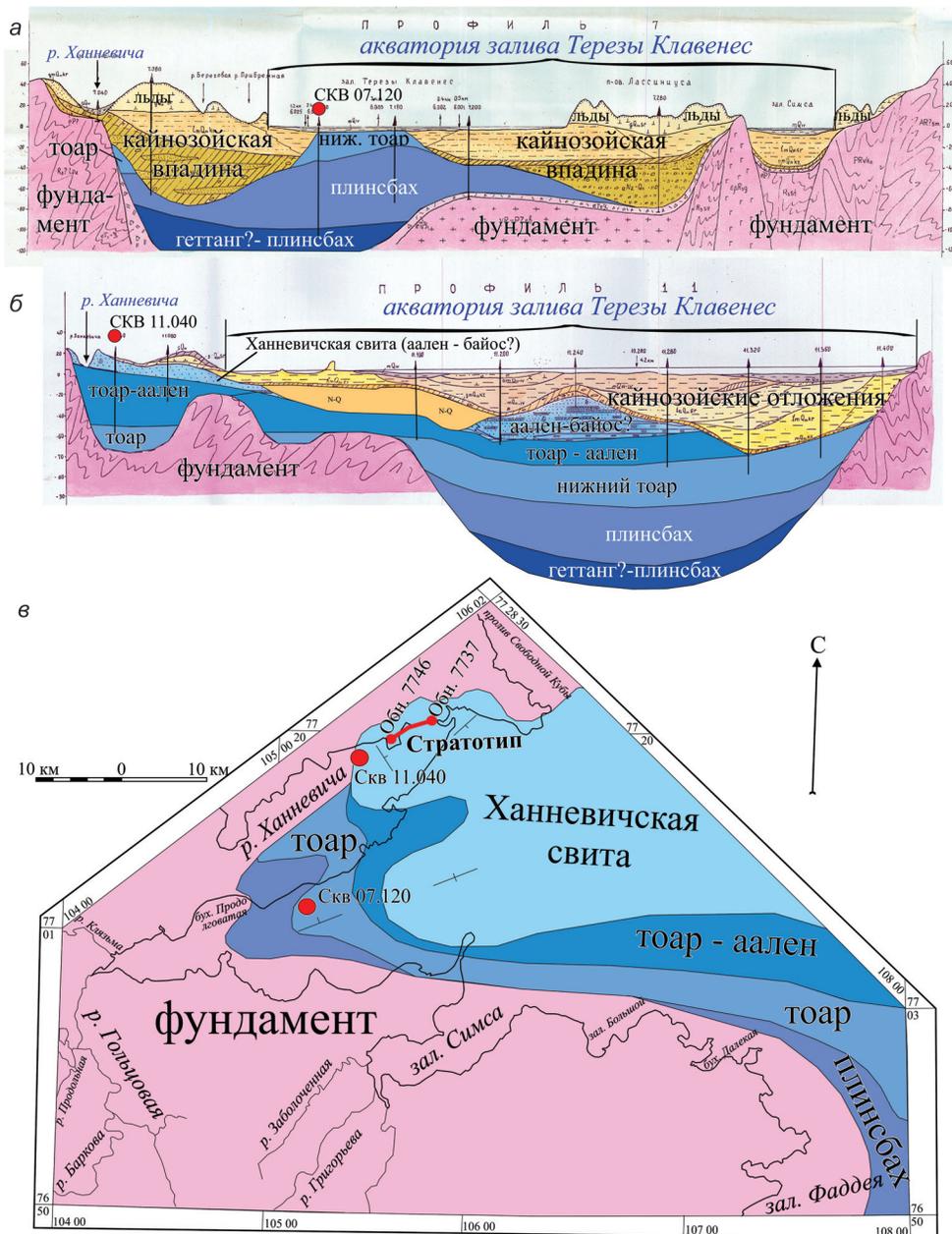


Рис. 4. Геологическое строение осадочного чехла в акватории залива Терезы Клавенес вдоль седьмого (а) и одиннадцатого (б) профилей буровых скважин и карта докайнозойских отложений (в)

3. Чередование песков глинистых среднезернистых рыхлых и пластичных, алевроитов песчано-глинистых. В прикровельной части прослой песков с рассеянными мелкими гальками . . . . . 20,4
  4. Алевроиты песчано-глинистые розовато-серые 6,0
  5. Пески глинистые тонкозернистые слабоизвестковистые уплотненные. В средней части – прослой глин с мелкими гальками кристаллических пород. . . . . 3,6
  6. Галечники средней размерности, состоящие из обломков кристаллических пород. В 4 м от подошвы появляются прослой буровато-серых глин. В одном из них встречены остатки фораминифер *Trochammina* cf. *kisselmanaе* Sarjan. et A. Sok., *T. taimyrensis* Sarjan., *Glomospira* cf. *tetraedrata* M. Aleks., *Meandrospira* sp., *Hyperammina* sp., распространенные в тоарском ярусе нижней юры [1; 7] . . . . . 7,2
- Общая мощность разреза . . . . . 77,2

На севере Сибири частое чередование песчаных и глинистых отложений характерно в большей степени для тоарских, чем ааленских отложений, поэтому пачки 3–5 условно отнесены к тоарскому ярусу (рис. 3).

Скважина 07.120 пробурена в акватории залива у его северного берега чуть восточнее бухты Продолговатая, надстраивает вниз скв. 11.040 (рис. 3). Здесь под слоем глинистых илов мощностью 3,5 м сверху вниз залегают:

Мощность, м

7. Глины аргиллитоподобные алевроитистые буровато-серые. В прикровельной части содержатся единичные раковины *Trochammina kisselmanaе* Sarjan. et A. Sok. и *Hyperammina* sp., характерные для нижнего тоара [8] . . . 27,5

8. Глины песчаные ярозитизированные с гальками и валунами кристаллических пород и линзами льда 3,0
9. Пески слабоизвестковистые тонко-мелкозернистые массивные зеленовато-буроватые с большим количеством раковинного детрита и неопределимыми фрагментами створок тонкостенных двустворок. В приподошвенной части пачки встречены единичные *Glomospira tetraedrata* M. Aleks. и грубозернистые раковины, определенные как *Kutsevella* ex gr. *barrovensis* (Tarran) . . . . . 23,0
10. Пески тонкозернистые в различной степени алевритовые рыхлые массивные зеленовато-серые с раковинным детритом и обломками песчаников валунной размерности. По всему интервалу встречаются плинсбахские фораминиферы *Marginulinopsis schleiferi* Gerke, *Astacolus* cf. *varians* (Born.), *Reophax* cf. *suevica* Franke, *R.* cf. *densa* Tarran, *Hyperammina odiosa* Gerke et Sossip., *Saccamina ampullacea* Schl., *S. inanis* Gerke et Sossip., *Dentalina* sp., *Trochammina* ? sp., *Kutsevella* ? sp., *Tolypammina* sp. В пробе с секреторными фораминиферами (07-120-60) содержались остракоды рода *Camptocythere*, условно отнесенные к виду *C.* ex gr. *occalata* Gerke et Lev, и фрагмент криноидеи (?). . . . . 17,0
11. Пески слабоизвестковистые зеленовато-серые с линзами известковых мелкозернистых песчаников. Встречаются фораминиферы *Ammobaculites* cf. *barrovensis* Tarran, *Reophax* cf. *suevica* Franke, *Jaculella elliptica* (Decke), *Tolypammina* sp., упоминаемые из геттанг-плинсбахских отложений Канады и Сибири [7; 13] . . . . . 33,0
- Общая мощность разреза . . . . . 103,5

По аналогии с ближайшими скважинами седьмого профиля пачки 7 и 8 ранее относились к четвертичной системе, но по вещественному составу и приведенным палеонтологическим данным породы этих пачек мы рассматриваем как останец тоарских отложений, с севера и юга ограниченный кайнозойскими осадочными толщами, выполняющими две неоген-четвертичные впадины (рис. 4, а).

Приведенные выше сведения о комплексах фораминифер из скважин 07.120 и 11.040 подтверждают наблюдения, сделанные в ходе полевых работ, согласно которым юрские отложения залегают с пологим падением на восток. Это, в свою очередь, позволяет предположить, что прослеженные в скв. 07.120 тоарские и синемюр-плинсбахские породы, составляющие вершины выступов кайнозойского палеорельефа, продолжают дальше на восток, где перекрываются аален-батскими отложениями (рис. 4, б, в).

#### Результаты стратиграфического исследования.

В опробованных скважинах выявлены четыре разновозрастных комплекса фораминифер: геттанг?-плинсбахский, плинсбахский, тоарский и ааленский.

Геттанг?-плинсбахский комплекс установлен в пачках 10 и 11 скв. 07.120. Он представлен в основном формами широкого стратиграфического распространения. Поскольку максимум раннеюрской трансгрессии приходится на поздний плинсбах – начало раннего тоара [11], можно предположить, что эта часть разреза целиком относится к плинсбаху.

Плинсбахский комплекс установлен в десятой пачке, которая отнесена к этому ярусу

по присутствию видов *Marginulinopsis schleiferi* и *Astacolus varians* [5; 12], и в девятой пачке, где встречены *Kutsevella barrovensis*.

По вещественному составу геттанг?-плинсбахские отложения в заливе Терезы Клавенес напоминают шараповскую свиту, выделяемую в плинсбахском ярусе Западной Сибири (рис. 5). В то же время они сходны с верхними пачками геттанг-плинсбахской зимней свиты, выделяемой и в Западной Сибири, и на севере Средней Сибири. Наконец, они немного напоминают плинсбахские пески из юрских разрезов в среднем течении р. Анабар, которые на геологических картах условно относятся к аиркатской свите (рис. 5).

Рассматриваемый интервал может соответствовать как отдельно взятой пачке одной из перечисленных свит, так и представлять собой сокращенный разрез, соответствующий их общему стратиграфическому объему. На имеющемся палеонтологическом материале не представляется возможности установить, какой из приведенных вариантов верен. Поэтому принадлежность к свите пачек 9–11 в скв. 07.120 остается неясной. Следует ли выделять в акватории моря Лаптевых, прилегающей к п-ову Таймыр, самостоятельную свиту или лучше использовать одну из существующих свит, является проблемой, требующей дальнейших исследований.

Тоарский комплекс установлен в глинах пачек 7 скв. 07.120 и 6 скв. 11.040 по наличию *Trochammina kisselmanaе*. Предположительно, пачки 7 и 8 в скв. 07.120 составляют останец нижне-тоарских отложений, сохранившийся в центральной части залива Терезы Клавенес (рис. 4, а). Исходя из соответствия низов нижнего тоара завершающей наиболее стабильной стадии раннеюрской трансгрессии [11], мы предполагаем, что в восточной части залива отложения этого возраста и вещественного состава распространены намного шире, чем в западной (рис. 4, б, в). По вещественному составу они сходны с китербютской свитой, выделяемой на севере Сибири в тоарском ярусе нижней юры (рис. 5).

О стратиграфическом положении шестой пачки выше седьмой свидетельствует присутствие в ней остатков *Trochammina taimyrensis*, появляющихся в верхах нижнего тоара. По данным из скважин, шестая – третья пачки выполняющие серию впадин, разобренных выступами докембрийских отложений (рис. 4, б). На момент формирования рассматриваемых пачек эти выступы служили основными источниками осадочного материала. Их близкое расположение к области накопления (рис. 4, в) способствовало тому, что в составе рассматриваемых пачек преобладают песчаные и присутствуют крупнообломочные породы. Однако наблюдаемое в их интервале частое чередование маломощных прослоев разных по дисперсности пород является характерным именно для тоарского и ааленского времени (рис. 5). Такие породы в Сибири обособляются в хоргонскую (хоронгскую?) свиту, в районе

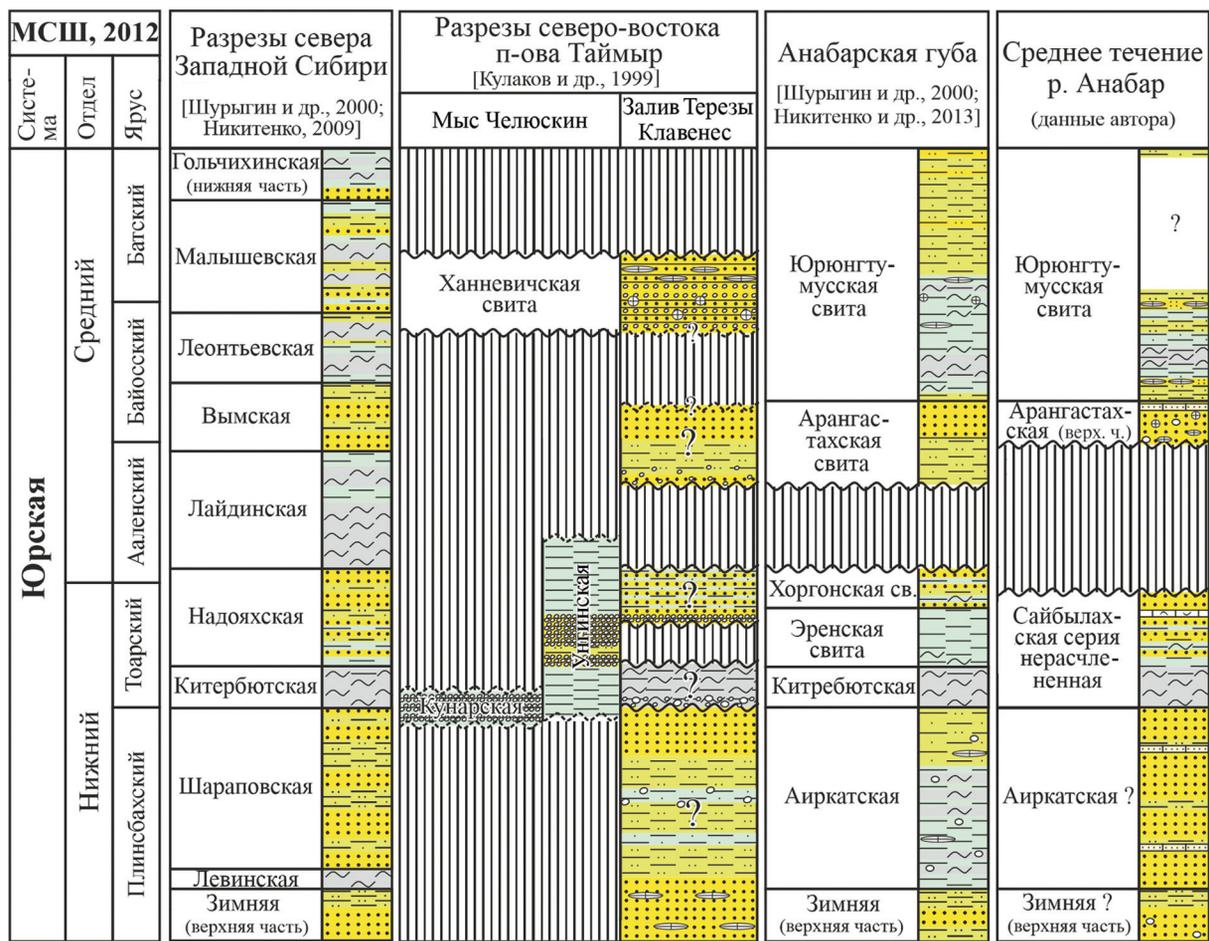


Рис. 5. Сопоставление юрских отложений залива Терезы Клавенес с одновозрастными местными стратиграфическими подразделениями полуострова Таймыр и прилегающих территорий

мыса Цветкова – в апрелевскую, а в Западной Сибири – в надояхскую [11].

Ааленский комплекс фораминифер установлен в интервале второй пачки скв. 11.040 по присутствию совокупности видов *Trochammina taimyrensis*, *T. praesquamata*, *Kutsevella aperta*, *Verneuiliana syndascoensis*, *V. tertia*. Этот комплекс характерен для интервала региональной зоны *Astacolus nordvikensis*, соответствующей верхней части нижнего – верхнему подъярису ааленского яруса [7]. По вещественному составу отложения, в которых содержится ааленский комплекс фораминифер, сходны с нижней подсвитой арангастахской свиты, выделяемой в ааленском ярусе средней юры на севере Сибири (рис. 5), представляющей собой цельную пачку тонкодисперсных пород с высокой примесью песчаных частиц.

Поскольку верхняя песчаная подсвита арангастахской свиты распространена намного шире тонкодисперсной нижней, не исключено, что пески первой пачки тоже принадлежат к арангастахской свите. В этом случае их следует относить к прикровельной части аалена – низам байосско-юрского яруса [11].

Венчающая юрский разрез ханневичская свита по вещественному составу сходна с батской частью чекуровской свиты в среднем течении

р. Лена, а также с мелководными фациями юронтгумусской свиты в среднем течении р. Анабар (р. Средняя) [2] по присутствию двустворок *Retroceramus tuchkovi* Polub. и характерных остракод и фораминифер, датируемых верхним байосом.

По вещественному составу юрские отложения в заливе Терезы Клавенес сильно отличаются от одновозрастных свит, выделяемых на востоке Таймыра и в пределах мыса Челюскин. В то же время нижнеюрские отложения обладают сходством с одновозрастными, распространенными на севере Средней и Западной Сибири. Начиная со средней юры возникают существенные различия с западносибирскими разрезами, но сходство со среднесибирскими отложениями сохраняется.

**Тафономические особенности изученных комплексов фораминифер.** Фораминиферы в описанных выше комплексах представлены в основном грубозернистыми формами отрядов *Ammodiscida*, а секреторные формы – полуразвернутыми *Vaginulinidae*. Такие ориктоценозы характерны для мелководных и прибрежных биофацций, распространенных на глубине примерно 3–15 м [2].

Встречаются также единичные трохамминиды (род *Trochammina*) и вернейлиниды (род

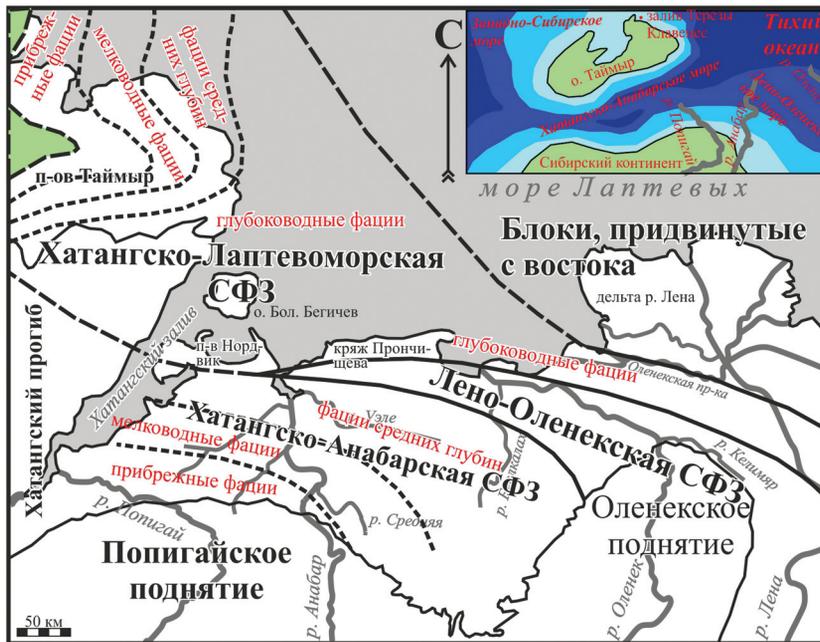


Рис. 6. Дополненная схема распространения биофаций севера Сибири по фораминиферам [2]

*Verneuliliella*), характерные для ориктоценозов, переходных между биофациями малых и средних глубин (10–90 м) [2]. Их раковины представлены ювенильными формами с 2–2,5 оборотами у трохаммин и 3–4 у вернейлиелл. Поэтому, скорее всего, речь идет о небольших глубинах палеобассейна (10–20 м). Присутствие вернейлинид свидетельствует о быстром увеличении глубины бассейна седиментации и наличии благоприятных течений, приносивших их на планктонной стадии развития на территорию залива Терезы Клавенес.

Находки юрских фораминифер из разрезов залива Терезы Клавенес подтверждают палеогеографические реконструкции бореальных районов России, представленные ранее [7–9; 11]. Согласно этим построениям, с северной стороны современного п-ова Таймыр существовал палеобассейн, соединявший Западную Сибирь и Верхояно-Колымский регион. По новым данным, территория Таймырского полуострова была не только источником сноса осадочного материала в акваторию этого палеобассейна, но местами являлась и его частью (рис. 6).

Сходство изученных отложений со свитами, выделяемыми на севере Сибири, и похожий таксономический состав фораминифер указывают на то, что в юрское время территория залива Терезы Клавенес и примыкающая к нему часть акватории моря Лаптевых в ранне-среднеюрское время являлась также частью Лаптево-Анабарско-Ленского палеобассейна.

**Заключение.** В юрских отложениях залива Терезы Клавенес наблюдаются те же закономерности в изменениях вещественного состава, что и на севере Сибири. В тоар-ааленской части разреза эти изменения настолько характерны, что позволяют сопоставлять свиты, выделяемые

в устье р. Анабар и на мысе Цветкова (китербютскую, хоргонскую и арангастахскую).

Фораминиферы из этих отложений представлены четырьмя комплексами: геттанг?-плинсбахским, плинсбахским, тоарским и ааленским. Виды, составляющие эти комплексы (таблица), характерны для бореально-арктических районов (север Сибири, Арктическая Канада, северо-восток России, акватории Карского и Баренцевого морей).

По совокупности данных о таксономическом составе комплексов фораминифер и вещественном составе пород, содержавших эти комплексы, установлено, что территория залива Терезы Клавенес в юрское время являлась частью Лаптево-Анабарско-Ленского палеобассейна. Но глубина этой части юрского палеобассейна в то время составляла примерно 10–20 м.

1. Алексеев М. А. Фораминиферы рода *Glomospira* из опорного разреза юрских отложений дельты р. Лена // Региональная геология и металлогения. – 2012. – № 50. – С. 37–45.

2. Алексеев М. А. Фораминиферы и палеогеография юры Лено-Анабарского прогиба (Средняя Сибирь) // Региональная геология и металлогения. – 2014. – № 57. – С. 48–37.

3. Алексеев М. А. Новые таксоны фораминифер отряда *Verneuilinida* из тоар-ааленских отложений севера Средней Сибири // Палеонтологический журнал. – 2015. – № 6. – С. 3–13.

4. Алексеев М. А., Шнейдер Г. В. Юрские фораминиферы из разрезов скважин в заливе Терезы Клавенес (восточное побережье п-ова Таймыр) // Морфологическая эволюция и стратиграфические проблемы: Материалы LXV сессии Палеонтологического общества при РАН. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2019. – С. 6–8.

5. Герке А. А. Фораминиферы пермских, триасовых и лейасовых отложений нефтеносных районов Севера

Сибири. — Л.: Гостоптехиздат, ЛО, 1961. — 518 с. (Труды НИИ геологии Арктики, т. 120).

6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Серия Таймырская. Листы Т-47-XXVIII, XXIX, XXX (р. Марга); Т-48-XIX, XX; XXI (п. ст. Челюскин); Т-48-XXII, XXIII, XXIV (о-в Самуила); Т-48-XXV, XXVI, XXVII (плато Лодочникова); Т-48-XXVIII, XXIX, XXX (залив Симса). Объяснительная записка. — М., 2000. — 186 с.

7. Никитенко Б. Л. Стратиграфия, палеобиогеография и биофашии юры Сибири по микрофауне (фораминиферы и остракоды). — Новосибирск: Параллель, 2009. — 680 с.

8. Никитенко Б. Л. Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и boreальный зональный стандарт / Б. Л. Никитенко, Б. Н. Шурыгин, В. Г. Князев, С. В. Меледина, О. С. Дзюба, Н. К. Лебедева, Е. Б. Пешевичкая, Л. А. Глинских, А. А. Горячева, С. Н. Хафаева // Геология и геофизика. — 2013. — Т. 54, № 8. — С. 1047–1082.

9. Сакс В. Н. Избранные труды: в 2 т. Т. 1: Биостратиграфия и палеобиогеография мезозоя Сибири / гл. ред. А. Э. Конторович; сост.: Б. Н. Шурыгин, С. В. Меледина. — Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2007. — 643 с.

10. Шнейдер Г. В., Ефремова В. И., Седов В. Н. Стратиграфия и условия формирования мезозойских отложений северо-восточной оконечности Таймырского полуострова // Геологическое строение и полезные ископаемые северо-восточной части Таймырского полуострова. — Л., 1989. — С. 22–34.

11. Шурыгин Б. Н., Никитенко Б. Л., Девятков В. П. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. — 480 с.

12. Bartenstein H., Brand E. Mikropaleontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des nordwestdeutschen Lias und Doggers // Abhandl. Senckenberg. Natur. Gesellsch. — 1937. — N 439. — 239 p.

13. Tappan H. Foraminifera from the Arctic Slope of Alaska. Part 2: Jurassic foraminifera // Geological Survey, Professional Paper 236-B. — 1955. — Pp. 21–90.

1. Alekseev M. A. Foraminifera of the genus *Glomospira* from the reference section of the Jurassic deposits of the delta of the river Lena. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2012. No 50, pp. 37–45. (In Russian).

2. Alekseev M. A. Foraminifera and paleogeography of the Jurassic of the Lena-Anabar Trough (Middle Siberia). *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2014. No 57, pp. 48–37. (In Russian).

3. Alekseev M. A. New taxa of the foraminifera of the order Verneuilinida from Toar-Aalen deposits of the north of Central Siberia. *Paleontologicheskij zhurnal*. 2015. No 6, pp. 3–13. (In Russian).

4. Alekseev M. A., Shneyder G. V. Jurassic foraminifera from well sections in Teresa Claveness Bay (east coast of the Taimyr Peninsula). *Morphological evolution and stratigraphic problems: Materials of the LXV session of the Paleontological Society at the Russian Academy of Sciences*. St. Petersburg: VSEGEI Kartfabrika. 2019. Pp. 6–8. (In Russian).

5. Gerke A. A. Foraminifera of Permian, Triassic, and Leiasian deposits of oil-bearing regions of the North of Siberia [Foraminifery permskikh, triasovykh i leiasovykh otlozheniy neftenosnykh rayonov Severa Sibiri]. Leningrad: Gostoptekhizdat. 1961. 518 p.

6. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 200 000. Seriya Taymyrskaya. Listy T-47-XXVIII, XXIX, XXX (r. Marga); Т-48-XIX, XX; XXI (p. st. Chelyuskin); Т-48-XXII, XXIII, XXIV (o-v Samuila); Т-48-XXV, XXVI, XXVII (plato Lodochnikova); Т-48-XXVIII, XXIX, XXX (zaliv Simsa). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:200,000. Series Taimyr. Sheets T-47-XXVIII, XXIX, XXX (Marga River); Т-48-XIX, XX; XXI (p. st. Chelyuskin); Т-48-XXII, XXIII, XXIV (Samuel Island); Т-48-XXV, XXVI, XXVII (Lodochnikova plateau); Т-48-XXVIII, XXIX, XXX (Sims Bay). Explanatory Note]. Moscow. 2000. 186 p.

7. Nikitenko B. L. Stratigrafiya, paleobiogeografiya i biofatsii yury Sibiri po mikrofaune (foraminifery i ostrakody) [Stratigraphy, paleobiogeography and biofacies of the Jurassic of Siberia by microfauna (foraminifera and ostracods)]. Novosibirsk: Parallel'. 2009. 680 p.

8. Nikitenko B. L., Shurygin B. N., Knyazev V. G., Meledina S. V., Dzyuba O. S., Lebedeva N. K., Peshchevitskaya E. B., Gliniskikh L. A., Goryacheva A. A., Khafaeva S. N. Stratigraphy of the Jurassic and Cretaceous of the Anabar Region (Arctic Siberia, the coast of the Laptev Sea) and the boreal zone standard. *Geologiya i geofizika*. 2013. Vol. 54. No 8, pp. 1047–1082. (In Russian).

9. Saks V. N. Izbrannye trudy: v 2 t. T. 1: Biostatigrafiya i paleobiogeografiya mezozoya Sibiri [Selected works: in 2 volumes. Vol. 1: Biostatigraphy and paleobiogeography of the Mesozoic of Siberia]. Ed. by A. E. Kontorovich (Ch. ed.), B. N. Shurygin, S. V. Meledina (comp.). Novosibirsk: Akadem. izd-vo «Gео». 2007. 643 p.

10. Shneyder G. V., Efremova V. I., Sedov V. N. Stratigraphy and conditions for the formation of Mesozoic deposits of the northeastern tip of the Taimyr Peninsula. *Geological structure and minerals of the northeastern part of the Taimyr Peninsula*. Leningrad. 1989. Pp. 22–34. (In Russian).

11. Shurygin B. N., Nikitenko B. L., Devyatov V. P. i dr. Stratigrafiya neftegazonosnykh basseynov Sibiri. Yurskaya Sistema [Stratigraphy of oil and gas basins of Siberia. Jurassic system]. Novosibirsk. 2000. 480 p.

12. Bartenstein, H., Brand, E. 1937: Mikropaleontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des nordwestdeutschen Lias und Doggers. *Abhandl. Senckenberg. Natur. Gesellsch.* 439. 239.

13. Tappan, H. 1955: Foraminifera from the Arctic Slope of Alaska. Part 2: Jurassic foraminifera. *Geological Survey, Professional Paper 236-B*. 21–910.

*Alekseev Mikhail Andreevich* — канд. геол.-минерал. наук, науч. сотрудник, ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <ganimed14@mail.ru>  
*Шнейдер Геннадий Владимирович* — зам. зав. сектором, ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <Gennadiy\_Shneyder@vsegei.ru>

*Alekseev Mikhail Andreevich* — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Researcher, VSEGEI<sup>1</sup>. <ganimed14@mail.ru>

*Shneyder Gennadiy Vladimirovich* — Deputy Head of Sector, VSEGEI<sup>1</sup>. <Gennadiy\_Shneyder@vsegei.ru>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.

А. А. КРЕМЕНЕЦКИЙ, А. Г. ПИЛИЦЫН, Л. И. ВЕРЕМЕЕВА (ИМГРЭ),  
А. Ф. МОРОЗОВ (Роснедра), О. В. ПЕТРОВ (ВСЕГЕИ),  
Е. И. ПЕТРОВ (МНР РФ)

## Эволюция фундамента, рифтогенез и нефтегазоносность Циркумполярной Арктики

Рассмотрена геолого-геохимическая история развития фундамента Циркумполярной Арктики, показана пространственно-временная унаследованность базовых структурно-тектонических таксонов на домезозойском, мезозойском и кайнозой-четвертичном этапах. Мезозойский вулканогенно-терригенный плитный чехол акустического фундамента Американо-Евразийского бассейна использован как надежный репер при обосновании непрерывности российской континентальной окраины в системе: прибрежная суша – шельф – глубоководные поднятия и хребты. Охарактеризованы разновозрастные группы рифтогенных структур Циркумполярной Арктики, отражена связь юрско-меловых рифтов с замыканием Восточно-Тихоокеанского, а кайнозой-четвертичных – Срединно-Атлантического глобальных спрединговых поясов. Формирование хребта Гаккеля связывается с начальной рифтовой стадией без значительного раздвига дна Евразийского бассейна. Обоснован значительный вклад разновозрастных рифтовых систем в существующий и прогнозный потенциал нефтегазоносности и рудоносности Циркумполярной Арктики.

*Ключевые слова:* геология, геохимия, тектоника, эволюция, фундамент, рифты, минерагения, нефтегазоносность, Северный Ледовитый океан.

A. A. KREMENETSKIY, A. G. PILITSYN, L. I. VEREMEEVA (IMGRE),  
A. F. MOROZOV (Rosnedra), O. V. PETROV (VSEGEI),  
E. I. PETROV (MNR RF)

## Circumpolar Arctic: Basement evolution, rifting and hydrocarbon potential

The paper portrays geological and geochemical history of the Circumpolar Arctic basement evolution; spatiotemporal inheritance of the basic structural and tectonic taxa during the pre-Mesozoic, Mesozoic and Cenozoic-Quaternary stages is demonstrated. The Mesozoic volcanic-terrigenous plate cover overlaying the acoustic basement of the Amerasian Basin is considered as a reliable benchmark for substantiating the continuity of the continental slope in the littoral – shelf – deep-sea rises and ridges system. Various age groups of riftogenic structures of the Circumpolar Arctic and the relationships of Jurassic-Cretaceous rifts to the closure of the East Pacific global spreading belt and Cenozoic-Quaternary rifts to the Mid-Atlantic one are characterized. The formation of the Gakkell Ridge is associated with the initial rifting without significant bottom expansion of the Eurasian Basin. Considerable contribution of rift systems of various ages to the established and predicted hydrocarbon and mineral potential of the Circumpolar Arctic are substantiated.

*Keywords:* geology, geochemistry, tectonics, evolution, basement, rifts, metallogeny, hydrocarbon potential, the Arctic Ocean.

*Для цитирования:* Кременецкий А. А. Эволюция фундамента, рифтогенез и нефтегазоносность Циркумполярной Арктики / А. А. Кременецкий, А. Г. Пилицын, Л. И. Веремеева, А. Ф. Морозов, О. В. Петров, Е. И. Петров // Региональная геология и металлогения. – 2020. – № 83. – С. 14–32.

Как известно, Циркумполярная Арктика обладает огромным минерагеническим потенциалом. Здесь сосредоточено около 40 % российских запасов золота, 60 % нефти, 75 % газа и 100 % коренных месторождений алмазов, а также значительные ресурсы Ni, Cu, МПГ, Au, Ag, Sn, редких и редкоземельных металлов. В то же время геологическое строение и история тектонического развития этого сегмента коры до сих пор продолжают оставаться предметом научных дискуссий между сторонниками разных школ и геотектонических парадигм. Одна из

объективных причин – недостаточная геологическая изученность шельфа арктических морей и архипелагов, а также труднодоступность для исследований глубоководного ложа Северного Ледовитого океана (СЛО). Все это создает соответствующие трудности при прослеживании непрерывности геологических компонентов континентальной окраины Американо-Евразийского бассейна, а также разработке критериев систематики, условий формирования и вклада в минерагенический потенциал разновозрастных рифтогенных структур.

Почти две трети территории Циркумполярной Арктики занимает осадочный чехол: около 60 % на консолидированной коре материков и 95 % – акустическом фундаменте СЛО. Гетерогенность и гетерохронность последнего, выявленные при анализе сейсмических и геологических данных по крайним шельфовым и глубоководным бассейнам, отражена на схеме тектонического районирования Арктики [27]. Для усиления доказательств обоснования внешней границы континентального шельфа России и корректировки контуров прогнозируемых рудных и нефтегазовых площадей в работе предпринята попытка реконструировать историю формирования фундамента Циркумполярной Арктики и оценить вклад отдельных ее этапов в обеспечение непрерывности российской континентальной окраины СЛО в системе: прибрежная суша – шельф – глубоководные поднятия и хребты. Вторая задача – оценить влияние разновозрастных рифтогенных систем на возникновение структурных неоднородностей в осадочном чехле, перекрывающем акустический фундамент, благоприятных для аккумуляции и, как следствие, поиска нефтегазовых залежей.

На основе исследований, проведенных в экспедиции «Арктика-2012» [10; 17], а также при составлении геохимической карты российского сектора Арктики м-ба 1 : 2 500 000 [15] и обобщения геологических и геофизических материалов по Циркумполярной Арктике [2; 4; 5; 7; 19; 21; 27; 32; 38], предлагается нижеследующая модель структурно-тектонической эволюции фундамента этого сегмента коры на домезозойском, мезозойском и кайнозой-четвертичном этапах.

**Домезозойский этап.** Принимая во внимание известную специфику строения, состава и эволюции докембрийской коры континентов [15], а также обосновывающую ее модель горячей гетерогенной аккреции Земли (В. С. Шкодзинский, 2014), полагаем, что дорифейский фундамент Циркумполярной Арктики представлял собой единый фрагмент кислой протокры (А. А. Кременецкий, Л. Н. Овчинников, 1983, 1986), рост и трансформация которой в архей-протерозойское время завершились формированием Северо-Американского, Фенноскандинавского, Сибирского и Яно-Чукотско-Аляскинского кратонов. Вследствие латеральной неоднородности кислой протокры разделяющая их межкратонная центральная арктическая область была, по-видимому, тоньше и тем самым обусловила заложение здесь трансарктической геодепрессии с маломощной (30–35 км) корой на месте современных шельфовых морей и утоненной (20–30 км) (С. Н. Кашубин и др., 2013) в ныне глубоководном ложе Амеразийского бассейна. Контур этой геодепрессии, выявленные при районировании неотектонических морфоструктур и потенциальных полей Циркумполярной Арктики, а также реконструкции площади ее распространения на период до кайнозойского

спрединга [15], прослеживаются через всю акваторию СЛО от Восточно-Европейской и Западно-Сибирской до Северо-Американской платформ (рис. 1, а, б), подтверждая ее особую роль в строении и эволюции Арктической континентальной коры [20]. Химические составы архейских щитов, перечисленных выше кратонов, близки между собой и отвечают среднему составу гранодиорита. Составы толщ протерозойских метапесчаников и метаргиллитов, соответственно, так же близки и комплементарны гранодиориту как базовому источнику их ближнего сноса.

В истории деформаций докембрийского фундамента Циркумполярной Арктики, наряду с активным проявлением в краевых частях кратонов гренвильской, байкальской и каледонской складчатостей, ключевыми представляются две эпохи структурной и тектоно-магматической активизации Арктического палеоконтинента.

*Первая эпоха* – заложение в рифее трансарктической сбросо-сдвиговой тектонической зоны, приведшей к расчленению Арктического палеоконтинента на Североамериканско-Свеконорвежский и Евразийский мегакратоны (рис. 1, а). Положение западной ветви этой зоны в гравимагнитных полях и на геологическом разрезе Канадского арктического архипелага показано на рис. 2. Подобная субширотная транскратонная рифейская рифтогенная зона (Midcontinent rift) отделяет Канадский щит от платформы в районе оз. Верхнее. Пробуренные здесь глубокие скважины дали притоки углеводорода с повышенным содержанием водорода и азота abiогенного изотопного состава [23].

В кайнозойское время сбросо-сдвиговая трансарктическая тектоническая зона стала барьером на пути продвижения Северо-Атлантических хребтов в Арктику (Шпицбергенско-Гренландская зона разломов [28]). Сформированный в границах этой зоны хр. Книповича, в отличие от соседних с ним хребтов Мона и Гаккеля, характеризуется мозаично-нерегулярным магнитным полем [1], а слагающие его базальты, согласно изотопно-геохимическим данным [26], образовались в том числе при контаминации мантийных расплавов материалом сиалической коры. С этой же эпохой мы связываем заложение Полярноуральского внутриконтинентального рифтового пояса с верхнерифей-вендскими субшелочными базальтоидами и дунит-клинопироксенит-габброво-диабазовыми плутонами (591 млн лет) (В. С. Бочкарёв и др., 2012) и, наконец, широкое развитие рифейских внутриконтинентальных рифтовых трогов (Мезенского, Кандакшско-Двинского, Среднерусского (рис. 1, а, таблица) и ареалов базитового магматизма на древних платформах [13].

*Вторая эпоха* – средне-верхнепалеозойский внутриконтинентальный рифтогенез на древних платформах, включая тектоно-магматическую активизацию неопротерозойских авлакогенов. В пределах домезозойского фундамента Циркумполярной Арктики это Центрально-Шпицбергенская, Печоро-Колвинская, Варандей-Адзвинская,

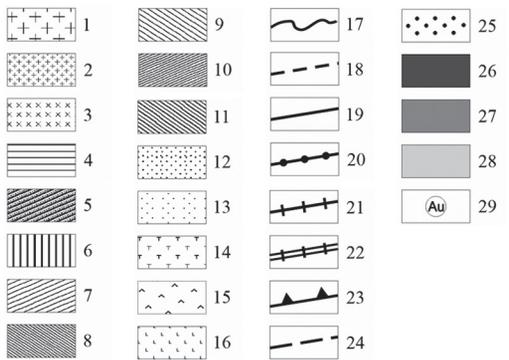
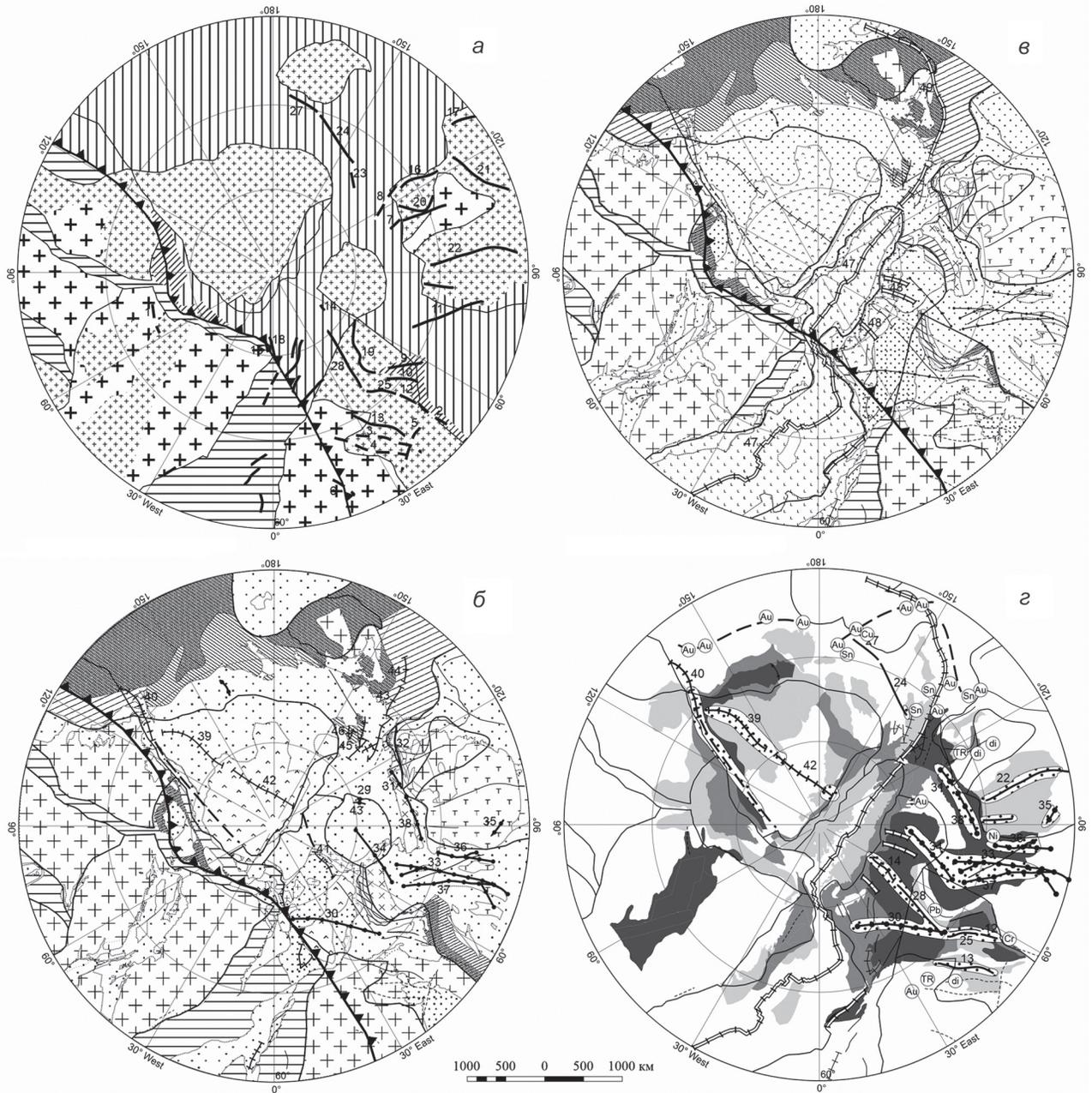
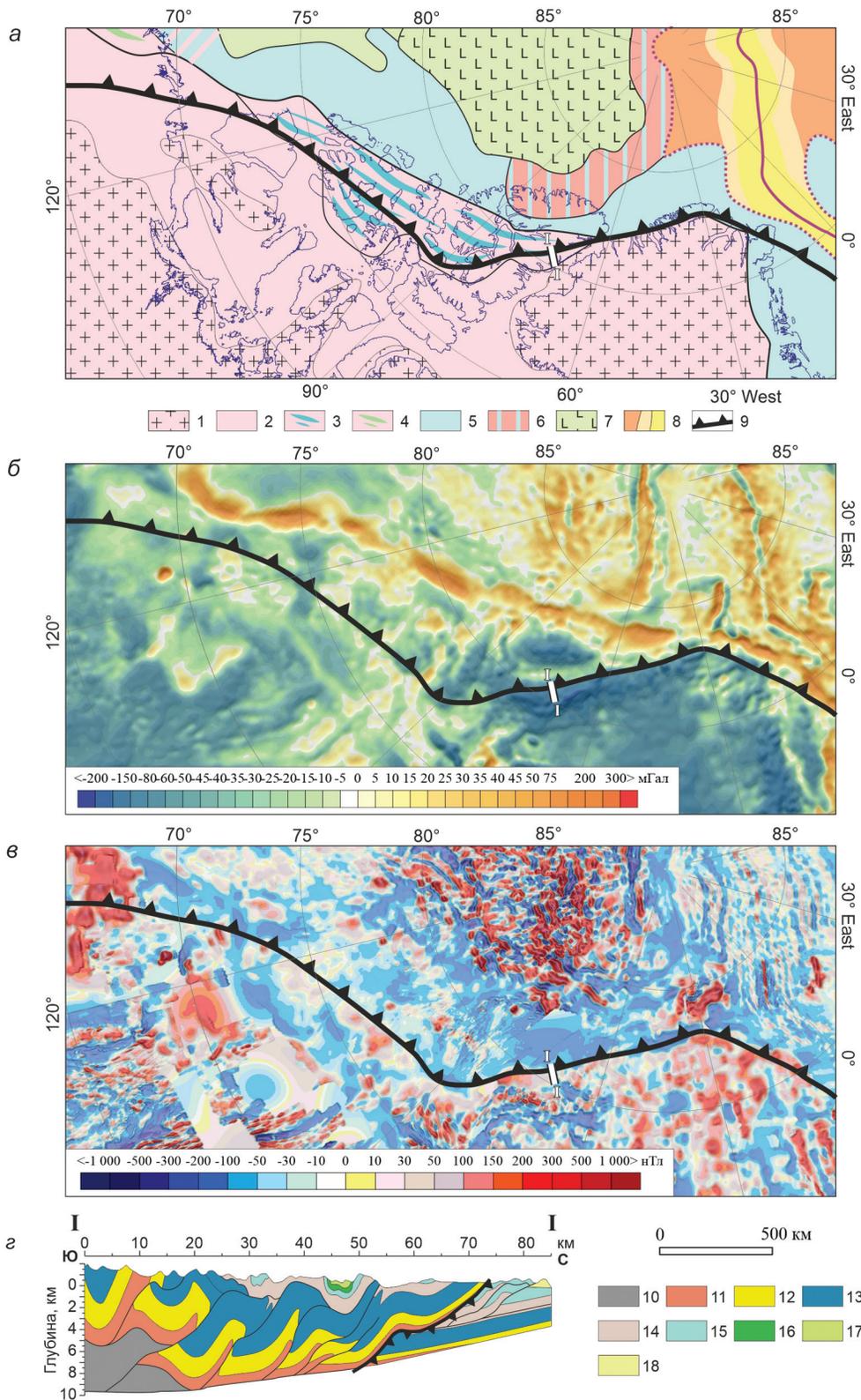


Рис. 1. Схема структурно-тектонической эволюции фундамента Циркумплярной Арктики на домезозойском (а), мезозойском (б), кайнозой-четвертичном (в) этапах и минерагеническое районирование в связи с рифтогенными структурами (г)

1 – шиты; 2 – древние платформы; 3 – молодые платформы; 4 – каледонские складчатые пояса; 5 – герцинские складчатые пояса; 6 – коллаж PR-PZ коровых блоков, консолидированных в верхнем палеозое – триасе; 7 – складчатые платформенные чехлы, эпикратонные осадочные комплексы, деформированные в мезозое; 8 – коллаж неопротерозойских коровых блоков с интенсивной тектоно-магматической переработкой в мезозое; 9 – аккреционно-коллизийный складчатый тиманский пояс, переработанный в мезозое; 10 – позднепалеозойский и раннемезозойский аккреционно-коллизийные складчатые пояса; 11 – мезозойский аккреционно-коллизийный складчатый пояс; 12 – триасовые отложения; 13 – юрско-меловые отложения; 14–16 – покровы базальтов (14 – раннетриасовые, 15 – меловые, 16 – раннекайнозойские); 17 – границы блоков фундамента по потенциальным полям (Е. Д. Мильштейн, 2015); 18–22 – разновозрастные рифты (18 – рифейские, 19 – девонские, 20 – пермско-триасовые, 21 – юрско-меловые, 22 – кайнозойские); 23 – сбросо-сдвиговое тектоническое нарушение; 24 – предполагаемые тектонические нарушения; 25–28 – провинции УВ (25 – околорифтовые, 26 – высоко-ресурсные, 27 – среднересурсные, 28 – низкоресурсные); 29 – рудные месторождения

## Рифтогенные структуры Циркумполярной Арктики

Возраст	Районы	Рифты и рифтогенные структуры	Номер на рис. 1
RF	Северо-Американская платформа	Рифт пролива Ланкастер	1
	Восточно-Уральский складчатый пояс	Полярноуральский	2
	Восточно-Европейская платформа	Мезенский	3
		Кандалакшско-Двинский	4
		Среднерусский	5
		Ладожский	6
	Сибирская платформа	Оленёкско-Бегичевский	7
		Усть-Ленский	8
D–P <sub>1,2</sub>	Восточно-Европейская платформа	Печоро-Колвинский	9
		Варандей-Адзинский	10
		Тиманский	12
		Колво-Денисовский	13
		Тимано-Печёрский	25
	Южно-Карскоморская плита	Худотей-Ямальский	11
	Свальбардская плита	Вильченковский	14
		Девонский	15
	Верхоянская складчато-надвиговая система	Центрально-Шпицбергенский	18
		Хараулахско-Таймырский	16
	Баренцевоморская плита	Сетте-Дабанский	17
Костиншарский, Восточно-Новоземельский, Гусиноземельский, Адмиралтейский		19	
Сибирская платформа	Восточно-Баренцевоморский	28	
	Уджинский	20	
	Лено-Виллойский	21	
	Маймеча-Котуйский	22	
	Лаптевоморская плита	Бельковско-Нерпалахский	23
	Новосибирско-Чукотский складчатый пояс	Южно-Анхойско-Ляховский	24
	Скандинавский складчато-надвиговый пояс	Грабен Осло	26
Верхоянско-Колымский складчатый пояс	Южно-Анхойский	27	
P <sub>3</sub> –T	Северо-Карскоморская плита	Ахматовско-Студенинский	29
	Баренцевоморская плита	Баренцевоморский	30
	Таймырский складчатый пояс	Южно-Таймырский	31
	Сибирская платформа	Лено-Анабарский	32
		Тунгусский	35
	Западно-Сибирская плита	Колтогорско-Уренгойский	33
		Игаро-Норильский	36
	Карскоморская плита	Западно-Сибирский	37
Енисей-Хатангский прогиб	Баренцево-Карскоморский	34	
J–K	Канадский бассейн	Енисей-Хатангский	38
		Канадский	39
	Северо-Американская платформа	Северо-Канадский	40
	Свальбардская плита	Александровский	41
	Амеразийский бассейн	Гиперборейский	42
	Лаптевоморская плита	Лаптевоморско-Индибирский	43
	Верхоянско-Колымский складчатый пояс	Момско-Лаптевоморский	44
	Лаптевоморская плита	Северо-Омолонский	45
Врангелевско-Геральдская, Анхойско-Чукотская складчато-надвиговые системы	Новосибирский	46	
KZ–Q	Евразийский бассейн	Колбенсей – Гаккеля	47
	Баренцевоморская плита	Желоба Орла, Воронина, Св. Анна, Франц-Виктории	48
		Верхоянско-Колымский складчатый пояс	Момский



**Рис. 2.** Положение фрагмента трансарктической сбросо-сдвиговой тектонической зоны на структурно-тектонической карте (а) [27], карте гравитационных аномалий (б), карте аномалий магнитного поля (в) и геологическом разрезе (г) [35] северной окраины Северо-Американского кратона

1 – домезопротерозойские щиты; 2 – мезо-неопротерозойский – фанерозойский осадочный чехол; 3–5 – складчатые пояса (3 – верхнепалеозойские, 4 – мезозойские, 5 – переходного типа); 6 – блок хр. Ломоносова; 7 – меловые траппы; 8 – кайнозой-четвертичные образования Евразийского бассейна; 9 – трансарктическая сбросо-сдвиговая тектоническая зона; 10 – архей-неопротерозойский фундамент; 11–17 – отложения неопротерозой-палеозойского осадочного чехла (11 – неопротерозойские, 12 – верхнекембрийские, 13 – нижнеордовикские, 14 – среднеордовикские, 15 – вехнеордовикские, 16 – силурийские, 17 – девонские); 18 – кайнозойский осадочный чехол

Уджинская, Лено-Вилуйская и другие рифтогенные системы (рис. 1, а, таблица). Палеозойские рифтогенные структуры известны также в пределах Яно-Чукотско-Аляскинского геоблока: Бельковско-Нерпалахский авлакоген ( $D_3$ ) и Южно-Анюйский рифт, тектонизированный в раннем мелу с реликтами серпентинизированных клиньев позднепалеозойских офиолитов [9]. Новые К-Аг датировки возраста офиолитов Южно-Анюйской сутуры (317–266 и 257–229 млн лет) и их геохимическая реконструкция идентифицируют эту структуру как конвергентную границу Сибирского кратона и гипотетического палеоокеана [24]. Однако представления о существовании здесь с позднего палеозоя по ранний мезозой Анюйского океана, или Прото-Арктического бассейна, могут оказаться столь же умозрительными, как и утверждение об Обском палеоокеане (С. В. Аглонов, 1992) на севере Западной Сибири до бурения Тюменской сверхглубокой скважины (СГ-6).

Базит-гипербазитовые вулканоплутонические комплексы девонских рифтов имеют близкий химический состав, отвечают континентальным условиям образования и нередко сопровождаются рудопроявлениями Ni, Cu, Cr, Pt, Ag, Ba и др. Накопленные в линейно-вытянутых рифтогенных прогибах мощные (более 10 км) девон-нижнепермские карбонатно-терригенные отложения, перекрытые триасовыми вулканогенно-терригенными образованиями, создали благоприятные условия для аккумуляции нефтегазовых залежей. Эти «сверхглубокие депрессии» протягиваются на тысячи километров, формируя региональные пояса накопления углеводородов, при этом осадочные породы на бортах таких депрессий, а также в зонах тектонических ступеней и на моноклиальных склонах не содержат полного аналогичного набора нефтегазоносных комплексов [25]. Так, Печоро-Колвинский авлакоген, наиболее крупный (до 700 км) в Тимано-Печорской нефтегазовой провинции (44 % начальных разведанных запасов и 60 % добычи нефти), заложен на месте доплитной рифей-вендской рифтогенной структуры, заполнен верхнеордовик-нижнедевонскими плитными отложениями, активизирован в средне-верхнедевонское время и перекрыт триасовыми песчаниками. Большая часть месторождений локализована в надавлагенных валах (рис. 1, а, г).

Консолидация домезозойского фундамента Циркумполярной Арктики завершилась формированием разновысоких мегакратонов, унаследовавших в палеорельефе межкратонную трансарктическую геодепрессию — Гиперборейскую платформу как продолжение Северо-Американской платформы вплоть до Яно-Чукотско-Аляскинского геоблока, а также Баренцево-Карскоморскую плиту через разделяющий их блок хр. Ломоносова (рис. 1, а).

**Мезозойский этап.** Характеризуется активным проявлением базальтового магматизма в рифтовых поясах Евразийского мегакратона,

формированием вулканогенно-терригенного плитного чехла в трансарктической геодепрессии и широким развитием киммерийской складчатости в Яно-Чукотско-Аляскинском геоблоке. Регенерация древних и заложение новообразованных рифтовых зон протекали в две стадии.

*Первая стадия* — внутриконтинентальный рифтогенез (поздняя пермь — триас) — проявилась преимущественно в пределах Восточно-Фенноскандинавского и Сибирского кратонов: Колтогорско-Уренгойская, Худотейско-Ямальская, Тунгусская и др. погребенные рифтовые системы (рис. 1, б, таблица). Геохимическое изучение вулканических пород, перекрытых осадочным чехлом Западно-Сибирской платформы и вскрытых СГ-6 на глубине 6424–7502 м, а также соседними глубокими скважинами, показало, что они представлены триасовыми (247,5 млн лет) низкокальциевыми толеитовыми базальтами, сопоставимыми с низкокальциевыми толеитовыми траппами Норильской и Маймеча-Котуйской провинций Сибирской платформы (А. А. Кременецкий, Г. С. Гладких, 1997). Близкие значения в них изотопных отношений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0,70532–0,70550 и 0,70484–0,70612) соответствуют таковым континентальным платобазальтам мира и, по-видимому, являются продуктом Сибирского суперплюма с образованием высокомагнезиальных расплавов, которые по мере подъема подвергались дифференциации с понижением содержания MgO (до 7 %) и контаминации нижнекоровыми породами с захватом в том числе радиогенного стронция. Западно-Сибирская триасовая рифтовая система, трассируемая на протяжении более 2000 км через Уренгой, Тазовскую и Гыданскую губы в Карском море [11], контролирует размещение крупнейших газовых месторождений (Русановское, Ленинградское) и определяет решающий вклад в прогнозируемый нефтегазовый потенциал этой провинции, оцениваемый в 35 % (доля Восточно-Баренцевоморской провинции — 17 %) общего нефтяного эквивалента Арктики (362 млрд баррелей) [18; 31].

Рифтовые зоны *второй стадии* (верхняя юра — мел) пространственно тяготеют к северному замыканию Восточно-Тихоокеанского спредингового пояса. Учитывая это, реконструкция условий зарождения и размещения рифтогенных поясов Циркумполярной Арктики этого возраста проводилась с позиции представлений [6; 16] о строении и эволюции мировой рифтовой системы с главными ее элементами — почти непрерывным кольцом субширотных спрединговых зон, окаймляющих Антарктиду и отходящих от него к северу четырех субмеридиональных поясов (рис. 3, а). Согласно геофизическим данным и результатам глубоководного бурения, на некоторых участках хребтов современных океанов процесс спрединга начался в позднеюрское (чаще ранне-позднемилоевое) время и продолжался в течение всего кайнозоя. Как известно, в Тихом океане периодичность тектоно-магматических процессов проявилась с разной интенсивностью, в разное время

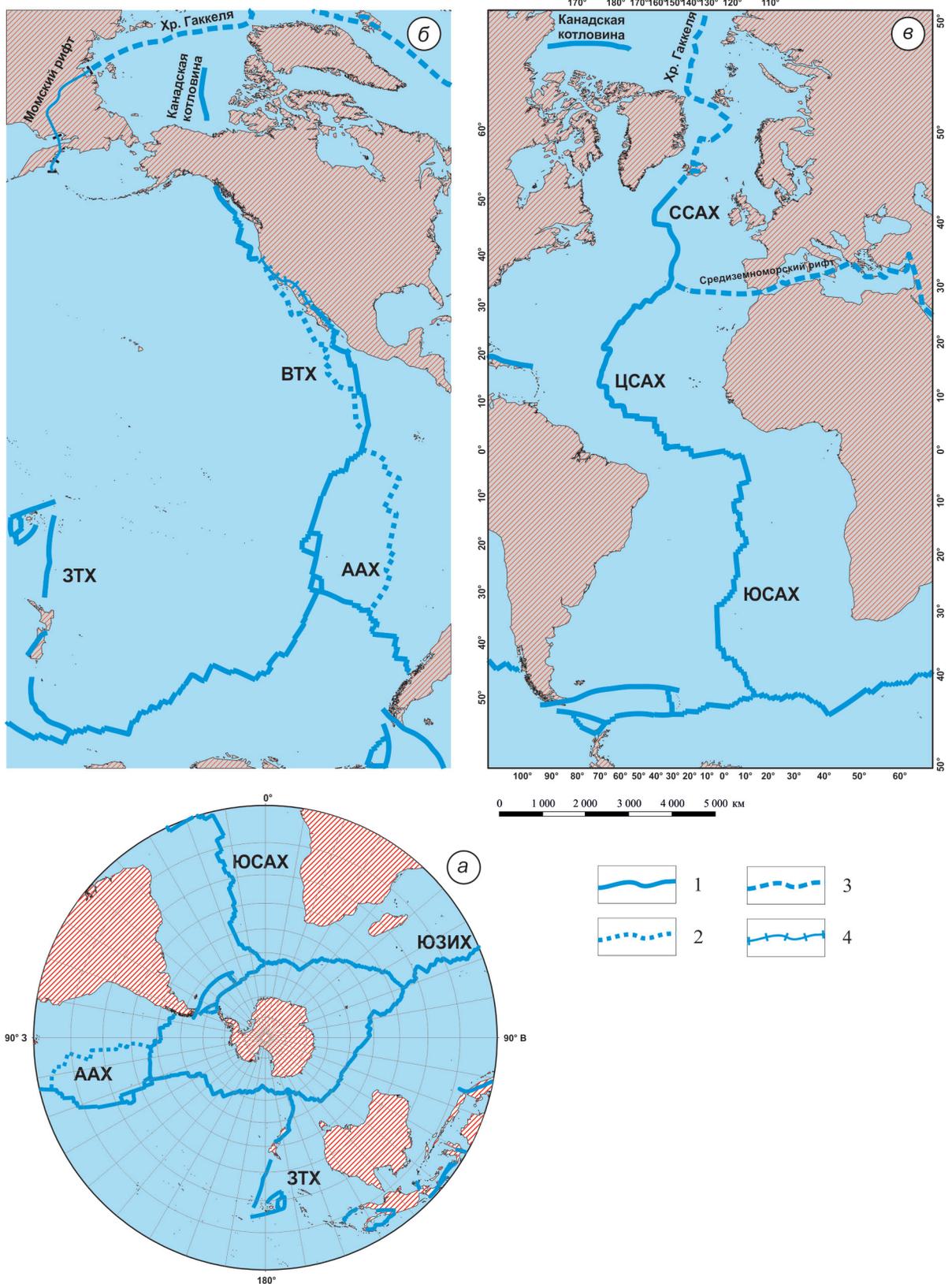


Рис. 3. Схема строения мировой рифтовой системы (а) и областей перехода океанических хребтов во внутриконтинентальные (б, в). По [6; 16] с дополнениями авторов

1 – океанические хребты: ААХ – Америко-Антарктический; ВТХ – Восточно-Тихоокеанский; ЗТХ – Западно-Тихоокеанский; ССАХ – Северный Срединно-Атлантический; ЦСАХ – Центральный Срединно-Атлантический; ЮЗИХ – Юго-Западный Индийский; ЮСАХ – Южный Срединно-Атлантический; 2 – древняя ось спрединга; 3 – рифты переходных зон; 4 – внутриконтинентальные рифты

(от позднего триаса до миоцен-голоцена) и сопровождалась новообразованием субмеридиональных и субширотных рифтов, нередко наследующих более древние оси спрединга. Одна из таких осей, функционировавшая с поздней юры до позднего миоцена, известна западнее Восточно-Тихоокеанского спредингового пояса между хр. Математиков на юге и Клиппертон – на севере (Э. Д. Голубева, 2009; В. Е. Хаин, 2001) (рис. 3, б). Геолого-геохронологические исследования магматических комплексов гребневой зоны Срединно-Атлантического хребта (САХ) с диапазоном формирования от средней юры (169 млн лет) до плейстоцена [12; 30; 36] выявили здесь возрастные пики ксеногенных и магматогенных генераций цирконов (2800, 1800, 1000, 550, 275, 170 и 80–0,5 млн лет), совпадающие с эпохами тектоно-магматической активизации на соседних материках, указывая, с одной стороны, на возможное присутствие здесь реликтов доокеанической литосферы, с другой – на согласованный геодинамический режим развития континентов и разделяющих их океанов (О. Г. Шулягин и др., 2019). Известно также, что при продвижении субмеридиональных спрединговых поясов на север в переходную зону океан – континент и особенно при пролонгации их вглубь континента (рис. 3, б, в) они, встречая на своем пути блоки с более высокой прочностью пород или поперечные разломы, могли резко менять свое первоначальное направление и провоцировать в этих местах образование сдвигово-раздвиговых транзитных зон с возникновением встречных, в том числе инициальных, рифтовых систем (А. В. Кохан и др., 2016). Мантийные расплавы в таких зонах, как правило, контаминированы материалом сиалической коры, смещая геохимические и изотопно-геохимические характеристики вулканических пород рифтов в область континентальных геодинамических обстановок, и обеспечивают широкомасштабные излияния траппов.

Таким образом, северное замыкание Восточно-Тихоокеанского спредингового пояса могло явиться триггерным механизмом формирования в Арктике верхнеюрско-кайнозойского Канадского рифта в одноименном бассейне СЛО с синхронным заложением субпараллельной тектонической зоны вдоль северной границы Иннуитского складчатого пояса (между островами Принс-Патрик и Элсмир) (рис. 3, б). Естественным продолжением Канадского рифта могли быть также ранее-позднемиеловые рифты Гиперборейской платформы, перекрытые синхронными траппами, и, возможно, активизация рифтовых структур Баренцевоморской плиты (рис. 1, б). Намеченный глобальный рифтогенный пояс трассируется почти непрерывной зоной сейсмоактивности и системой мел-кайнозойских нефтегазоносных бассейнов: Южно-Калифорнийский – Южно-Аляскинский – грабены Северо-Американских Кордильер – дельта р. Маккензи – море Бофорта. Второй областью глобальной активизации, связанной с этим этапом, может

быть линейная зона Брукско-Чукотско-Новосибирского складчатого пояса, на шельфе которого сосредоточены все известные провинции углеводородов: Северный склон Аляски (месторождение Купарук-Ривер и др.), Восточно-Арктическая, Новосибирско-Чукотская и Лаптевоморская нефтегазоносные провинции. Источником углеводородов последних могли быть палеозой-мезозойские отложения; миграция – в позднем мелу – кайнозое. Доля извлекаемых запасов нефти здесь не превышает 20 %, а газа – 10 % от соответствующих суммарных извлекаемых запасов на российских шельфах [8]. Что же касается Американо-Тихоокеанского глубоководного бассейна, то, по оценкам геологической службы США [18], прогнозируемая доля его нефтегазовых объектов составляет 17 % общего нефтяного эквивалента Арктики, а Канадского бассейна – всего 5,4 %. Однако обобщение сейсмических материалов и изучение отражательной способности витринита (OCB-Ro) осадочных пород Канадской котловины позволили дать более высокую оценку ее нефтегазоносности, благодаря многочисленным проявлениям разломной тектоники и рифтогенеза, а также связанными с ними структурными и неструктурными ловушками и наличием зон мезо- и апокатагенеза [3].

Итак, к концу мела в фундаменте Евразийского мегакратона было сформировано несколько мезозойских континентальных рифтовых систем, ориентированных в Баренцевоморско-Бофортском направлении (рис. 1, б, таблица). Сравнительный анализ химических и изотопно-геохимических характеристик основных магматических комплексов этих рифтовых систем подтверждает представления большинства исследователей о двух их источниках, отличающихся по времени – Сибирском суперплюме и Баренцевско-Американо-Тихоокеанском плюме (Э. В. Шипилов, Л. И. Лобковский, 2016), и, соответственно, о различных геодинамических обстановках их формирования: внутриконтинентальный раннемезозойский рифтинг в Карскоморском бассейне и прилегающих окраинах Восточно-Фенноскандинавского и Сибирского кратонов и верхнеюрско-меловой рифтинг в Американо-Тихоокеанском бассейне под влиянием Восточно-Тихоокеанского спредингового пояса. Последнее, вместе с активностью Тихоокеанского сегмента коры, оказало существенное влияние на интенсивность киммерийской складчатости и формирование наложенных вулканических поясов в Яно-Чукотско-Аляскинском геоблоке, домезозойский сиалический фундамент которого испытал неопротерозойский реоморфизм и рифейскую региональную деструкцию с инъекциями в межблоковые зоны девонских базит-гипербазитов и триасовых траппов.

Локализация тектоно-магматической активности в рифтовых поясах второй стадии способствовала созданию в трансарктической геодепрессии условий формирования мезозойского плитного чехла (рис. 3, б, 4, а). Максимальная

**Аноийская и Чаунская складчатые зоны**

Эра-тема	Система	Отдел	Состав
KZ	N		
MZ	K	K <sub>2</sub>	
		K <sub>1</sub>	

**Новосибирские острова  
Острова Бельковский, Столбовой,  
Котельный**

Эра-тема	Система	Отдел	Состав
KZ	N		
MZ	K	K <sub>2</sub>	
		K <sub>1</sub>	

**Острова Де-Лонга  
Острова Беннетта, Жохова**

Эра-тема	Система	Отдел	Состав
KZ	N		
MZ	K	K <sub>2</sub>	
		K <sub>1</sub>	

**Хребт Ломоносова**

Эра-тема	Система	Отдел	Состав
KZ	N	N <sub>1</sub>	
MZ	K	K <sub>2</sub>	
		K <sub>1</sub>	

Эра	Система	Мощность	Состав	Доля основных типов пород, %
KZ		550		T-100
MZ	K	2500		B-60 T-40
		J	1300	T-80 B-20
	T	4150		T-90 B-10
PZ <sub>1</sub>	P			T-100
	C	2300		K-70 T-30
PZ <sub>2</sub>	D	2100		K-60 T-40
	S			
PZ <sub>1</sub>	O			
	Cm			
PR	PR <sub>1</sub>			M-100
	PR <sub>2</sub>			
	PR <sub>3</sub>			
AR				M-100

Эра	Система	Мощность	Состав	Доля основных типов пород, %
KZ		300		T-100
MZ	K	500		T-95 B-5
	J	500		T-80 K-20
PZ <sub>3</sub>	T	760		T-78 K-22
	P	1300		T-99 B-1
PZ <sub>1</sub>	C	1500		T-59 K-40 B-1
	D	4600		K-56 T-44
PZ <sub>2</sub>	S	1210		K-88 T-12
	O	1490		K-98 T-2
PR	PR <sub>1</sub>	2000		M-100
	PR <sub>2</sub>			
AR				

Эра	Система	Мощность	Состав	Доля основных типов пород, %
KZ		600		B-100
MZ	K	1000		B-80 T-20
		J		
PZ <sub>3</sub>	T	1200		T-90 K-10 (в грабелях)
	P			
PZ <sub>1</sub>	C			
	D			
PZ <sub>2</sub>	S			
	O			
PR	PR <sub>1</sub>	850		T-85 B-13 K-2
	PR <sub>2</sub>			
PR	PR <sub>1</sub>			M-100
	PR <sub>2</sub>			
AR				M-100

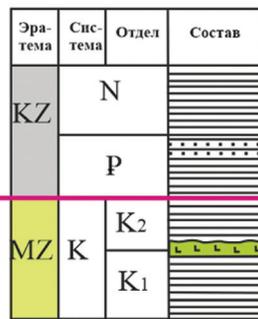
Эра	Система	Мощность	Состав	Доля основных типов пород, %
KZ		550		T-100
MZ	K	900		T-75 B-25
		J	600	
PZ <sub>3</sub>	T	600		T-100
	P	200		T-100
PZ <sub>2</sub>	C	300		T-50 K-50
	D	300		T-50 K-50
PZ <sub>1</sub>	S	?		M-50T-50
	O	?		M-50T-50
PR	PR <sub>1</sub>			T-60 M-40
	PR <sub>2</sub>	4000		T-60 M-40
	PR <sub>3</sub>			M-100
	PR <sub>4</sub>			M-100
AR				M-100

мощность раннетриасовых осадков (до 2–3 км) зафиксирована в Баренцево-Карскоморском и Западно-Сибирском бассейнах. В Американо-Сибирском бассейне триасовые отложения сосредоточены главным образом вдоль окраины Северо-Американского кратона и Яно-Чукотско-Аляскинского полискладчатого пояса. Особенности вещественного состава триасовых песчаников (аркозовые со слюдой) и преобладающие максимумы U-Pb датировок возраста содержащихся в них цирконов (1800, 500 и 300 млн лет) [34] свидетельствует о том, что они образовались при размытии докембрийских гранитогнейсов и магматических пород каледонского и герцинского этапов.

Площадное накопление плитного чехла в трансарктической геодепрессии приходится на юрско-позднемиоценовое время; минимальная мощность терригенных отложений фиксируется на подводных поднятиях (до 1 км); максимальная (более 1 км) – в рифтогенных прогибах. Правильность сейсмо-стратиграфических построений (рис. 4, а) косвенно подтверждается тем, что на полихронных графиках U-Pb возраста детритовых цирконов из голоценовых рыхлых осадков (80–780 млн лет) преобладают частотные пики продуктов выветривания мезозойских базальтоидов из мезозойского плитного чехла на хр. Ломоносова и поднятии Менделеева: 250, 150, 125 и 100 млн лет (экспедиции «Арктика-2007»

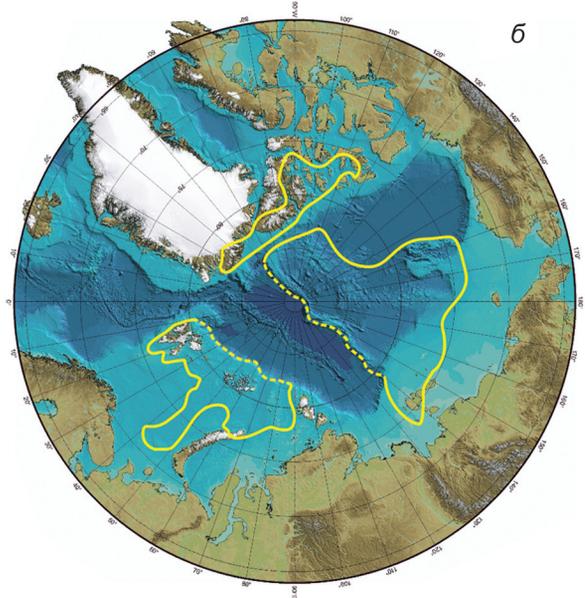
Поднятие Менделеева

Поднятие Альфа



а

б



Эра	Система	Мощность	Состав	Далее основные типы пород, 45
KZ		700		K-100
	K <sub>1,2</sub>			B-100
MZ	K <sub>1</sub>	700		T-100
	J	900		T-100
	T	200		T-100
PZ <sub>1</sub>	P	500		K-70 T-30
	C	500		K-70 T-30
PZ <sub>2</sub>	D	800		K-70 T-30
	S			K-70 T-30
PZ <sub>3</sub>	O	?	v v v	Г-Д
	Cm		v v v	Г-Д
PR	NP			K-60 T-30 Г-Д
	MP	2000		M-100 Г-Д
	PP			M-100 Г-Д
AR				M-100

Эра	Система	Мощность	Состав	Далее основные типы пород, 45
KZ		600		K-100
	K <sub>1,2</sub>			B-100 T-100
MZ	K <sub>1</sub>	50		B-100 T-100
	J			T-100
	T	200		T-100
PZ <sub>1</sub>	P			K-70 T-30
	C	1000		K-70 T-30
PZ <sub>2</sub>	D			K-70 T-30
	S			K-70 T-30
PZ <sub>3</sub>	O		v v v	Г-Д-100
	Cm		v v v	Г-Д-100
PR	NP			K-60 T-40 Г-Д
	MP			M-100
	PP			M-100 Г-Д
AR				M-100

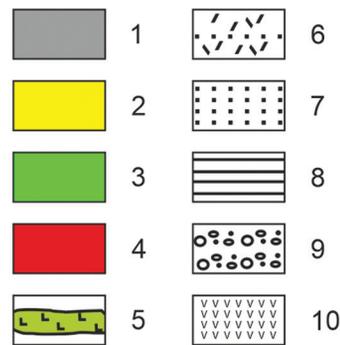


Рис. 4. Литолого-стратиграфическая схема корреляции фанерозойских терригенно-карбонатных и мел-кайнозойских вулканогенно-терригенных толщ Американо-Азиатского бассейна СЛО (а) и области геологической непрерывности распространения меловых базальтов (б). Составлена по ГК СССР м-ба 1 : 2 000 000 листы R-59-XXIV, XXX (1979); R-59-XXI, XXXII (1963); T-54-XXXI, XXXII, XXXIII; S-53-IV, V, VI; S-53-XI, XII; S-54-I, II, III; S-54-VII, VIII, IX, XIII, XIV, XV (1985); ГК РФ м-ба 1 : 1 000 000 лист S-53-55 – Новосибирские острова (1999) и ГК РФ м-ба 1 : 1 000 000 (новая серия) лист T-53-56 – остров Жохова (2005), а также по материалам (Геология СССР, т. 26, 1970; Э. Д. Голубева, 2009; С. П. Шокальский и др., 2016)

1–4 – группы пород: 1 – терригенные (Т), 2 – карбонатные (К), 3 – вулканогенные (В), 4 – метаморфические (М); 5–9 – типы пород: 5 – базальты, андезибазальты, 6 – липариты и их туфы, андезидациты, 7 – пески, песчаники, алевролиты, 8 – глины, аргиллиты, глинистые сланцы, 9 – гравелиты, конгломераты; 10 – габбродолериты

и «Арктика-2012»). Характерной особенностью мезозойского плитного чехла является постоянное присутствие в его разрезах меловых траппов (рис. 4, а), а также синхронных им вулканитов на шельфе и архипелагах Американо-Азиатского и Баренцево-Карскоморского бассейнов (Е. А. Кораго, А. Н. Евдокимов, Н. М. Столбов, 2010). Изучение этих пород на побережье, шельфе и островах СЛО, а также драгированных и выбуренных глубоководными скважинами в Американо-Азиатском бассейне (экспедиция «Арктика-2012»), показало [14], что на дискриминационных изотопных и геохимических диаграммах их составы соответствуют континентальным вулканическим породам островов и поднятий

океанов (рис. 5, а, б), являясь производными Баренцево-Американо-Азиатского плума. Уточненные контуры ранее намеченных (рис. 1, б) областей развития меловых основных магматических пород (рис. 4, б) хорошо корреспондируются с площадью распространения мезозойского терригенного плитного чехла, залегающего на гетерогенном и гетерохронном домезозойском фундаменте (рис. 1, б). Последнее может указывать на то, что в юрско-меловое время Центрально-Арктический блок коры представлял собой сплошную внутриконтинентальную мелководную депрессию, и следовательно мезозойские вулканогенно-терригенные толщи акустического фундамента Американо-Азиатского бассейна могут

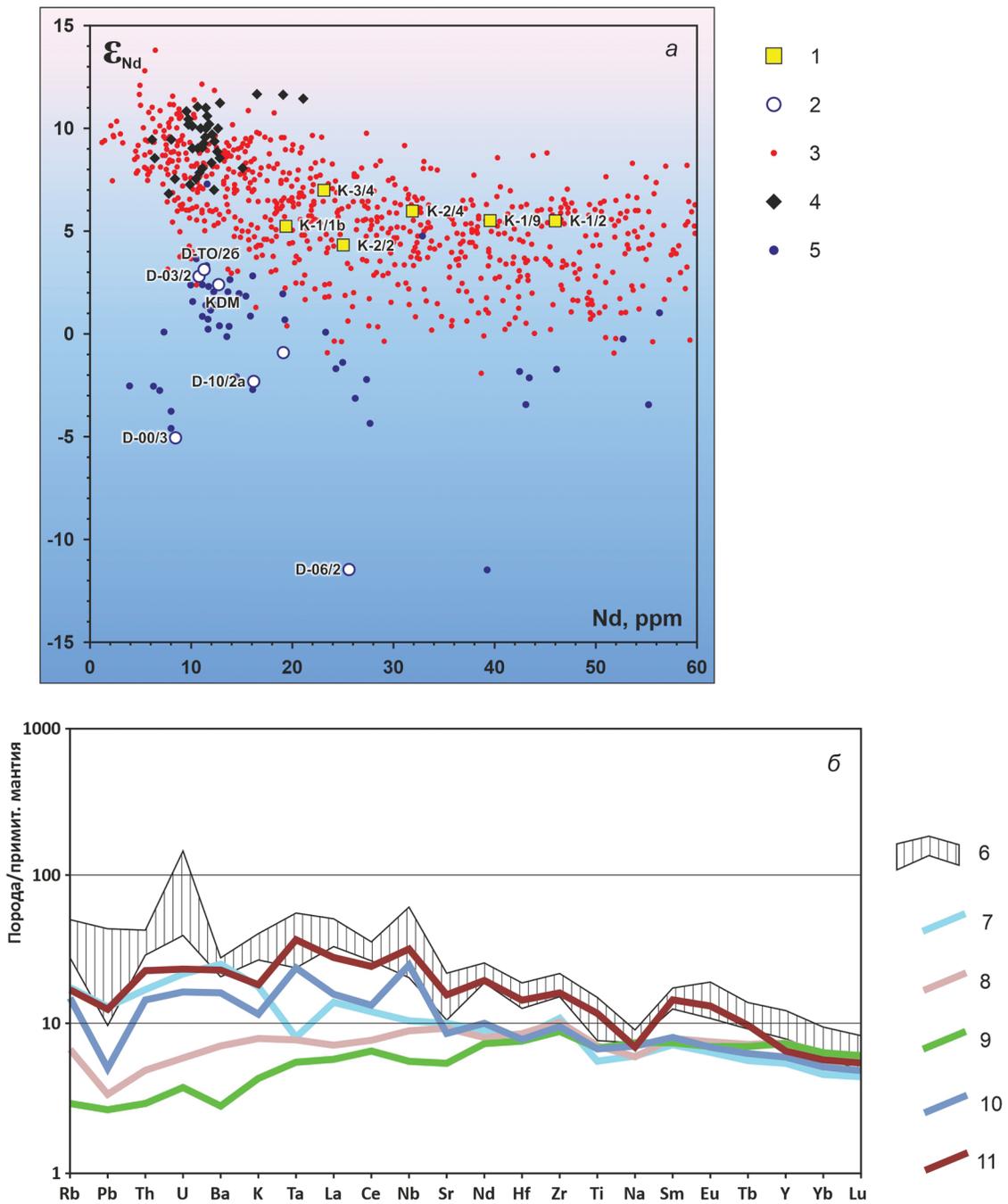


Рис. 5. Составы мезозойских основных магматических пород поднятия Менделеева на изотопной диаграмме неодиима (а) и спайдер-диаграмме (б)

1 – керн скважин («Арктика-2012»); 2 – драгировки («Арктика-2012»); 3 – базальты островов и поднятий; 4 – MORB СЛО; 5, 7 – Сибирские траппы; 6 – меловые базальты с подводных поднятий СЛО; 8 – хр. Гаккеля; 9 – N-MORB; 10 – E-MORB; 11 – OIB. Анализы пород выполнены в ГЕОХИ, ИМГРЭ и ВСЕГЕИ

служить надежным геологическим репером при обосновании непрерывности его континентальной окраины в системе: прибрежная суша – шельф – глубоководные поднятия и хребты.

**Кайнозой-четвертичный этап.** Как известно, кардинальная структурно-тектоническая перестройка фундамента Циркумполярной Арктики связана с влиянием Атлантического глобального спредингового пояса на формирование САХ

(хребты Колбенсей – Гаккеля) и его материкового продолжения – Момского рифта (рис. 3, б, таблица). Сравнительное геохимическое изучение базальтов подводных хребтов Атлантического океана, Северной Атлантики и Евразийского бассейна СЛО (рис. 6, а) показывает, что в САХ (сегмент I) составы родоначальных расплавов относятся к спрединговой ассоциации, а Азорского поднятия – к плюмовой; в сегменте II источники расплавов хребтов Северной Атлантики и острова

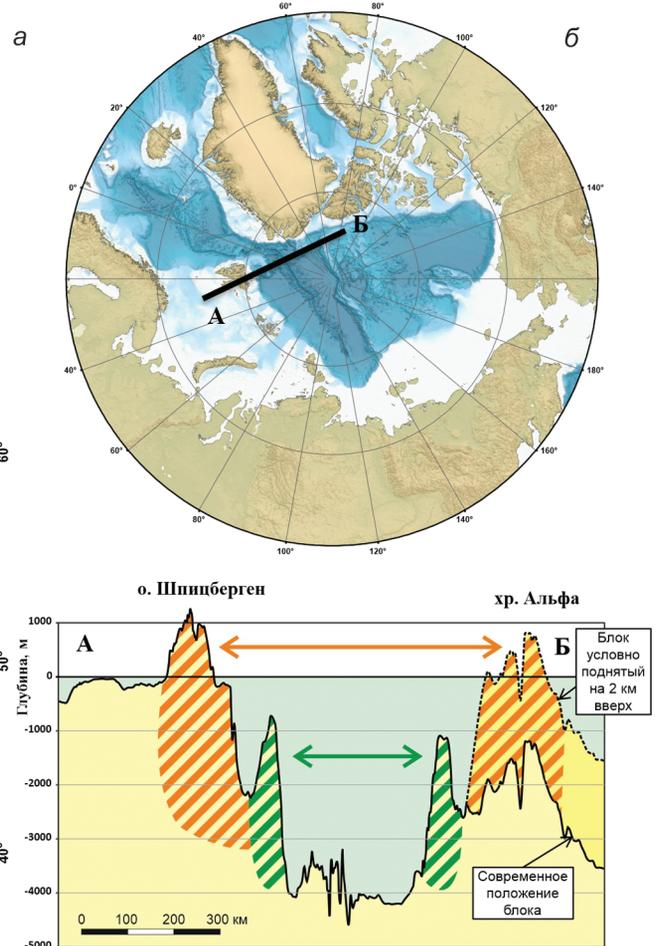
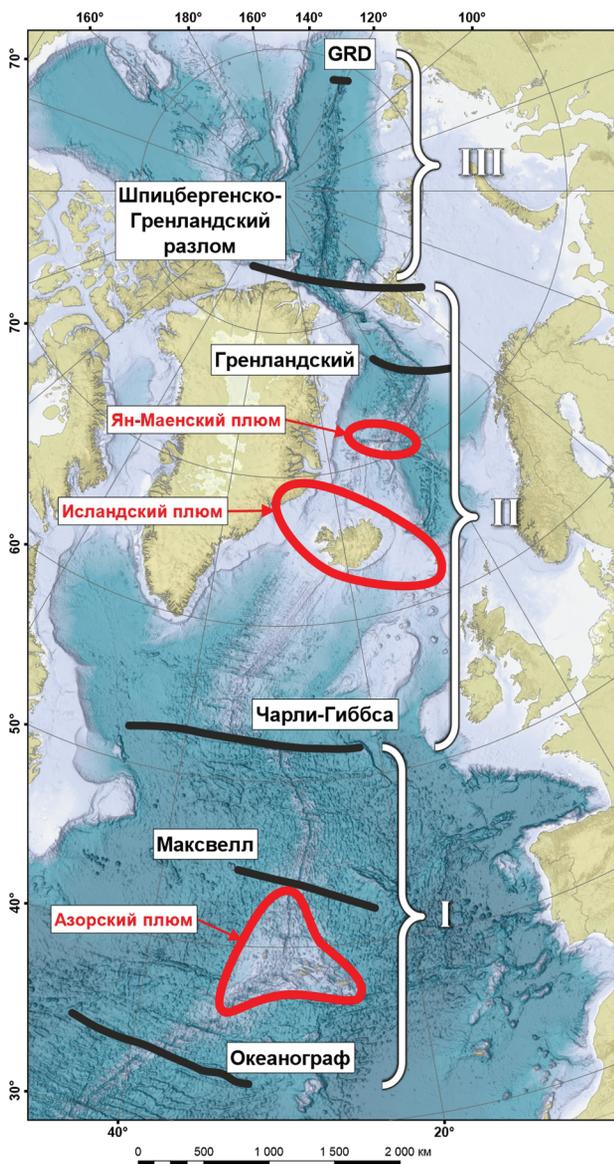
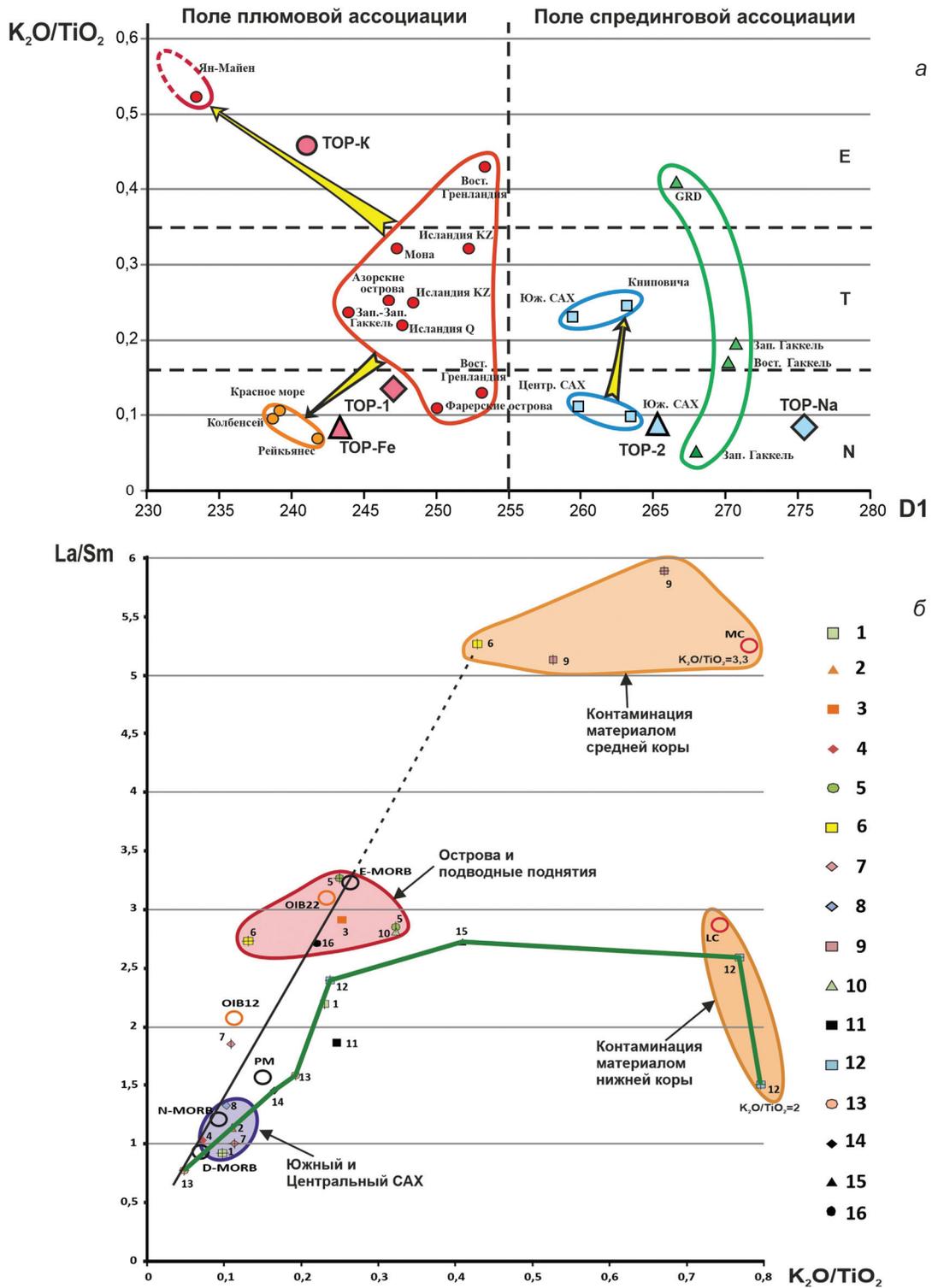


Рис. 6. Тектоно-магматическая сегментация подводных хребтов Атлантического океана, Северной Атлантики и Евразийского бассейна СЛО (а) и схема раздвига дна СЛО вдоль хр. Гаккеля (б)

Исландия соответствуют плюмовой ассоциации, а составы хребтов Книповича и Гаккеля (сегмент III) – спрединговой ассоциации (рис. 7, а). Эти отличия, по-видимому, обусловлены тем, что исследуемые рифтовые зоны, наследуя в целом первоначальную тектоническую сегментацию Атлантического глобального спредингового пояса, характеризовались неравномерностью его раскрытия и различным строением континентальной литосферы. Исследования, проведенные в Лаптевоморском бассейне (В. Л. Иванов и др., 2004), показали, что доспрединговая деструкция здесь началась в конце позднего мела с заложения внутриконтинентального Северо-Омолейского рифтогенного грабена с последующим развитием в этой зоне разломов рифтовой системы Гаккеля: конец палеоцена – эоцен – расширение позднемелового рифтового прогиба, ранний миоцен – рост хр. Гаккеля; поздний миоцен – перемещение разломов на юг с формированием на континенте (в плиоцене) Момского рифта. Районирование современных батиметрических,

магнитометрических и сейсмических данных [22] обосновывает разделение хр. Гаккеля по 70° в. д. на Атлантический и Сибирский сегменты; аномальные характеристики последнего, в том числе реликты палеогенового бассейна, свидетельствуют, вопреки традиционному спредингу, в пользу рифтогенной модели его формирования без существенного разрастания дна. Составленная нами схема реконструкции раздвига дна СЛО вдоль западной зоны хр. Гаккеля (0°), при условном поднятии на 2 км вверх Американо-Евразийского блока (рис. 6, б), фиксирует здесь ширину раздвига до 300 км с сужением его на востоке (120° в. д.) до 50 км. Сравнительное геохимическое изучение вулканических пород САХ, Гренландско-Исландского порога, Северной Атлантики и хр. Гаккеля показывает аномальное (в 2–10 раз) обогащение  $K_2O$  и легкими РЗЭ хребтов Арктического сектора (рис. 8) [39]. Аналогичную тенденцию проявляет также и большинство других литофильных элементов (Ba, Sr, Zr, Hf, Nb, Ta, Th, U, P) при сравнении базальтов Исландии и хр. Гаккеля



**Рис. 7.** Геохимические типы базальтов плюмовой и спрединговой ассоциаций подводных хребтов Атлантического океана, Северной Атлантики и Евразийского бассейна СЛО (а) и тренды обогащения их при контаминации коровым материалом (б) Геохимические типы базальтов срединно-океанических хребтов (MORB): N – нормальные, T – обедненные, E – обогащенные, D – истощенные; TOP – толеиты океанических хребтов (TOP-1, TOP-Fe, TOP-K – средние составы родоначальных расплавов плюмовой ассоциации; TOP-2, TOP-Na – то же спрединговой ассоциации); D1 – дискриминанта петрохимических составов спрединговой и плюмовой ассоциаций базальтов (Л. В. Дмитриев и др., 1999, с. 457–476). Цветными линиями обозначены контуры: красной – острова и подводные поднятия, оранжевой – подводные хребты Северной Атлантики, синей – САХ, зеленой – хр. Гаккеля. Желтыми стрелками показаны тренды изменения составов расплавов; GRD – глубокий рифт Гаккеля. 1 – Южный САХ; 2 – Центральный САХ; 3 – Азорское поднятие; 4 – хр. Рейкьянес; 5 – Исландия, KZ; 6 – Восточная Гренландия; 7 – Фарерские острова; 8 – хр. Колбенсей; 9 – хр. Ян-Майен; 10 – хр. Мона; 11 – хр. Книповича; 12 – хр. Западный-Западный Гаккель; 13 – хр. Западный Гаккель; 14 – хр. Восточный Гаккель; 15 – хр. Восточный-Восточный Гаккель; 16 – Исландия, Q. Для рис. 7–9 анализы пород Исландии выполнены в ИМГРЭ, остальные – из [33]

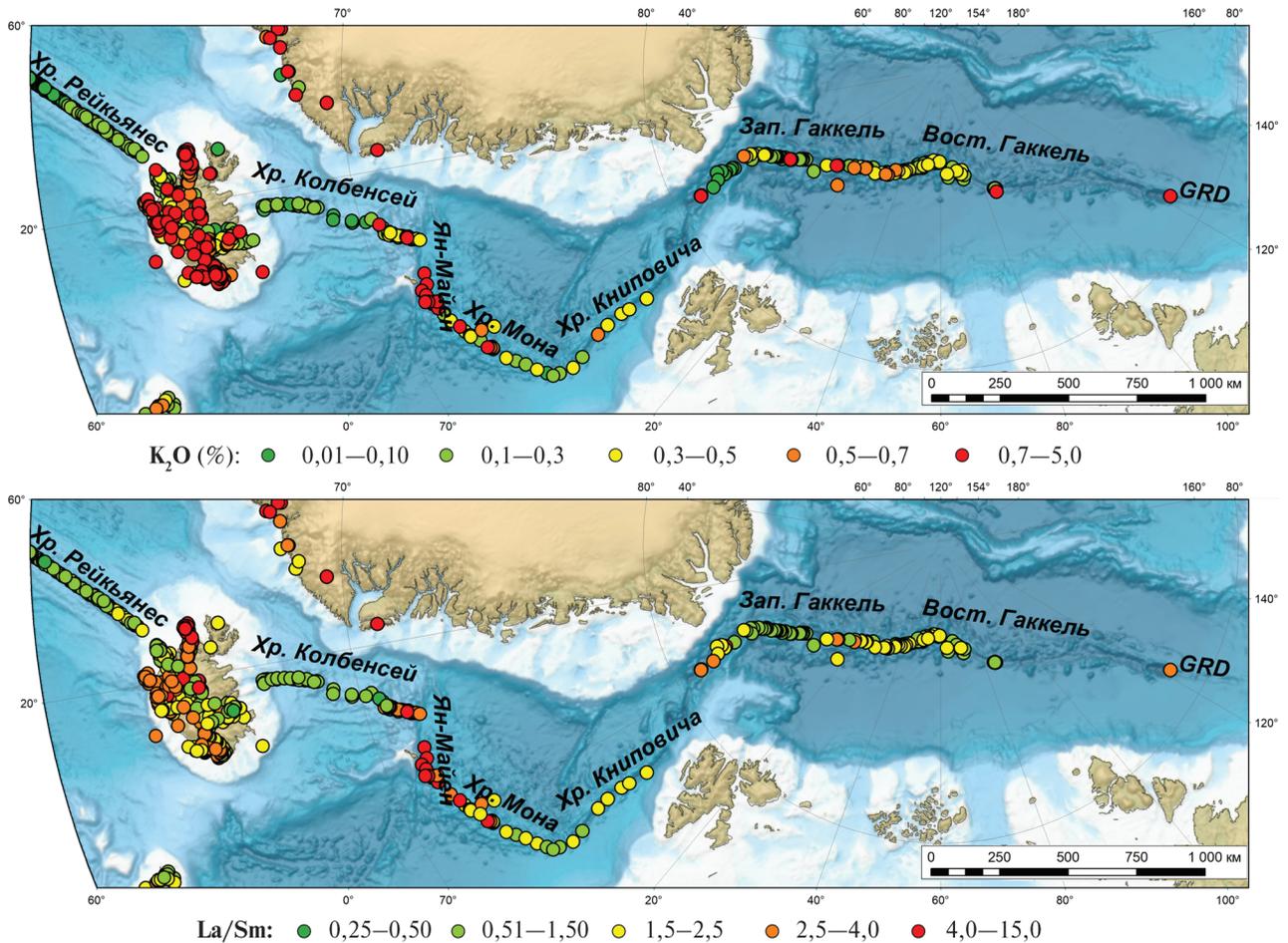


Рис. 8. Распределение  $K_2O$  и  $La/Sm$  в деплетированных и обогащенных базальтах подводных хребтов Северной Атлантики и Евразийского бассейна СЛО

с базальтами Центрального САХ и хр. Рейкьянес, указывая как на различный характер источников – глубоинный плюм [26], так и на контаминацию коровым материалом (рис. 7, б, 9, а). Более наглядно эта тенденция отражена на спайдердиаграмме (рис. 9, б), где составы базальтов западной части хр. Гаккеля близки таковым N-MORB и хр. Колбенсей, тогда как в крайних точках этого хребта (на западе – Гренландско-Шпицбергенский порог, на востоке – вблизи Лаптевоморского шельфа) – E-MORB и Исландии. Голоценовые потоки базальтов вулкана Балаган-Тас в пределах Момского рифта представлены недифференцированной натровой серией щелочных базальтов, типичных для континентальных рифтов (А. Ф. Грачев, 1978). Влияние хр. Книповича на деструкцию современной континентальной коры выразилось также в формировании Баренцево-морско-Свальдбарской меридиональной системы плейстоцен-голоценовых рифтогенных желобов с субщелочными оливиновыми базальтами (Орла, Воронина, Святая Анна, Франц-Виктория и др.) (Ю. Г. Леонов, М. Д. Хуторский, 2010), а также палеоген-плиоценового Новосибирского рифт-прогиба в Восточной Арктике [9] (рис. 1, в, таблица). После раскола и раздвига Шпицбергенско-Гренландского порога (34 млн лет [28; 37])

магматические расплавы Северной Атлантики проникли в створ ранее автономного инициального рифта Гаккеля; последняя порция базальтового расплава, зафиксированная на хр. Гаккеля вблизи его Лаптевоморского окончания, датирована в 3,65 млн лет [39].

Серия синхронных субмеридиональных рифтогенных структур выявлена также по данным МОВ-ОГТ в базальной части котловины Подводников, в том числе вдоль западного борта хр. Ломоносова (экспедиция «Шельф-2011») (О. Е. Смирнов, 2013). В прибортовой зоне этого хребта прогнозируется узкая линейная область среднересурсной нефтегазоносности (рис. 1, г). Проведенные нами ранее (А. А. Кременецкий, А. Г. Пилицын, 2013) морфоструктурное районирование рельефа дна и анализ гравимагнитных неоднородностей акустического фундамента котловины Подводников позволили здесь также наметить рифтогенную зону и соответствующий контур площади, благоприятной для локализации нефтегазовых залежей в многокилометровой толще осадочного чехла. Нефтегазоносность кайнозойского разреза осадочного чехла Южно-Шпицбергенского шельфа подтверждается лишь косвенно по сейсмическим данным и нефтегазопроявлениям в глубоководных скважинах

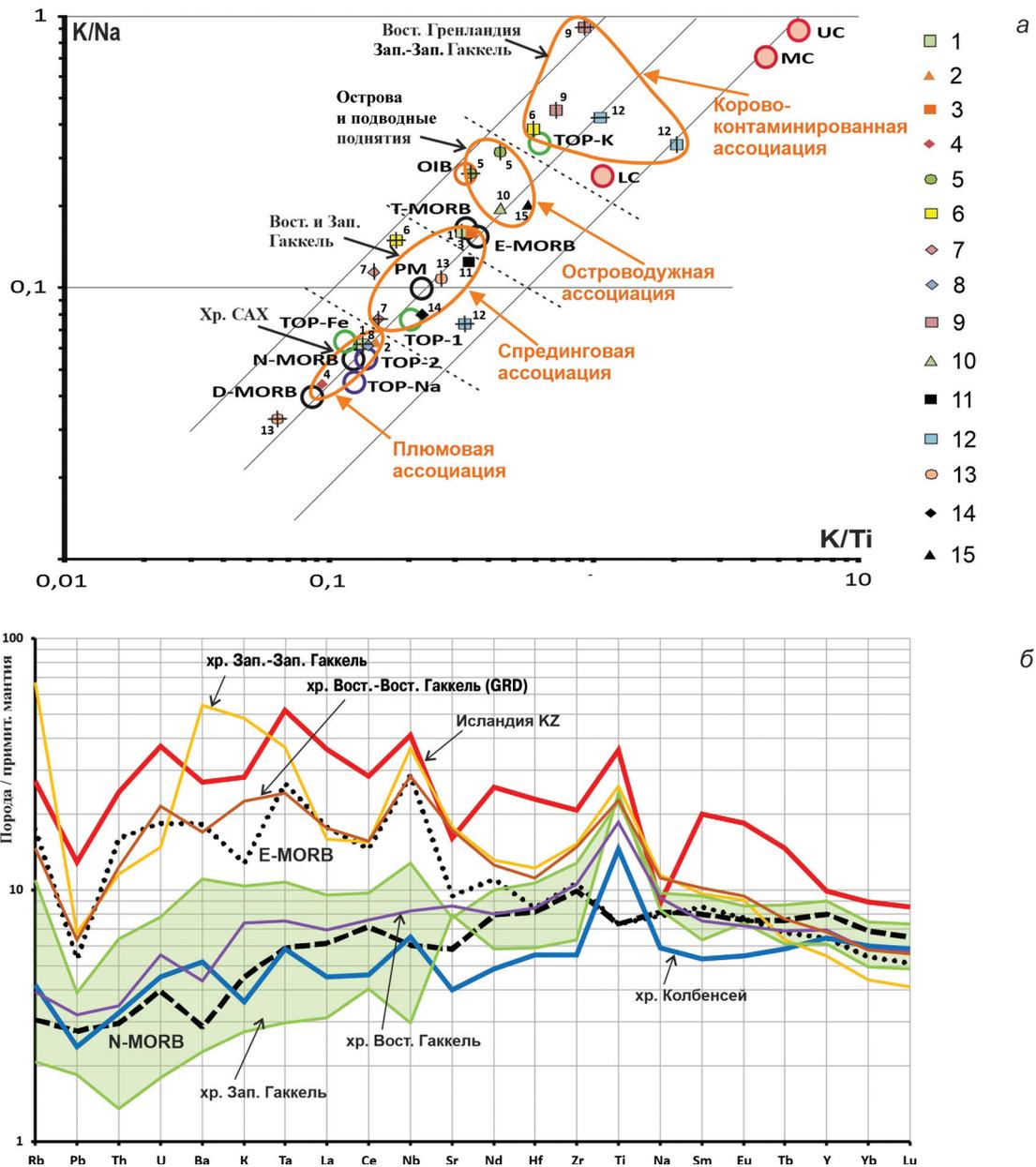


Рис. 9. Дискриминация петрохимических типов базальтов САХ и Евразийского бассейна СЛО при магматической дифференциации и контраминировании коровым материалом (а) и спайдер-диаграмма базальтов хр. Гаккеля (б)

1 – Южный САХ; 2 – Центральный САХ; 3 – Азорское поднятие; 4 – хр. Рейкьянес; 5 – Исландия; 6 – Восточная Гренландия; 7 – Фарерские острова; 8 – хр. Колбенсей; 9 – хр. Ян-Майен; 10 – хр. Мона; 11 – хр. Книповича; 12 – хр. Западный-Западный Гаккель; 13 – хр. Западный Гаккель; 14 – хр. Восточный Гаккель; 15 – хр. Восточный-Восточный Гаккель. TOP-1, TOP-2, TOP-Fe, TOP-Na, TOP-K – толиты океанических рифтов по [26]; PM – примитивная мантия; коры: LC – нижняя, MC – средняя, UC – верхняя; на рис. б: пунктирная линия – N-MORB, точечная – E-MORB (см. рис. 7)

Северной Атлантики; связывается с возможными зонами ловушек неструктурного типа [29].

В целом же связь кайнозой-четвертичного рифтогенеза с нефтегазоносностью скорее отрицательная, поскольку прогнозируемый по периметру Евразийского бассейна нефтегазовый ареал (рис. 1, г) [18; 31] является, вероятнее всего, следствием тектонической деструкции и локального перераспределения нефтяных и особенно газовых залежей из палеозой-мезозойских рифтогенных систем в антиклинальные кайнозойские поднятия (рис. 1, в, г, таблица). Некоторое влияние на этот

процесс может продолжать оказывать современная сейсмоактивность Евразийского бассейна, а также землетрясения вдоль хребтов Книповича и Гаккеля, особенно вблизи Шпицбергена.

Из представленной модели структурно-тектонической эволюции Циркумпольярной Арктики следует:

1. Докембрийский фундамент исследуемой территории представляет собой единый фрагмент сиалической пртокоры, первичная латеральная дифференциация которой обусловила

формирование здесь известных кратонов и межкратонной трансарктической геодепрессии с мало мощной (30–20 км) корой (Амеразийский и Баренцевоморский бассейны). Прослежена пространственно-временная унаследованность всех базовых структурно-тектонических таксонов докембрийского фундамента с соответствующими трансформациями и реоморфизмом на мезозойском, мезозойском и кайнозой-четвертичном этапах эволюции Циркумполярной Арктики. Процесс унаследованного геологического развития исследуемого сегмента континентальной коры фиксируется также в разрезах крупных рифтогенных структур, содержащих нередко набор пород от неопротерозоя до верхнего мела.

2. Литолого-стратиграфическая корреляция и геохимическое изучение пород мезозойского вулканогенно-терригенного комплекса, выполняющего трансарктическую геодепрессию, указывают на их формирование в условиях внутриконтинентального мелководного бассейна, что позволяет рассматривать мезозойский вулканогенно-терригенный плитный чехол акустического фундамента Амеразийского бассейна в качестве надежного репера при обосновании непрерывности его континентальной окраины в системе: прибрежная суша – шельф – архипелаги островов – глубоководные поднятия и хребты. Наглядным примером непрерывности российской континентальной окраины в область Центрально-Арктических поднятий служит районирование площадей распространения меловых базальтов в акустическом фундаменте и на архипелагах бассейна СЛО.

3. Охарактеризованы главные группы рифтовых систем Циркумполярной Арктики. Первые четыре ориентированы в Баренцевоморско-Борнхольмском направлении: три из них представлены внутриконтинентальными рифейскими, девонскими и пермо-триасовыми рифтами; четвертая юрско-меловая группа континентальных рифтов пространственно связана и коррелируется с северным звеном замыкания Восточно-Тихоокеанского глобального спредингового пояса. Пятый трансарктический рифтогенный пояс сопряжен с заключительной стадией формирования глобальной Арктико-Атлантической области раздвига, ориентированного в Норвежскоморско-Лаптевоморском направлении. Он представлен кайнозой-четвертичным инициальным континентальным рифтом хр. Гаккеля, испытавшим в миоцене частичное влияние магматических расплавов Северной Атлантики, а в плиоцене продолжилась на континенте Момским рифтом.

4. Обосновывается существенный (не менее 30 %) вклад разновозрастных рифтогенных структур в суммарный существующий и прогнозный потенциал нефтегазоносности Циркумполярной Арктики. При этом минимальная его доля приходится на рифейские рифты (нефтегазопроявления), максимальная – палеозойские и умеренная – мезозой-кайнозойские рифтовые

системы (рис. 1, 2, таблица). Роль рифтогенеза в обеспечении нефтегазоносности определяется длительной тектонической активностью этих структур, наследованием более древних авлакогенов и грабен-рифтов, устойчивым погружением в мезозой-кайнозой, коротким периодом накопления мощного надрифтового плитного чехла, а также повышенным тепловым режимом и подтоком глубинных флюидов. Тесная пространственно-генетическая связь осадочных бассейнов с подстилающими их рифтогенными структурами, а также контролируемые ими региональными зонами разрывных нарушений позволяет использовать эту зависимость как один из критериев прогноза и поисков нефтегазовых залежей на арктическом шельфе и в Амеразийском бассейне СЛО. Традиционные для российского сектора Арктики рудные провинции (Ni, Cu, МПГ, редкие и редкоземельные металлы и др.) контролируются преимущественно верхнепалеозой-мезозойскими рифтами, а Au, Ag и Sn – региональными тектоническими зонами в областях киммерийской складчатости Яно-Чукотско-Аляскинского геоблока коры.

5. Повсеместная сохранность в Циркумполярной Арктике фрагментов сиалической континентальной коры, отсутствие в области перехода континент – океан глубоководных желобов, аккреционных призм и островных дуг, широко масштабное проявление внутриконтинентального рифтогенеза, в том числе переходного и инициального типов, связанных с поздними стадиями развития Восточно-Тихоокеанского и Северо-Атлантического глобальных спрединговых поясов, значительная мощность (до 15 км) надрифтового осадочного чехла в неопротерозой-палеозойских авлакогенах и более 5 км – в мезозой-кайнозойских впадинах и, наконец, относительно малые размеры современных глубоководных впадин – все это хорошо согласуется с ключевым положением геостратиграфической модели развития современных океанов земли И. С. Грамберга [5] о ранней стадии образования СЛО и, как следствие, его уникальном минерагенетическом потенциале.

Авторы выражают благодарность В. Р. Ветрину, И. Ф. Лумову, А. В. Гушину, П. Н. Граменицкой и С. П. Шокальскому за участие в подготовке материалов и научные консультации, а также рецензенту П. В. Реканту, конструктивные замечания и рекомендации которого способствовали улучшению качества работы.

1. Аветисов Г. П. Сейсмоактивные зоны Арктики. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 1996. – 185 с.

2. Богданов Н. А. Тектоника Арктического океана // Геотектоника. – 2004. – № 3. – С. 13–30.

3. Богдаевский В. И. Перспективы нефтегазоносности Канадской глубоководной котловины и предельных акваторий Северного Ледовитого океана / В. И. Богдаевский, И. В. Богдаевский, Р. А. Никонов,

- И. Л. Шустер // Арктика: экология и экономика. — 2015. № 4 (20). — С. 61–69.
4. Верниковский В. А. Проблемы тектоники и тектонической эволюции Арктики / В. А. Верниковский, Н. Л. Добрецов, Д. В. Метелкин, Н. Ю. Матушкин, И. Ю. Кулаков // Геология и геофизика. — 2013. — Т. 54, № 8. — С. 1083–1107.
5. Грамберг И. С. Сравнительная геология и минерагения океанов и их континентальных окраин с позиции стадийного развития океанов // Геотектоника. — 2001. — № 6. — С. 3–19.
6. Дубинин Е. П., Сушевская Н. М., Грохальский А. М. История развития спрединговых хребтов Южной Атлантики и пространственно-временное положение тройного соединения Буве // Российский журнал наук о Земле. — 1999. — Т. 1, № 5. — С. 423–435.
7. Карасик А. М. Магнитные аномалии хребта Гаккеля и происхождение хребта Гаккеля Северного Ледовитого океана // Геофизические методы разведки в Арктике. — Л.: НИИГА, 1968. — Вып. 5. — С. 9–12.
8. Конторович А. Э. Геология, ресурсы углеводородов шельфов Арктических морен России и перспективы их освоения / А. Э. Конторович, М. И. Эпов, Л. М. Бурштейн, В. Д. Каминский, А. Р. Курчиков, Н. А. Малышев, О. М. Прищепа, А. Ф. Сафронов, А. В. Ступакова, О. И. Супруненко // Геология и геофизика. — 2010. — Т. 51, № 1. — С. 7–17.
9. Косько М. К. Геологическое строение и история развития Восточносибирско-Чукотского бассейна / М. К. Косько, Б. И. Ким, Е. А. Кораго, А. Л. Пискарев-Васильев // Геология и полезные ископаемые России. Т. 5. Кн. I: Арктические моря. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. — С. 341–374.
10. Кременецкий А. А. Арктида. 3-е изд. — М.: ИМГРЭ, 2016. — 306 с.
11. Кременецкий А. А., Алексеева А. К., Диденко М. И. Прогноз нефтегазоносности Западной Сибири по данным глубинных геолого-геофизических исследований // Разведка и охрана недр. — 2002. — № 5. — С. 73–80.
12. Кременецкий А. А. Источники вещества магматических пород глубоководного ложа Северного Ледовитого океана и Центральной Атлантики по данным U–Pb-возраста, изотопии Hf и геохимии R3Э цирконов / А. А. Кременецкий, Н. А. Громалова, С. Г. Сколотнев, О. Г. Шулягин, Е. А. Белоусова // Докл. РАН. — 2018. — Т. 481, № 2. — С. 169–173.
13. Кременецкий А. А., Гусев Г. С. Оценка минерагенического потенциала рифтогенных комплексов и осадочного чехла Восточно-Европейской платформы методами поисковой геохимии // Отечественная геология. — 1999. — № 3. — С. 19–27.
14. Кременецкий А. А. Источники вещества магматических пород поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) по изотопно-геохимическим данным / А. А. Кременецкий, Ю. А. Костицын, А. Ф. Морозов, П. В. Рекант // Геохимия. — 2015. — № 6. — С. 487–500.
15. Кременецкий А. А. Геохимическое картирование Циркумполярной Арктики: научная парадигма, технология, предварительные результаты / А. А. Кременецкий, А. Ф. Морозов, А. Г. Пилицын, С. М. Бескин, Т. Н. Полякова, Е. Д. Мильштейн // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 6. — С. 8–21.
16. Милановский Е. Е. Рифтогенез и его роль в развитии Земли // Соровский образовательный журнал. — 1999. — № 8. — С. 60–70.
17. Морозов А. Ф., Петров О. В., Шокальский С. П. и др. Новые геологические данные, обосновывающие континентальную природу области Центрально-Арктических поднятий // Региональная геология и металлогения. — 2013. — № 53. — С. 34–55.
18. Нефть и природный газ Арктики [Электронный ресурс] // Geoalliance: [сайт]. — URL: <http://geoalliance.ru/neft-i-prigodny-j-gaz-arktiki/013> (дата обращения: 24.07.2020).
19. Никишин А. М., Малышев Н. А., Петров Е. И. Основные проблемы строения и истории геологического развития Арктического океана // Вестник Российской академии наук. — 2020. — Т. 90, № 5. — С. 434–446.
20. Погребницкий Ю. Е. Геодинамическое районирование // Геология и полезные ископаемые России. Т. 5. Кн. I: Арктические моря. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. — С. 112–118.
21. Пушаровский Ю. М. Тектоника Северного Ледовитого океана // Геотектоника. — 1976. — № 2–3. — С. 3–14.
22. Рекант П. В., Гусев Е. А. Структура и история формирования осадочного чехла рифтовой зоны хребта Гаккеля (Северный Ледовитый океан) // Геология и геофизика. — 2016. — Т. 57, № 9. — С. 1634–1640.
23. Рябухин Г. Е., Байбакова Г. А. Формирование и нефтегазоносность осадочных бассейнов в связи с рифтогенезом // Геология нефти и газа. — 1994. — № 5. — С. 3–7.
24. Соколов С. Д. Тектоника Южно-Ануйской сутуры (Северо-Восток Азии) / С. Д. Соколов, М. И. Тучкова, А. В. Ганелин, Г. Е. Бондаренко, П. Лейер // Геотектоника. — 2015. — № 1. — С. 5–30.
25. Ступакова А. В. Структура и нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа и прилегающих территорий // Геология нефти и газа. — 2011. — № 6. — С. 99–115.
26. Сушевская Н. М. Магматизм хребтов Мона и Книповича — спрединговых зон полярной Атлантики / Н. М. Сушевская, Т. И. Цехоня, Н. Н. Кононкова, Г. А. Черкашов, Ю. А. Богданов, Б. В. Беляцкий // Российский журнал наук о Земле. — 2000. — Т. 2, № 3. — С. 1–19.
27. Тектоническая карта Арктики / под ред. О. В. Петрова и М. Пубелье. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2019. — 72 с.
28. Трухалев А. И., Погребницкий Ю. Е., Нарышкин Т. Д. Система трансформных разломов Шпицбергенско-Гренландского региона // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2006. — С. 130–135. (Труды ВНИИОкеангеология, т. 210, вып. 6).
29. Шлыкова В. В. Сейсмостратиграфическая характеристика осадочного чехла Южно-Шпицбергенского шельфа и перспективы нефтегазоносности / В. В. Шлыкова, Г. С. Казанин, С. П. Павлов, А. В. Ступакова, П. О. Голыничик, П. А. Сафронова // Разведка и охрана недр. — 2008. — № 8. — С. 39–44.
30. Dosso N. et al. Additional evidence of existence of ancient rocks in MAR (31–41°N) // Earth and Planetary Science Letters. — 1999. — N 170. — Pp. 171–176.
31. Gautier D. L., Bird K. J., Charpentier R. R. et al. Chapter 9. Oil and gas resource potential north of the Arctic Circle // Arctic Petroleum Geology. Geological Society. — London, 2011. Mem. 35. — Pp. 151–161.
32. Grantz A., May S. D., Taylor P. T., Lowver L. A. Canada basin // The Geology of North America. The Arctic Ocean Region. — Geol. Soc. Am., Boulder, Colo., 1990. — Vol. L. — Pp. 257–288.
33. Lehnert K., Su Y., Langmuir C. et al. A global geochemical database structure for rocks // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. — 2000. — Vol. 1, doi: 10.1029/1999GC000026
34. Miller E. L., Soloviev A. V., Prokoviev F. V. et al. Triassic river systems and paleo-Pacific margin of northwestern Pangea // Gondwana Research. — 2013. — Vol. 23. — Pp. 1631–1645.
35. Oakey G. N., Stephenson R. Crustal structure of the Innuition region of Arctic Canada and Greenland from gravity modelling: implication for the Paleogene Eureka orogeny // Geophysical Journal International. — 2008. — Vol. 173. — Pp. 1039–1063.

36. Ozima M. et al. Additional evidence of the existence of ancient rocks in the Mid-Atlantic Ridge and the age of the opening Atlantic // *Tectonophysics*. — 1976. — Vol. 31, N 1/2. — Pp. 59–71.
37. Piepjohn K., Gosen W. von, Tessensohn F. The Eureka deformation in the Arctic: an outline // *Journal of the Geological Society*. — 2016. — Vol. 173, N 6. — Pp. 1007–1024.
38. Weber J. R., Sweeney J. F. Ridges and basins in the Central Arctic Ocean // *The Geology of North America. The Arctic Ocean Region*. — Geol. Soc. Am., Boulder, Colo., 1990. Vol. L. — Pp. 305–336.
39. Wilfried J., O'Connor J., Hauff F. et al. Ultraslow spreading and volcanism at the eastern end of Gakkel Ridge Arctic Ocean // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. — 2019. — Vol. 20, Iss. 12. — Pp. 6033–6050.
- 
1. Avetisov G. P. Seismoaktivnye zony Arktiki [Seismoactive zones of the Arctic]. St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya. 1996. 185 p.
2. Bogdanov N. A. Tectonics of the Arctic Ocean. *Geotektonika*. 2004. No 3, pp. 13–30. (In Russian).
3. Bogoyavlenskiy V. I., Bogoyavlenskiy I. V., Nikonov R. A., Shuster I. L. Prospects of oil-and-gas potential of the Canadian deep-water basin and adjacent waters of the Arctic Ocean. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 2015. No 4 (20), pp. 61–69. (In Russian).
4. Vernikovskiy V. A., Dobretsov N. L., Metelkin D. V., Matushkin N. Yu., Kulakov I. Yu. Problems of tectonics and tectonic evolution of the Arctic. *Geologiya i geofizika*. 2013. Vol. 54. No 8, pp. 1083–1107. (In Russian).
5. Gramberg I. S. Comparative geology and mineralogy of the oceans and their continental margins from the position of stage development of the oceans. *Geotektonika*. 2001. No 6, pp. 3–19. (In Russian).
6. Dubinin E. P., Sushchevskaya N. M., Grokhal'skiy A. M. Evolution of the South Atlantic spreading ridges and spatio-temporal position of the Bouvet triple connection. *Rossiyskiy zhurnal nauk o Zemle*. 1999. Vol. 1. No 5, pp. 423–435. (In Russian).
7. Karasik A. M. Magnetic anomalies of the Gakkel Ridge and origin of the Gakkel Ridge, Arctic Ocean. *Geophysical exploration in the Arctic*. Leningrad: NIIGA Publishers. 1968. Iss. 5. Pp. 9–12. (In Russian).
8. Kontorovich A. Je., Epov M. I., Burshteyn L. M., Kaminskiy V. D., Kurchikov A. R., Malyshev N. A., Prishchepa O. M., Safronov A. F., Stupakova A. V., Suprunenko O. I. Geology, hydrocarbon resources of the shelves of the Arctic moraines of Russia and the prospects for their development. *Geologiya i geofizika*. 2010. Vol. 51. No 1, pp. 7–17. (In Russian).
9. Kos'ko M. K., Kim B. I., Korago E. A., Piskarev-Vasil'ev A. L. Geological structure and history of development of the East Siberian-Chukchi basin. *Geology and mineral commodities of Russia*. Vol. 5. Iss. 1: Arctic seas. St. Petersburg: VSEGEI Publishers. 2004. Pp. 341–374. (In Russian).
10. Kremenetskiy A. A. Arktida [Arctida]. Moscow: IMGRE. 2016. 306 p.
11. Kremenetskiy A. A., Alekseeva A. K., Didenko M. I. Forecast of oil and gas content in Western Siberia from the data of deep geological and geophysical research. *Razvedka i ohrana nedr*. 2002. No 5, pp. 73–80. (In Russian).
12. Kremenetskiy A. A., Gromalova N. A., Skolotnev S. G., Shulyatin O. G., Belousova E. A. Sources of material of igneous rocks of the deep-sea bed of the Arctic Ocean and Central Atlantic according to the U-Pb age, Hf isotopy and REE geochemistry of zircons. *Dokl. RAN*. 2018. Vol. 481. No 2, pp. 169–173. (In Russian).
13. Kremenetskiy A. A., Gusev G. S. Estimation of the mineragenic potential of riftogenic complexes and sedimentary cover of the East European platform by methods of prospecting geochemistry. *Otechestvennaya geologiya*. 1999. No 3, pp. 19–27. (In Russian).
14. Kremenetskiy A. A., Kostitsyn Ju. A., Morozov A. F., Rekant P. V. Sources of matter of igneous rocks of the Mendeleev Rise (the Arctic Ocean) according to isotope-geochemical data. *Geokhimiya*. 2015. No 6, pp. 487–500. (In Russian).
15. Kremenetskiy A. A., Morozov A. F., Pilitsyn A. G., Beskin S. M., Polyakova T. N., Mil'shteyn E. D. Geochemical mapping of the Circumpolar Arctic: scientific paradigm, technology, preliminary results. *Razvedka i ohrana nedr*. 2015. No 6, pp. 8–21. (In Russian).
16. Milanovskiy E. E. Riftogenesis and its role in the development of the Earth. *Sorovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*. 1999. No 8, pp. 60–70. (In Russian).
17. Morozov A. F., Petrov O. V., Shokal'skiy C. P. i dr. New geological data substantiating the continental nature of the region of the Central Arctic Uplifts. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2013. No 53, pp. 34–55. (In Russian).
18. Oil and natural gas of the Arctic [Elektronnyy resurs]. *Geoalliance: [sajt]*. URL: <http://geoalliance.ru/neft-i-prirodny-j-gaz-arktiki/013> (24.07.2020).
19. Nikishin A. M., Malyshev N. A., Petrov E. I. Basic problems of the structure and history of geological development of the Arctic Ocean. *Vestnik Rossiyskoy Akademii nauk*. 2020. Vol. 90. No 5, pp. 434–446. (In Russian).
20. Pogrebitskiy Yu. E. Geodynamic zoning. *Geology and useful minerals of Russia. Vol. 5. Book 1: Arctic seas*. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2004. Pp. 112–118. (In Russian).
21. Pushcharovskiy Yu. M. Tectonics of the Arctic Ocean. *Geotektonika*. 1976. No 2–3, pp. 3–14. (In Russian).
22. Rekant P. V., Gusev E. A. The structure and history of the formation of the sedimentary cover of the rift zone of the Gakkel Ridge (Arctic Ocean). *Geologiya i geofizika*. 2016. Vol. 57. No 9, pp. 1634–1640. (In Russian).
23. Ryabukhin G. E., Baybakova G. A. Formation and oil and gas content of sedimentary basins in connection with rifting. *Geologiya nefii i gaza*. 1994. No 5, pp. 3–7. (In Russian).
24. Sokolov S. D., Tuchkova M. I., Ganelin A. V., Bondarenko G. E., Leyer P. Tectonics of the South Anyui Suture (Northeast Asia). *Geotektonika*. 2015. No 1, pp. 5–30. (In Russian).
25. Stupakova A. V. Structure and oil and gas content of the Barents-Kara shelf and adjacent. *Geologiya nefii i gaza*. 2011. No 6, pp. 99–115. (In Russian).
26. Sushchevskaya H. M., Tsekhonya T. I., Kononkova N. N., Cherkashov G. A., Bogdanov Yu. A., Belyatskiy B. V. Magmatism of the Mona and Knipovich Ridges – spreading zones of the polar Atlantic. *Rossiyskiy zhurnal nauk o Zemle*. 2000. Vol. 2. No 3, pp. 1–19. (In Russian).
27. Tektonicheskaya karta Arktiki [Tectonic map of the Arctic]. Ed. by O. V. Petrov, M. Pubel'e. St. Petersburg: VSEGEI. 2019. 72 p.
28. Truhalev A. I., Pogrebitskiy Yu. E., Naryshkin T. D. The system of transcrustal faults in the Svalbard-Greenland region. *Geological and geophysical characteristics of the lithosphere of the Arctic region*. St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya. 2006. Pp. 130–135. (In Russian).
29. Shlykova V. V., Kazanin G. S., Pavlov S. P., Stupakova A. V., Golynchik P. O., Safronova P. A. Seismostratigraphic characteristics of the sedimentary cover of the South Spitsbergen shelf and the prospects for oil and gas potential. *Razvedka i ohrana nedr*. 2008. No 8, pp. 39–44. (In Russian).
30. Dosso, N. et al. 1999: Additional evidence of existence of ancient rocks in MAR (31–41°N). *Earth and Planetary Science Letters*. 170. 171–176.
31. Gautier, D. L., Bird, K. J., Charpentier, R. R. et al. 2011: Chapter 9. Oil and gas resource potential north of the

- Arctic Circle. *Arctic Petroleum Geology. Geological Society, London. Memoirs.* 35. 51–161.
32. Grantz, A., May, S. D., Taylor, P. T., Lowver, L. A. 1990: Canada basin. *The Geology of North America. The Arctic Ocean Region. Geol. Soc. Am., Boulder, Colo.* L. 257–288.
33. Lehnert, K., Su, Y., Langmuir, C. et al. 2000: A global geochemical database structure for rocks. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems.* 1, doi: 10.1029/1999GC000026
34. Miller, E. L., Soloviev, A. V., Prokopyev, F. V. et al. 2013: Triassic river systems and paleo-Pacific margin of northwestern Pangea. *Gondwana Research.* 23. 1631–1645.
35. Oakey, G. N., Stephenson, R. 2008: Crustal structure of the Innuition region of Arctic Canada and Greenland from gravity modelling: implication for the Paleogene Eurekan orogeny. *Geophysical Journal International.* 173. 1039–1063.
36. Ozima, M. et al. 1976: Additional evidence of the existence of ancient rocks in the Mid-Atlantic Ridge and the age of the opening Atlantic. *Tectonophysics.* 31. 1/2. 59–71.
37. Piepjohn, K., Gosen, W. von, Tessensohn, F. 2016: The Eurekan deformation in the Arctic: an outline. *Journal of the Geological Society.* 173. 6. 1007–1024.
38. Weber, J. R., Sweeney, J. F. 1990: Ridges and basins in the Central Arctic Ocean. *The Geology of North America. The Arctic Ocean Region. Geol. Soc. Am., Boulder, Colo.* L. 305–336.
39. Wilfried, J., O'Connor, J., Hauff, F. et al. 2019: Ultraslow spreading and volcanism at the eastern end of Gakkel Ridge Arctic Ocean. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems.* 20. 12. 6033–6050.

---

Кременецкий Александр Александрович – доктор геол.-минерал. наук, советник ген. директора, ИМГРЭ<sup>1</sup>. <nauka@imgre.ru>

Пилицын Алексей Гаврилович – зав. отделом, ИМГРЭ<sup>1</sup>. <allexpil@yandex.ru>

Веремеева Людмила Ивановна – канд. геол.-минерал. наук, зав. сектором, ИМГРЭ<sup>1</sup>. <verli@yandex.ru>

Морозов Андрей Федорович – канд. геол.-минерал. наук, зам. руководителя, Федеральное агентство по недропользованию (Rosnedra). Большая Грузинская ул., 4/6, стр. 1, Москва, 125993, Россия. <rosnedra@rosnedra.com>

Петров Олег Владимирович – доктор геол.-минерал. наук, доктор экон. наук, ген. директор, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <vsegei@vsegei.ru>

Петров Евгений Игнатьевич – советник министра, Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (МПР РФ). Большая Грузинская ул., 4/6, стр. 1, Москва, 125993, Россия. <ep4813102@gmail.com>

*Kremenetskiy Aleksandr Aleksandrovich* – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Adviser to the Director General, IMGRE<sup>1</sup>. <nauka@imgre.ru>.

*Pilitsyn Aleksey Gavrilovich* – Head of Department, IMGRE<sup>1</sup>. <allexpil@yandex.ru>

*Veremeeva Lyudmila Ivanovna* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Sector, IMGRE<sup>1</sup>. <verli@yandex.ru>

*Morozov Andrey Fedorovich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Head, Federal Agency for Mineral Resources (Rosnedra). 4/6 Bol'shaya Gruzinskaya, ctr. 1, Moscow, 125993, Russia. <rosnedra@rosnedra.com>

*Petrov Oleg Vladimirovich* – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Doctor Economic Sciences, Director General, A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <vsegei@vsegei.ru>

*Petrov Evgeniy Ignat'evich* – Adviser to the Minister, Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation (MNR RF). 4/6 Bol'shaya Gruzinskaya, ctr. 1, Moscow, 125993, Russia. <ep4813102@gmail.com>

<sup>1</sup> Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ). Ул. Вересаева, 15, Москва, 121357, Россия. Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements (IMGRE). 15 Ul. Veresaeva, Moscow, 121357, Russia.

Н. М. ГЛЕБОВА (ИГЗ ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН)

## Ультрамафиты Карабашского массива (Южный Урал): минералогия, геохимия, метаморфизм

В работе рассмотрены минералогия и геохимия ультрамафитов Карабашского массива, прослежена связь с геохронологическими этапами его формирования. На основании выявления минералов (гранат, хромшпинелиды с высоким содержанием алюминия, амфиболы) сделаны выводы о многоэтапности формирования массива. Ультрамафиты по концентрациям петрогенных, редких и редкоземельных элементов несут в себе мантийные черты, вместе с тем присутствуют характеристики преобразования их в коровых условиях.

*Ключевые слова:* ультрамафит, Карабашский массив, минералы, геохимия.

N. M. GLEBOVA (ISR SU FRC MG UB RAS)

## Ultramafic rocks of the Karabash Massif (South Urals): mineralogy, geochemistry, metamorphism

The paper is devoted to the mineralogical and geochemical composition of the Karabash ultramafic Massif and geochronological stages of its formation. The identification of such minerals as garnet, high-aluminum chromspinelides, and amphiboles evidences the multistage formation of the massif. The concentration of petrogenic, rare and rare earth elements indicates that ultramafic rocks have both mantle features and evidences of their transformation in the crustal environment.

*Keywords:* ultramafic rocks, Karabash Massif, minerals, geochemistry.

*Для цитирования:* Глебова Н. М. Ультрамафиты Карабашского массива (Южный Урал): минералогия, геохимия, метаморфизм // Региональная геология и металлогения. — 2020. — № 83. — С. 33–40.

**Введение.** Карабашский массив сложен серпентинизированными ультрамафитами разной степени измененности. Известен массив линзовидными телами хлорит-карбонатных пород и родингитов, имеющих метасоматическую природу, несущих в себе золотую минерализацию.

Природа и взаимоотношения различных пород массива рассмотрены в ряде работ. Наиболее подробно предшественниками описаны хлорит-карбонатные породы и родингиты. Определены параметры формирования родингитов и золотоносных метасоматитов, объяснена природа и последовательность образования минералов Cu-Au [1; 11; 14]. Предложена геотектоническая модель становления Карабашского массива, описывающая деформации кручения в условиях регионального правого сдвига. Объяснено проявление здесь крупных кулисообразных трещин растяжения и последующее их заполнение метаморфогенными флюидами с формированием диопсида, граната, хлорита, карбоната и других минералов, а также массовой антигоритизацией ультрамафитов, делаются оценки генезиса гранатов [5]. Установлен возраст гипербазитов Карабашского массива [6]. Нами ранее был описан состав редких минералов [7; 9].

Однако в вышеописанных работах нет увязки процессов, которые происходили в породах с зафиксированными возрастными этапами.

Цель статьи — установление связи минералогии и геохимии пород с условиями и возрастом этапов метаморфизма Карабашского массива и выделение акцессорных минералов-индикаторов условий образования и этапов формирования массива.

Анализ геохимических данных позволил выявить специфичные черты содержаний и характера распределения РЗЭ ультрамафитов как следствие поздних наложенных процессов.

**Методика исследований.** Объектом исследования являются ультрамафитовые породы Карабашского массива, силикатные анализы ультрамафитов которого выполнены на базе центра коллективного пользования ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН по исследованию минерального сырья (г. Миасс) атомно-абсорбционным методом (аналитики Л. Б. Лапшина, Н. В. Шаршуева), содержания РЗЭ в породах определены методом ИСП МС (аналитики К. А. Филиппова, М. С. Свиренко). Для монофракций отдельных минералов проведен электронно-микроскопический анализ (растровый микроскоп РЭММА-202М с микроанализатором, аналитик В. А. Котляров). Параметры анализа: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток на образце  $3 \cdot 10^{-10}$  А; стандарты: AstJMEX scientific Limited MJNM 25–53 Mineral Mount serial № 01–044. Содержание Ti в цирконах

определялось методом вторично-ионной масс-спектрографии на приборе SAMESA IMS-4F в Институте микроэлектроники и информатики РАН г. Ярославль.

**Краткая геологическая характеристика массива.** Массив расположен на восточной окраине г. Карабаш, залегает среди вулканогенных и вулканогенно-осадочных островодужных комплексов  $O_2$ – $D_3$ . Представлен серией полос северо-северо-восточного простирания (рис. 1), сложенных серпентинизированными альпинотипными ультрамафитами разной степени измененности. В большей степени породы состоят из серпентинизированных гарцбургитов. У подножия склонов в западной части массива наблюдаются фрагменты аподунитовых

серпентинитов. В северной части массива отмечены средне-крупнозернистые аполерцолитовые ультрамафиты, иногда с мелкими шширами вебстеритов [1].

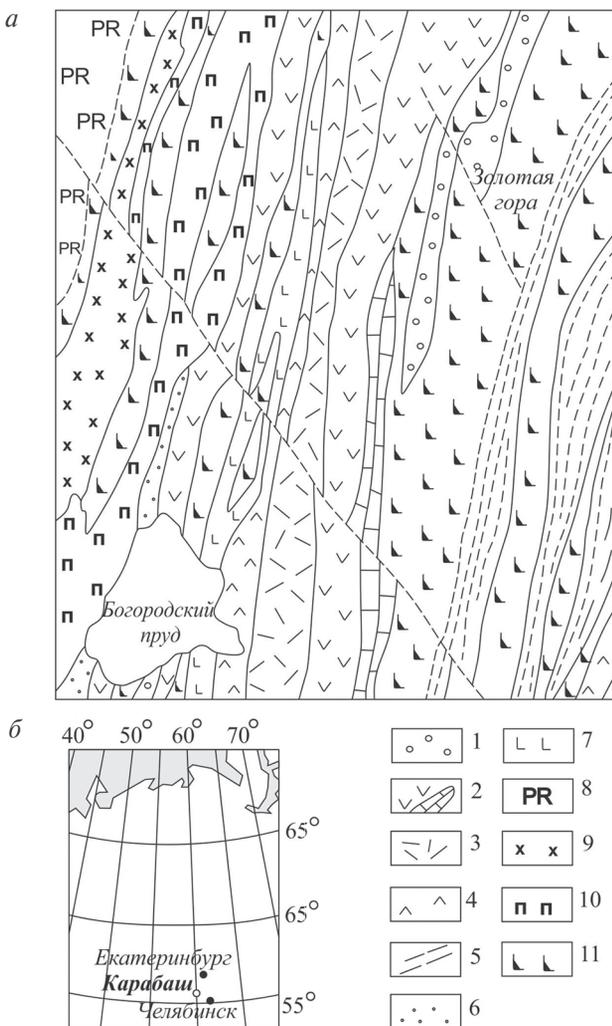
В ультрамафитах проявлены многочисленные зеркала и полосы скольжения, зоны дробления. На отдельных участках (восточная часть) внутри полос серпентинитов присутствуют прослои глинистых и иных сланцев, а также метавулкаников [1; 14]. В центральной части Карабашского массива установлены тела золотоносных родингитов мощностью до 3 м, которые протягиваются по субмеридиональной тектонической зоне на расстояние около 3 км [10; 14]. В краевых частях массива распространены зоны золотоносных метасоматитов магнетит-хлорит-карбонатного, магнетит-хлоритового, гранат-хлоритового состава небольшой протяженности (первые десятки метров). В юго-западной части массива, на контакте с вмещающими вулканогенно-осадочными породами, встречаются тела лиственитов. Ультрамафиты Карабашского массива относятся к реститовому комплексу [2]. Возрастные этапы формирования и преобразования пород массива попадают в интервал 1740–315 млн лет [6].

**Минералы-индикаторы процессов метаморфизма ультрамафитов.** В ультрамафитах Карабашского массива (серпентинизированные гарцбургит и дунит) ранее нами были изучены следующие минералы (табл. 1): оливин, пироксен, серпентин, карбонат; редкие: гранат, амфиболы, флогопит, рутил, титанит, плагиоклаз, калиевый полевой шпат, кианит, мусковит, пирит [9]. Некоторые из ранее описанных редких минералов рассмотрены как индикаторы процессов формирования и преобразования ультрамафитов.

**Гранат** в ультраосновных породах характеризуется как важный признак глубинных условий формирования. Н. В. Соболевым с соавторами установлено закономерное изменение содержания  $CaO$  и  $Cr_2O_3$  в гранатах лерцолитов, гарцбургитов и верлитов [13].

Гранат из ультраосновных пород Карабашского массива обладает широкими вариациями состава: пироп 1–43, альмандин 11–87, спессартин 1–24, гроссуляр + андрадит 2–85. Особенности состава граната позволяют рассматривать отдельные его разновидности, отражающие условия преобразования ультрамафитов.

Преобладают пироп-альмандины ( $Prp_{16,8-30,2}Alm_{53,9-56,0}Sps_{1,7-13,9}Grs_{12,4-15,4}$ ) и альмандины ( $Prp_{8,9-13,7}Alm_{58,5-86,6}Sps_{2,8-24,0}Grs_{1,7-21,1}$ ). Для пироп-альмандина характерно замещение Mg на Mn, а альмандина – Mg + Fe на Mn и Ca + Mn на Fe. Обнаружены также единичные зерна альмандин-пироба с высоким содержанием кальциевого минала ( $Prp_{42,9}Alm_{28,3}Sps_{0,6}Grs_{28,2}$ ). Андрадит-гроссуляр  $Prp_{0,8-2,2}Alm_{11,5-26,5}Sps_{0,5-1,2}Grs_{72,3-85,0}$  образован на завершающих этапах формирования массива, сопоставимых по времени с появлением родингитов и хлорит-карбонатных пород.



**Рис. 1.** Схема геологического строения Карабашского рудного поля (масштаб 1 : 100 000) [14] (а) и его географическое положение (б)

1 – колтубанская свита  $D_3$ ; 2 – улатауская свита  $D_{2-3}$ ; 3 – карамалыташская свита  $D_2$ ; 4 – ирендыкская свита  $D_{1-2}$ ; 5 – пиритоносные углеродисто-глинистые и кремнистые сланцы и тонкослоистые алевролиты  $S_1$ ; 6 – юзельская свита  $O_3$ – $S_1$ ; 7 – поляковская свита  $O_2$ ; 8 – метаморфический комплекс Pr; 9 – гранодиоритовый комплекс, кварцевые диориты  $S_1$ ; 10 – агордяшский комплекс, габброиды  $D_{2-3}$ ; 11 – ультрамафиты

Представительные анализы редких и аксессуарных минералов из ультраосновных пород Карабашского массива, мас. %

Номер анализа	Минерал	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Σ
<i>Аподунитовый серпентинит</i>													
1	En	44,09	0,19	20,26	—	15,04	0,24	16,85	0,71	1,63	—	—	99,02
2	Srp	42,80	—	1,28	0,07	1,31	—	40,30	—	—	—	—	85,76
3	Srp	44,90	—	0,90	0,02	1,44	—	41,80	—	—	—	—	89,06
4	Rt	—	99,34	0,02	—	0,21	0,11	—	—	—	—	—	99,68
5	Rt	0,44	97,60	0,11	0,40	0,07	—	—	—	—	—	0,86	99,48
6	Ts	46,57	2,09	13,44	—	6,40	—	17,03	11,34	1,24	0,11	—	98,38
7	Hbl	51,65	1,34	8,91	—	6,70	—	17,16	10,53	2,26	0,27	—	98,83
8	Phl	40,30	4,73	17,40	—	5,98	—	20,80	—	1,14	6,45	—	96,80
9	Gt	36,98	—	20,25	—	20,05	18,98	2,63	1,19	—	—	—	100,08
10	Grt	38,9	0	22,1	—	25,8	0,77	7,85	4,49	—	—	—	99,91
11	Grt	37,9	0,06	21,3	—	24,6	6,28	4,31	5,46	—	—	—	99,91
12	Grt	37,04	—	20,88	—	36,23	1,23	2,93	1,00	—	—	—	99,31
13	Grt	37,26	0,13	20,74	—	22,92	9,89	0,74	8,75	—	—	—	100,43
14	Grt	36,47	—	20,08	—	27,46	10,89	2,42	2,21	—	—	—	99,53
15	Grt	38,9	0,18	18,5	—	6,1	0,65	0,65	35	—	—	—	99,98
16	Tr	58,30	—	0,75	—	2,46	—	24,13	12,03	0,56	0,06	—	98,28
17	Kfs	64,47	—	17,95	—	—	—	—	—	0,66	15,84	—	99,65
18	Pl	61,63	—	23,30	—	—	—	—	5,68	8,43	0,40	—	99,45
19	Py	—	—	—	—	46,3	—	—	—	—	—	53,1	99,40
<i>Апогарибургитовый серпентинит</i>													
20	Ol	42,17	—	—	—	4,23	0,44	52,53	—	—	—	—	99,37
21	Di	53,39	0,01	1,59	0,31	0,79	0,01	21,83	21,73	0,14	—	—	99,80
22	Di	53,55	0,08	1,36	0,20	0,47	—	20,01	23,76	0,15	—	—	99,59
23	Srp	44,50	—	0,89	0,17	1,09	—	42,00	—	—	—	—	88,65
24	Srp	40,80	—	5,55	0,33	2,57	—	40,60	—	—	—	—	89,85
25	Grt	37,89	—	21,71	—	29,19	1,02	6,67	3,03	—	—	—	99,51
26	Grt	37,51	—	21,32	—	26,87	3,03	3,52	7,55	—	—	—	99,8
27	Grt	36,30	2,75	8,91	—	16,49	0,30	0,27	35,05	—	—	—	100,07
28	Grt	36,6	0	20,1	—	38,8	1,25	2,23	0,58	—	—	—	99,56
29	Grt	40,8	0	23	—	13,5	0,28	11,5	10,5	—	—	—	99,58
30	Grt	37,7	0,03	21,5	—	25,1	4,34	2,83	8,27	—	—	—	99,77
31	Spl	—	0,15	31,20	38,50	14,20	0,21	15,0	—	—	—	—	99,26
32	Spl	—	0,30	1,88	33,80	43,90	8,93	2,49	—	—	—	0,67* (Zn)	91,97
33	Spl	—	0,14	0,90	31,00	50,40	8,38	2,12	—	—	—	—	92,94
34	Spl	—	—	—	0,63	86,40	0,27	1,82	—	—	—	0,42* (Ni)	89,54
35	Ttn	28,9	40,5	1,37	—	0,54	—	—	27,9	—	—	—	99,21
36	Ky	36,9	—	63,00	—	—	—	—	—	—	—	—	99,90
37	Ms	46,4	0,49	36,6	—	1,10	—	0,96	—	1,41	8,98	—	95,94
38	Cal	—	—	—	—	—	—	1,51	54,10	—	—	—	55,61
39	Dol	—	—	—	—	—	0,07	19,80	32,00	—	—	—	51,87
40	Mgs	—	—	—	—	0,97	0,8	44,00	—	—	—	—	45,77
41	An	44	—	35,80	—	—	—	—	19,80	0,16	—	—	99,76
42	Kfs	64	—	18,20	—	—	—	—	—	0,6	15,4	1,5* (Ba)	99,70

Индексы минералов: An – анортит, Cal – кальцит, Di – диопсид, Dol – доломит, En – энстатит, Grt – гранат, Hbl – роговая обманка, Kfs – калиевый полевошпат, Ky – кианит, Mgs – магнезит, Ms – мусковит, Ol – оливин, Phl – флогопит, Pl – плагиоклаз, Rt – рутил, Srp – серпентин, Spl – шпинель, Ts – чермакит, Ttn – титанит, Tr – тремолит, Py – пирит.

*Хромшпинелиды* являются важными индикаторами процессов пороодообразования благодаря высокой чувствительности их состава к изменяющимся внешним условиям [17; 19]. Установлено, что для офиолитовых шпинелидов свойственны значительные вариации отношения Cr/Al, небольшие изменения отношения Mg/Fe и низкое содержание Ti [18; 21; 25].

Хромшпинелиды Карабашского массива характеризуются значительными вариациями содержаний главных компонентов: хрома, алюминия и железа. Значение #Cr (Cr/(Cr + Al)) меняется в пределах 0,55–0,97; #Mg (0,04–0,52). По составу выделены три группы хромшпинелидов с различными условиями формирования. Хромшпинель глиноземистая (Al = 1,0–1,5 ф. е.) с высоким содержанием хрома (Cr = 0,8–1,0 ф. е.) и низкой железистостью (0,35) является ранней генерацией. Хромит (Cr = 1,15–1,25) – типичный для ультраосновных пород минерал. Внешние каймы зерен хромита сформированы хроммагнетитом-магнетитом (Fe<sup>2+</sup> до 1,85 ф. е., Mg до 0,14 ф. е., Ni до 0,02 ф. е.).

*Амфиболы* представлены чермакитом (# Mg = 0,83, Ti = 0,30 ф. е. и Na = 0,44 ф. е.), роговой обманкой (# Mg = 0,84, Ti = 0,14 ф. е., Na = 0,60 ф. е.) и тремолитом (# Mg = 0,94–0,95, Na = 0,14–0,16 ф. е.), при этом чермакит и роговая обманка – включения в рутиле. Тремолит образован на завершающем этапе преобразования массива.

*Слюды* представлены флогопитом (# Mg = 0,86) и мусковитом (Na до 0,18 ф. е.). Флогопит при этом проявлен в виде включения в рутиле, т. е. образован в ту же стадию, что и рассмотренные выше чермакит и роговая обманка; мусковит отмечен в виде сростания с кианитом, т. е. принадлежит завершающим этапам формирования.

*Циркон* в исследуемых пробах на основании взаимосвязи параметров концентраций La, Ce и Sm подразделен на три типа: М – магматический, М1 – переходный, Н – гидротермальный [4] (табл. 2).

Цирконы с возрастом 1700–1800 млн лет отвечают М- и М1-типам, содержат Ti от 6,7 до 23 г/т и характеризуются температурой 723–820 °С. Цирконы с датировками в возрастном интервале 520–580 млн лет отвечают М- и Н-типам, содержат Ti от 4,1 до 9 г/т и характеризуются температурами 668–732 °С. Цирконы с датировками в возрастном интервале 430–480 млн лет отвечают всем трем М, М1 и Н-типам, содержат Ti от 11,9 до 21,7 г/т и характеризуются температурами 757–814 °С.

**Петрогеохимическая характеристика ультрамафитов.** Для ультрамафитов Карабашского массива свойственны вариации содержаний SiO<sub>2</sub> 37,6–41,8 мас. % (табл. 3). Эти породы крайне бедны (мас. %): TiO<sub>2</sub> 0,02–0,07, Na<sub>2</sub>O 0,07–0,14, K<sub>2</sub>O до 0,03. Значения #Mg составляют 0,78–0,93 при содержании MgO 37,72–41,55 мас. %, характерны незначительные концентрации Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,36–1,95 мас. %) и CaO (0,08–1,49 мас. %). Соотношения главных петрогенных компонентов в них составляют: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> 0,01–0,04, MgO/SiO<sub>2</sub> 0,93–1,02 и CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,17–1,90, что соответствует альпинотипным ультрамафитам [2].

Ультрамафиты характеризуются относительно низким содержанием редкоземельных элементов (ΣРЗЭ = 1,39–5,21 г/т) при преобладании легких редкоземельных элементов (ЛРЗЭ) над тяжелыми (ТРЗЭ), ТРЗЭ/ЛРЗЭ = 0,09–0,30. Спектры распределения РЗЭ (рис. 2) имеют отрицательный наклон, в области средних РЗЭ наблюдается сглаженный минимум, для гарцбургитов спектр осложнен слабой отрицательной

Таблица 2  
Возраст и тип цирконов из ультрамафитов Карабашского массива, концентрации титана и значения температуры кристаллизации циркона

Кристалл, кратер	Возраст, млн лет	Тип циркона	Ti, г/т	T, °C
<i>Аподунитовый серпентинит</i>				
5.1	1868 ± 17	М	6,7	707
1.1	1737 ± 14	М <sub>1</sub>	8,1	723
1.2	1761 ± 15	М	13,0	765
1.3	1710 ± 21	М	26,6	835
2.1	1670 ± 11	М <sub>1</sub>	22,5	818
6.1	521 ± 10	М	9,0	732
5.2	478 ± 9	Н	11,9	757
<i>Апогарцбургитовый серпентинит</i>				
4.2	1759 ± 30	М	23,1	820
4.1	1706 ± 25	М <sub>1</sub>	19,6	804
2.1	1700 ± 26	М	20,4	808
1.2	577 ± 10	М	7,9	721
1.3	567 ± 12	Н	4,1	668
3.1	456 ± 9	М	21,7	814
3.2	436 ± 12	М <sub>1</sub>	12,7	781
3.3	431 ± 10	Н	15,5	762

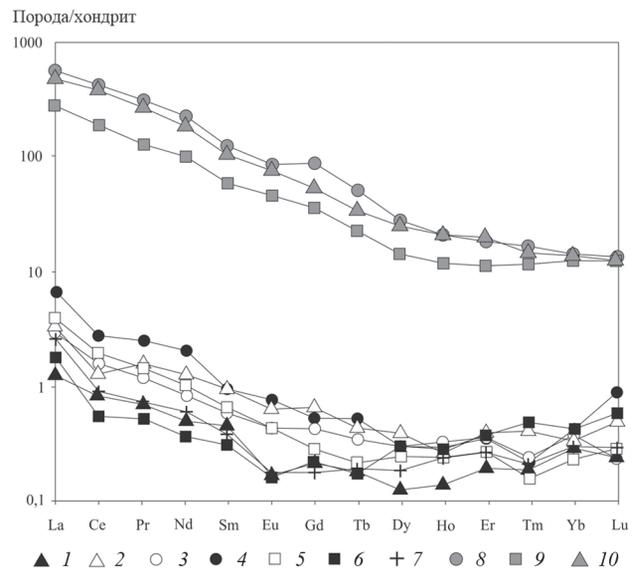


Рис. 2. Распределение РЗЭ в гипербазитах, родингитах Карабашского массива

1 – серпентинизированный дунит; 2 – серпентинизированный гарцбургит; 3–7 – серпентиниты; 8, 9 – родингит; 10 – хлорит-карбонатный метасоматит

Содержания петрогенных (мас. %) и редкоземельных (г/т) элементов в породах Карабашского массива

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	41,8	40,1	38,83	40,02	38,93	37,6	41,64	37,24	37,7	6,42
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,02	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05	1,05	1,15	0,79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	1,95	0,48	0,63	0,36	0,78	0,72	3,73	2,02	3,08
ΣFeO	6,87	6,62	9,02	6,77	10,15	8,17	2,91	10,1	9,57	10,35
MnO	0,09	0,13	0,12	0,11	0,14	0,15	0,11	0,22	0,2	0,69
MgO	39	39,27	37,72	39,81	38,19	38,71	41,55	19,24	13,59	13,06
CaO	0,08	0,34	0,28	0,35	0,28	1,49	0,28	21,17	36,44	42,01
Na <sub>2</sub> O	0,14	0,13	0,09	0,08	0,08	0,09	0,07	0,15	0,07	0,14
K <sub>2</sub> O	—	—	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,07	0,05	2,14	1,39	1,24
п. п. п.	11,8	11,6	12,48	12,24	0,9	12,96	12,38	5,6	7,04	22,5
Σ	100,29	100,22	99,45	100,19	99,35	100,17	99,91	100,66	99,28	100,3
Zr	0,53	0,48	3,29	1,89	2,16	5,20	6,86	200,66	138	54,0
Nb	0,07	0,05	<0,01	0,13	0,24	0,16	0,15	20,16	7,21	18,05
La	0,31	0,80	0,72	1,67	0,97	0,43	0,63	136,33	116,37	69,52
Ce	0,53	0,85	1,01	1,75	1,28	0,36	0,58	268,46	241,41	119,93
Pr	0,07	0,16	0,11	0,24	0,14	0,05	0,07	28,93	26,57	12,05
Nd	0,24	0,61	0,40	0,98	0,48	0,18	0,30	107,76	91,46	46,98
Sm	0,07	0,15	0,09	0,14	0,11	0,05	0,06	18,89	16,29	9,01
Eu	0,01	0,04	0,03	0,04	0,03	0,01	0,01	5,03	4,36	2,62
Gd	0,05	0,14	0,09	0,11	0,06	0,05	0,04	18,34	11,33	7,38
Tb	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	1,98	1,27	0,86
Dy	0,03	0,10	0,08	0,08	0,07	0,08	0,05	7,18	6,60	3,56
Ho	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	1,20	1,15	0,68
Er	0,03	0,07	0,06	0,06	0,04	0,06	0,04	3,07	3,41	1,87
Tm	0,01	0,01	0,01	0,01	—	0,01	0,01	0,43	0,39	0,30
Yb	0,05	0,06	0,06	0,07	0,04	0,07	0,05	2,40	2,40	2,03
Lu	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,34	0,32	0,33
Cr	2084	2289	2166	1428	1569	2316	2277	491,83	434,96	17,03
Co	82,29	87,75	126,79	97,08	115,59	98,36	96,49	48,64	37,88	33,10
Ni	1495	1550	2783	2294	2451	2343	2485	189,53	227,62	65,19
Sr	8,53	14,95	19,50	40,45	21,28	41,37	17,05	427,32	420,22	3231
Ba	6,84	15,03	120,13	10,38	23,14	6,41	5,44	22,66	41,38	55,64

Примечание. 1 – аподунитовый серпентинит, 2 – апогарцбургитовый серпентинит, 3–7 – серпентиниты, 8, 9 – родингиты, 10 – хлорит-карбонатный метасоматит.

(Eu/Eu\* = 0,18–0,33) европиевой аномалией (рис. 2). Форму спектров можно охарактеризовать как слабовыраженную U-образную, в целом отрицательную. Среднее суммарное содержание РЗЭ в ультрамафитах Карабашского массива близко к хондритовому. Значения параметра La/Yb изменяются в интервале 5,86–25,86, составляя в среднем 14,19. Наиболее низким значением этого параметра характеризуются серпентинизированные гарцбургиты. Для ультрамафитов Карабашского массива отмечаются высокие содержания типоморфных – Cr (до 2277 г/т), Ni (до 2783 г/т) и Co (до 127 г/т), а также литофильных элементов – Sr (до 41,1 г/т), Ba (до 120 г/т) при отношении Ba/Sr = 0,26–6,16.

**Метаморфизм.** На основании особенностей состава хромшпинели, циркона и других редких минералов выделены этапы и условия метаморфизма ультрамафитов.

Хромшпинель – типоморфный минерал-индикатор процессов, протекающих в ультрамафитах.

Хромшпинель с содержанием глинозема до 31,2 %, предположительно, мантийного происхождения, является наиболее ранним минералом ультрамафитов, температура ее формирования 800–900 °С [20].

На основании датировки по цирконам [6] выделяются три этапа формирования и преобразования ультрамафитов Карабашского массива, каждому из которых соответствует своя температура. Оценка температуры кристаллизации циркона по содержанию в нем титана – на сегодня наиболее применяемый метод [19; 23]. Цирконы из ультрамафитов Карабашского массива характеризуются вариацией концентрации Ti 4,1–26,6 г/т, что отражает широкое проявление процессов преобразования пород. Для оценки температуры каждого из этапов выбраны цирконы только М-типа.

Ранние метаморфические процессы фиксируются цирконом магматического типа, соответствующего возрасту 1720–1750 млн лет, а температура формирования этих цирконов – 720–840 °С.

Следующим этапом, «записанным» в цирконе, является возрастная интервал 520–580 млн лет с температурой 670–730 °С. Этот этап соответствует промежуточным процессам, происходящим в магматическом расплаве.

Последний этап, отраженный в цирконах для ультраосновных пород, – 430–480 млн лет с температурами 760–800 °С. В это время происходило внедрение во вмещающие осадочные породы.

Минералогическое разнообразие ультрамафитов также указывает на полиметаморфизм массива. Ранее нами были выделены группы минералов, которые связаны с различными условиями их образования [9].

На первом выделенном по цирконам этапе вероятно появление алюмоэнстатита с предельно высокими содержаниями  $Al = 15–20$  мас. % и  $Ca = 0,7–0,9$  мас. % ( $T = 1050–1350$  °С,  $P = 30$  кбар по геотермобарометру) [15; 16]

Распределение железо-магнезиальных элементов в пироп-альмандине ( $Prp_{30,2}Grs_{12,4}$ , #F = 65) и алюмоэнстатите (#F = 32) соответствует кривой распределения железистости граната и ортопироксена по Н. В. Соболеву [14], что позволяет предполагать их равновесность, однако расчет  $T$  при  $P = 30$  кбар дает более низкое ее значение (632 °С). Высококальциевый альмандин-пироп ( $Prp_{42,9}Ca-compr_{28,3}$ ), согласно экспериментальным данным [3] и сопоставимости его по составу с гранатами дистеновых эклогитов из кимберлитов и других ультравысокобарических пород, вероятно, образован при  $P \geq 20–23$  кбар. Следовательно, эти гранаты сформированы на втором этапе.

Чермакит и роговая обманка, согласно амфиболитовому геотермобарометру [8] и по содержанию Ti в амфиболе, образованы при  $T$  ниже 925–930 °С и  $T = 650–700$  °С и  $P = 10–11$  кбар и  $P = 7,5–8$  кбар соответственно, что позволяет отнести их к третьему этапу. На этом же этапе вероятнее всего появление флогопита, который, по экспериментальным данным [22], мог формироваться при  $P \sim 10–25$  кбар и  $T = 350–785$  °С. Здесь же происходит первая высокотемпературная стадия серпентинизации – антигоритовая.

Завершающая стадия (310–315 млн лет) эволюции массива – формирование в его пределах родингитов и хлорит-карбонатных пород [6]. Для ультрамафитов это имеет отражение в появлении таких метасоматических минералов, как андрадит-гроссуляровые гранаты, мусковит, кианит, и второй стадии серпентинизации – лизардитовой, а также карбонатизации серпентинитов. Ассоциация кианит + мусковит образована при  $T = 600–667$  °С и  $P = 7$  кбар (по содержанию Si = 3,02 ф. е., мусковит-гранатовому геотермометру [24]).

Многоэтапность процессов формирования массива проявлена не только в минералогии, но и в геохимии пород. Ультрамафиты массива по концентрации и распределению петрогенных, редких и редкоземельных элементов, в соответствии с геохимической характеристикой

«мантийных» и «коровых» ультрамафитов [12], несут мантийные черты. Серпентинизация, связанная с процессами «внедрения» их в земную кору, отражена в наличии слабовыраженной отрицательной европиевой аномалии. Преобразования ультрамафитов в коровых условиях, связанные с участием флюида и поздних метаморфических процессов, проявлены в обогащении ультрамафитов Карабашского массива легкими РЗЭ. Поздние процессы с привнесением флюида, обогащенного РЗЭ, проявлены и в родингитах, несущих ураганные концентрации всего спектра РЗЭ, что отмечалось также в работах предшественников [10]. Направленность спектров распределения РЗЭ в родингитах, хлорит-карбонатных породах и ультрамафитах Карабашского массива схожа, что свидетельствует о единстве поздних процессов, а высокие концентрации крупноионных литофильных элементов (Ba, Sr) – о преобразованиях в коровых условиях.

**Заключение.** В ультрамафитах Карабашского массива выявлены особенности состава циркона, хромшпинелидов и других редких минералов, которые отражают полиметаморфические преобразования ультрамафитов Карабашского массива (табл. 4). Сделана попытка  $PT$ -оценки ранее выделенных этапов. Полиметаморфизм массива отражен также и в геохимии пород.

Выделены как минимум четыре этапа метаморфических преобразований: ранние 1720–1750 млн лет, к которым отнесено появление высокоглиноземистого алюмоэнстатита; промежуточные (520–580 млн лет) – пироп-альмандиновые и альмандин-пироповые гранаты; этап внедрения ультраосновных пород во вмещающие (430–480 млн лет) с возникновением в породах чермакита, роговой обманки, флогопита и других минералов; последний (завершающий) этап (310–315 млн лет) связан с метасоматическими процессами, протекает одновременно с формированием в пределах массива родингитов и хлорит-карбонатных пород, для ультрамафитов преобразования отражены в возникновении высококальциевых гранатов и таких минералов, как кианит, мусковит, кальцит и др.

1. Геология и минералогия месторождения медистого золота Золотая гора (Карабашское), Средний Урал (о проблеме «золото-родингитовой» формации) / Э. М. Спиридонов, П. А. Плетнев., Е. В. Перельгина, М. С. Рапопорт. – М.: МГУ, 1997. – 192 с.

2. Геология, петрохимия и хромитонность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала / Д. Е. Савельев, В. Н. Сначев, Е. Н. Савельева, Е. А. Бажин. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. – 320 с.

3. Грин Т. Х. Экспериментальное исследование ассоциаций субсолидуса, образующихся при высоких давлениях за счет высокоглиноземистых базальтов, кианитовых эклогитов и гроспидитов // Происхождение главных серий изверженных пород по данным экспериментальных исследований. – Л.: Недра, 1970. – С. 21–52.

## Сопоставление минералогии ультрамафитов Карабашского массива с этапами формирования (PT-условия)

Этапы формирования массива; возраст, млн лет	PT-параметры	Индекс-минералы / Номер анализа по табл. 1
Образование вещества гипербазитов в мантии, преобразования верхнемантийных ультрамафитовых реститов; 1720–1750	$T = 1050–1350\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $P = 30\text{ кбар}$ ↓ $720–840\text{ }^{\circ}\text{C}$	En (Al IV = 0,25–0,41 ф. е., Al VI = 0,41–0,44 ф. е.) / 1 Di (#Mg = 0,97–0,98) / 21, 22 Ol (#Mg = 0,93–0,95) / 20
Промежуточные процессы; 530–565	$670–730\text{ }^{\circ}\text{C}$ $P \geq 20–23\text{ кбар}$	Prp <sub>30,2</sub> Alm <sub>56,0</sub> Sps <sub>1,7</sub> Gr <sub>12,4</sub> / 10 Prp <sub>42,9</sub> Alm <sub>28,3</sub> Sps <sub>0,6</sub> Gr <sub>28,2</sub> / 21, 22
Внедрение ультрамафитов во вмещающие породы; 420–460	$760–800\text{ }^{\circ}\text{C}$ $10–11\text{ кбар}$ ↓ $650–700\text{ }^{\circ}\text{C}$ $7,5–8\text{ кбар}$	Ts (#Mg = 0,83) / 6  Hbl (#Mg = 0,84) / 7 Phl (Ti $\geq$ 4,5 мас. %, Si $\geq$ 2,8 ф. е.) / 8 Rt / 4, 5 Atg / 2, 23
Формирование хлорит-карбонатных пород и родинитов, появление золота, поздних минералов; 310–315	$760\text{ }^{\circ}\text{C}$ $7\text{ кбар}$ ↓ $600–667\text{ }^{\circ}\text{C}$	Alm <sub>11,5</sub> Sps <sub>1,2</sub> Prp <sub>2,2</sub> Ca-comp <sub>85,0</sub> / 15 Tr / 16 Ky / 36 Pl и Kfs / 18, 42 Cal, Dol, Mgs / 38–40 Lz / 3, 24

4. Вализер П. М., Краснобаев А. А., Глебова Н. М. Ультрамафиты ильмено-вишневогорского комплекса (Южный Урал): геотермометрия по Ti в цирконе // Вестник Коми. – 2019. – № 8. – С. 25–32.

5. Кисин А. Ю., Мурзин В. В., Притчин М. Е. Тектоническая позиция золотого оруденения горы Карабаш (Южный Урал) по результатам изучения малых структурных форм // Литосфера. – 2016. – № 4 – С. 79–91.

6. Краснобаев А. А., Вализер П. М. Возрастные и генетические взаимоотношения гипербазитов, родинитов и хлорит-карбонатных пород Карабашского массива (Южный Урал) // Литосфера. – 2016. – № 3. – С. 112–125.

7. Медведева Е. В. Алюмоэнстатит из Карабашского и Няшевского массивов (Южный Урал) / Е. В. Медведева, Н. М. Мурдасова, А. Б. Немов, В. А. Котляров // Минералогия. – 2016. – № 4. – С. 48–55.

8. Мишкин М. А. Амфиболовый геотермобарометр для метабазитов // ДАН СССР. – 1990. – Т. 312, № 4. – С. 944–946.

9. Мурдасова Н. М., Вализер П. М. Минералы ультрамафитов Карабашского массива (Южный Урал) // Вестник Коми. – 2015. – № 3. – С. 3–8.

10. Мурзин В. В., Ронкин Ю. Л. Геохимия редкоземельных элементов как показатель генезиса золотоносных родинитов Карабашского массива альпинотипных гипербазитов (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов. – 2007. – Миасс: ИМин УрО РАН. – С. 5–10.

11. Мурзин В. В. Золотое оруденение в родинитах массивов альпинотипных гипербазитов / В. В. Мурзин, В. Н. Сазонов, Д. А. Варламов, С. Н. Шанина // Литосфера. – 2006. – № 1. – С. 113–134.

12. Ревердатто В. В., Селятицкий А. Ю., Карсвелл Д. А. Геохимические различия «мантийных» и «коровых» перidotитов/пироксенитов в метаморфических комплексах высоких-сверхвысоких давлений // Геология и геофизика. – 2008. – № 2. – С. 99–119.

13. Соболев Н. В. Парагенетические типы гранатов. – М.: Наука, 1964. – 218 с.

14. Спиридонов Э. М., Плетнев П. А. Месторождение медистого золота Золотая гора. – М.: Научный мир, 2002. – 220 с.

15. Brey G. P., Kohler T., Nickel K. G. Geothermobarometry in four-prase lherzolites. I. Experimental results from 10 to 60 kb // Journal of Petrology. – 1990. – Vol. 31. – Pp. 1313–1352.

16. Brey G. P., Kohler T. Geothermobarometry in four-phase lherzolites. II. New thermobarometers and practical assessment of existing thermobarometers // Journal of Petrology. – 1990. – Vol. 31. – Pp. 1353–1352.

17. Dick H. J. B., Bullen T. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 1984. – N 86 – Pp. 54–76.

18. Dickey J. S. A hypothesis of origin for podiform chromite deposits // Chromium: its physicochemical behavior and petrologic significance. – 1976. – Pp. 1061–1074.

19. Fu B. Ti-in-zircon thermometry: applications and limitations / B. Fu, E. Z. Page, A. J. Cavosie, J. Fournelle, N. T. Kita, J. S. Laskey, S. A. Wilde, J. W. Valley // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 2008. – Vol. 156. – Pp. 197–215.

20. Irvine T. N. Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part I: Theory // Canadian Journal of Earth Sciences. – 1965. – N 2 – Pp. 648–672.

21. Leblanc M., Violette J. F. Distribution of aluminiumrich and chromium-rich chromite pods in ophiolite peridotites // Economic Geology. – 1983. – N 78. – Pp. 293–301.

22. Massonne H. J. Experimental and petrogenetic study of UHPM // Ultrahigh pressure metamorphism. – New York: Cambridge University Press. – 1995. – Pp. 33–95.

23. Page F. Z. Zircons from kimberlite: New insights from oxygen isotopes, trace elements, and Ti-in-zircon thermometry / F. Z. Page, B. Fu, N. T. Kita, J. Fournelle, M. J. Spicuzza, D. J. Schulze, F. Viljoen, M. A. S. Basei, J. W. Valley // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2007. – Vol. 71. – Pp. 3887–3903.

24. Ravna E. J., Paquin J. Thermobarometric methodologies applicable to ecologies and garnet ultrabasites // EMU Notes in Mineralogy. – 2003. – Vol. 5 (8) – Pp. 229–259.

25. Thayer T. P. Principal features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman – Soridag District, Turkey // Economic Geology. – 1964. – N 59 – Pp. 1497–1524.

1. Spiridonov E. M., Pletnev P. A., Pereyagina E. V., Rapoport M. S. Geologiya i mineralogiya mestorozhdeniya medistogo zolota Zolotaya gora (Karabashskoe), Sredniy Ural (o probleme «zoloto-rodingitovoy» formatsii [Geology and mineralogy of the copper gold deposit Zolotaya Gora (Karabash), Middle Urals (on the problem of the “gold-rhodite” formation)]. Moscow: MGU. 1997. 192 p.
2. Savel'ev D. E., Snachev V. N., Savel'eva E. N., Bazhin E. A. Geologiya, petrokimiya i khromitnosnost' gabbro-giperbazitovykh massivov Yuzhnogo Urala [Geology, petrochemistry and chromium ores gabbro-ultrabasic massifs of the Southern Urals]. Ufa: DizaynPoligrafServis. 2008. 320 p.
3. Grin T. Kh. Experimental study of subsolidus associations formed at high pressures due to high-alumina basalts, kyanite eclogites and grosspidites. *Origin of the main series of igneous rocks according to experimental data*. Leningrad: Nedra. 1970. Pp. 21–52. (In Russian).
4. Valizer P. M., Krasnobaev A. A., Glebova N. M. Ultramafics of ilmeno-vishnevogorsky complex (South Urals): geothermometry of Ti-in-zircon. *Vestnik Komi*. 2019. No 8, pp. 25–32. (In Russian).
5. Kisin A. Yu., Murzin V. V., Pritchkin M. E. Tectonic position of the gold mineralization of the Karabash Mountain (Southern Urals): Examination of small structural forms. *Litosfera*. 2016. No 4, pp. 79–91. (In Russian).
6. Krasnobaev A. A., Valizer P. M. Age and genetic relationships of ultramafites, rhodinites and chlorite-carbonate rocks of Karabash Massif (South Urals). *Litosfera*. 2016. No 3, pp. 112–125. (In Russian).
7. Medvedeva E. V., Murdasova N. M., Nemov A. B., Kotlyarov V. A. Alumoestatitits from the Karabash and Nya-shevsky massifs (South Ural). *Mineralogiya*. 2016. No 4, pp. 48–55. (In Russian).
8. Mishkin M. A. Amphibole geothermobarometer for metabasites. *DAN SSSR*. 1990. Vol. 312. No 4, pp. 944–946.
9. Murdasova N. M., Valizer P. M. The minerals of the ultramafic rocks of the Karabash Massif (South Urals). *Bulletin of Komi*. 2015. No 3, pp. 3–8. (In Russian).
10. Murzin V. V., Ronkin Yu. Geochemistry of rare-earth elements as an indicator of the genesis of gold-bearing rhodite of the Karabash Massif of alpinotype hyperbasites (Southern Urals). *Metallogeny of ancient and modern oceans*. Miass: IMIN UrO RAN. 2007. Pp. 5–10. (In Russian).
11. Murzin V. V., Sazonov V. N., Varlamov D. A., Shanina S. N. Gold mineralization in rhodite arrays of alpinotype hyperbasites. *Litosfera*. 2006. No 1, pp. 113–134. (In Russian).
12. Revepdatto V. V., Selyatitskiy A. Yu., Karsvell D. A. Geochemical differences between “mantle” and “crustal” peridotites/pyroxenites in metamorphic complexes of high-ultra-high pressures. *Geologiya i geofizika*. 2008. No 2, pp. 99–119. (In Russian).
13. Sobolev N. V. Parageneticheskie tipy granatov [Paragenetic types of garnets]. Moscow: Nauka. 1964. 218 p.
14. Spiridonov E. M., Pletnev P. A. Deposit of copper gold Zolotaya Gora [Mestorozhdenie medistogo zolota Zolotaya gora]. Moscow: Nauchnyy mir. 2002. 220 p.
15. Brey, G. P., Kohler, T., Nickel, K. G. 1990: Geothermobarometry in four-phase lherzolites. I. Experimental results from 10 to 60 kb. *Journal of Petrology*. 31. 1313–1352.
16. Brey, G. P., Kohler, T. 1990: Geothermobarometry in four-phase lherzolites. II. New thermobarometers and practical assessment of existing thermobarometers. *Journal of Petrology*. 31. 1353–1352.
17. Dick, H. J. B., Bullen, T. 1984: Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 86. 54–76.
18. Dickey, J. S. 1976: A hypothesis of origin for podiform chromite deposits. *Chromium: its physicochemical behavior and petrologic significance*. 1061–1074.
19. Fu, B., Page, E. Z., Cavosie, A. J., Fournelle, J., Kita, N. T., Laskey, J. S., Wilde, S. A., Valley, J. W. 2008: Ti-in-zircon thermometry: applications and limitations. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 156. 197–215.
20. Irvine, T. N. 1965: Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part I: Theory. *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2. 648–672.
21. Leblanc, M., Violette, J. F. 1983: Distribution of aluminum-rich and chromium-rich chromite pods in ophiolite peridotites. *Economic Geology*. 78. 293–301.
22. Massonne, H. J. 1995: Experimental and petrogenetic study of UHPM. *Ultrahigh pressure metamorphism*. New York: Cambridge University Press. 33–95.
23. Page, F. Z., Fu, B., Kita, N. T., Fournelle, J., Spicuzza, M. J., Schulze, D. J., Viljoen, F., Basei, M. A. S., Valley, J. W. 2007: Zircons from kimberlite: New insights from oxygen isotopes, trace elements, and Ti-in-zircon thermometry. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 71. 3887–3903.
24. Ravna, E. J., Paquin, J. 2003: Thermobarometric methodologies applicable to ecologies and garnet ultrabasites. *EMU Notes in Mineralogy*. 5 (8). 229–259.
25. Thayer, T. P. 1964: Principal features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman – Soridag District, Turkey. *Economic Geology*. 59. 1497–1524.

Глебова Наталья Михайловна – мл. науч. сотрудник, Ильменский государственный заповедник Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук (ИГЗ ЮУ ФНИЦ МиГ УрО РАН). Территория Ильменского заповедника, Миасс, Челябинская обл., 456317, Россия. <winned by dream@inbox.ru>

Glebova Natal'ya Mikhaylovna – Junior Researcher, Ilmeny State Reserve of the South Ural Federal Research Center and Environmental Geoscience Mineralogy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (ISR SU FRC MG UB RAS). Territory of the Ilmeny State Reserve, Miass, Chelyabinsk district, 456317, Russia. <winned by dream@inbox.ru>

УДК 550.93:552.3:553.43'411(571.620)

О. В. ПЕТРОВ (ВСЕГЕИ), А. И. ХАНЧУК, В. В. ИВАНОВ (ДВГИ ДВО РАН),  
Е. А. КИСЕЛЁВ (Роснедра), В. В. ШАТОВ, Ю. П. ЗМИЕВСКИЙ,  
А. В. МОЛЧАНОВ, А. В. ТЕРЕХОВ, С. А. СЕРГЕЕВ (ВСЕГЕИ)

## U-Pb SIMS геохронология рудоносных магматических пород золото-медно-порфировых проявлений Малмыжского и Понийского рудных полей (Нижнее Приамурье)

Обсуждаются новые данные, полученные в ходе минералого-петрографического, петрогеохимического и изотопно-геохронологического изучения магматических пород Малмыжского и Понийского рудных полей. Результаты изотопно-геохронологических исследований указывают на практически идентичный – сеноманский радиологический возраст их магматической кристаллизации: 97–99 и 93 млн лет соответственно. На основе сравнительного анализа изученных образцов магматических пород Малмыжского и Понийского рудных полей как друг с другом, так и с магматическими породами других порфировых месторождений мира делается попытка уточнить геодинамическую природу их происхождения и выявить регионы с близкими обстановками проявления адакитового гранитоидного магматизма.

*Ключевые слова:* изотопное U-Pb датирование магматических пород, золото-медно-порфировое оруденение, Малмыжское и Понийское рудные поля, Нижнее Приамурье.

O. V. PETROV (VSEGEI), A. I. KHANCHUK, V. V. IVANOV (FEGI FEB RAS),  
E. A. KISELEV (Rosnedra), V. V. SHATOV, YU. P. ZMIEVSKIY,  
A. V. MOLCHANOV, A. V. TEREKHOV, S. A. SERGEEV (VSEGEI)

## U-Pb SIMS geochronology of ore-bearing magmatic rocks of the Malmyzh and Poni gold-copper-porphyry ore fields (Lower Amur River Region)

New data obtained by mineralogical, petrographical, geochemical and isotope-geochronological studies of magmatic rocks within the Malmyzh and Poni gold-copper-porphyry ore fields are discussed. Geochronological data show a simultaneous – Cenomanian radiological age of their magmatic crystallization: 97–99 and 93 Ma, respectively. Based on comparative analysis of studied samples from the Malmyzh and Poni ore fields both with one another and with magmatic rocks from worldwide porphyry deposits, it is attempted to better understand geodynamic nature of their formation and detect the world areas with similar conditions of adakitic granitoid magmatism.

*Keywords:* isotopic U-Pb zircon dating of ore-bearing magmatic rocks, gold-copper-porphyry ore mineralization, Malmyzh and Poni ore fields, the Lower Amur River Region.

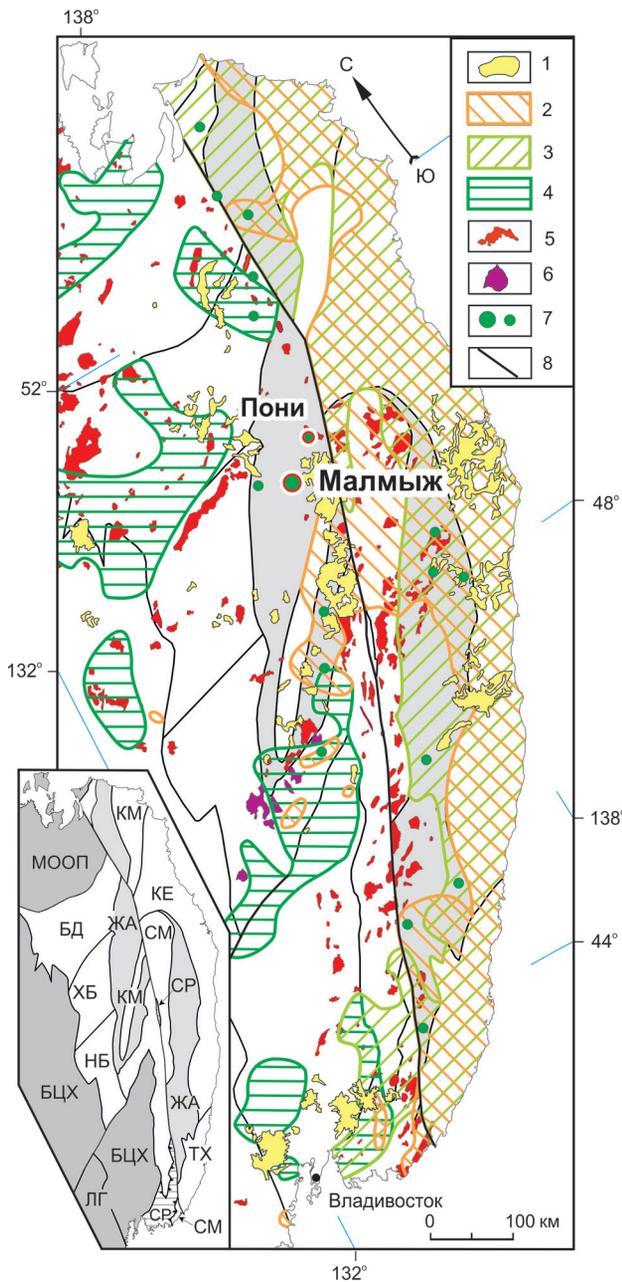
*Для цитирования:* Петров О. В. U-Pb SIMS геохронология рудоносных магматических пород золото-медно-порфировых проявлений Малмыжского и Понийского рудных полей (Нижнее Приамурье) / О. В. Петров, А. И. Ханчук, В. В. Иванов, Е. А. Киселёв, В. В. Шатов, Ю. П. Змиевский, А. В. Молчанов, А. В. Терехов, С. А. Сергеев / Региональная геология и металлогения. – 2020. – № 83. – С. 41–56.

**Введение.** Проявления позднеальб-сеноманского гранитоидного и монцонитоидного магматизма обладают очень важным значением для понимания металлогении юга Дальнего Востока России, так как с ними в регионе связано формирование крупных месторождений редких, цветных и благородных металлов различных геолого-промышленных типов: порфирового, скарнового, золото-кварцевого и др. [7–10; 15–18; 27].

Особое звучание эта проблема приобрела в связи с открытием в Сихотэ-Алинском орогенном поясе – в Журавлёвско-Амурском

террейне – крупного золото-медно-порфирового месторождения Малмыж (участка недр федерального значения) и перспективного на золото и медь Понийского потенциально рудного поля (рис. 1), которые обладают высоким экономическим потенциалом для развития минерально-сырьевой базы Дальнего Востока России.

Многочисленными работами А. И. Ханчука [15–17], О. В. Петрова и соавторов [9; 10] была дана развернутая характеристика геологических, минерагенических, петрохимических и геохимических особенностей синорогенных



**Рис. 1.** Положение золото-медно-порфировых месторождений Малмыж и Пони в структурах Сихотэ-Алинского орогенного пояса

1–6 – меловые и кайнозойские магматические комплексы (штрихами показаны ареалы распространения): 1 – *плиоцен* (внутриплитные платобазальты), 2 – *поздний палеоцен – миоцен* (риолиты, бимодальные вулканиты, базальты и габбро-граниты трансформной окраины), 3 – *туррон – ранний палеоцен* (андезиты – риолиты и гранитоиды надсубдукционной окраины), 4 – *поздний альб – нижний сеноман* (базальты, андезиты, риолиты трансформной окраины), 5 – *позднеальб-сеноманские* гранитоиды и монцонитоиды, 6 – *готерив-барремские* граниты; 7 – золото-медно-порфировые месторождения и рудопроявления; 8 – Центральный Сихотэ-Алинский разлом.

На врезке террейны аккреционных призм: *средне-позднеюрской* БД – Баджальский и НБ – Наданьхада-Бикинский, СМ – Самаркинский и ХБ – Хабаровский; *позднетитон-валанжинской* ТХ – Таухинский; *баррем-раннеальбской* КМ – Киселевско-Маноминский; террейны: *баррем-раннеальбской* островной дуги КЕ – Кемский, *раннемелового* турбидитового бассейна ЖА – Журавлевско-Амурский, СР – Сергеевский палеозойских континентальных аллохтонов на террейне юрской аккреционной призмы; террейны и супертеррейны орогенных поясов: БЦХ – Бурей-Цзямуси-Ханкайский *раннепалеозойский*, ЛГ – Лаоелин-Гродековский *триасовый*, МООП – Монголо-Охотский *юрский*

А-, I- и S-типов. Такая комбинация внутриплитных и надсубдукционных (или мантийных и коровых) признаков характерна для магматитов трансформных континентальных окраин. При этом было показано, что с мантийно-коровыми синорогенными интрузиями гранитоидов связано образование Au-Cu и Au-Mo-Cu оруденения в раннемеловом террейне турбидитового осадочного бассейна границы континент – океан и Cu-Au-W оруденения в террейне средне-позднеюрской аккреционной призмы.

На этом основании авторы смогли прийти к выводу о проявлении на рассматриваемой территории вблизи рубежа 100 млн лет медного, вольфрамового, оловянного и золотого оруденений, сформированных в результате синсдвигового орогенеза в обстановке трансформной континентальной окраины.

Однако, несмотря на такую высокую изученность территории Журавлёвско-Амурского террейна, некоторые принципиальные вопросы, касающиеся особенностей его геологического строения, рудоносности и возраста гранитоидных и монцонитоидных образований, с которыми ассоциирует золото-медно-порфировая и золото-кварцевая рудная минерализация Малмыжского и Понийского рудных полей, остаются еще не до конца исследованными.

Статья посвящена обсуждению новых данных, полученных коллективом специалистов из ВСЕГЕИ и Дальневосточного геологического института ДВО РАН в ходе минералого-петрографического, петрогеохимического и изотопно-геохронологического изучения магматических пород Малмыжского и Понийского рудных полей с помощью современных лабораторно-аналитических методов исследования. Кроме того,

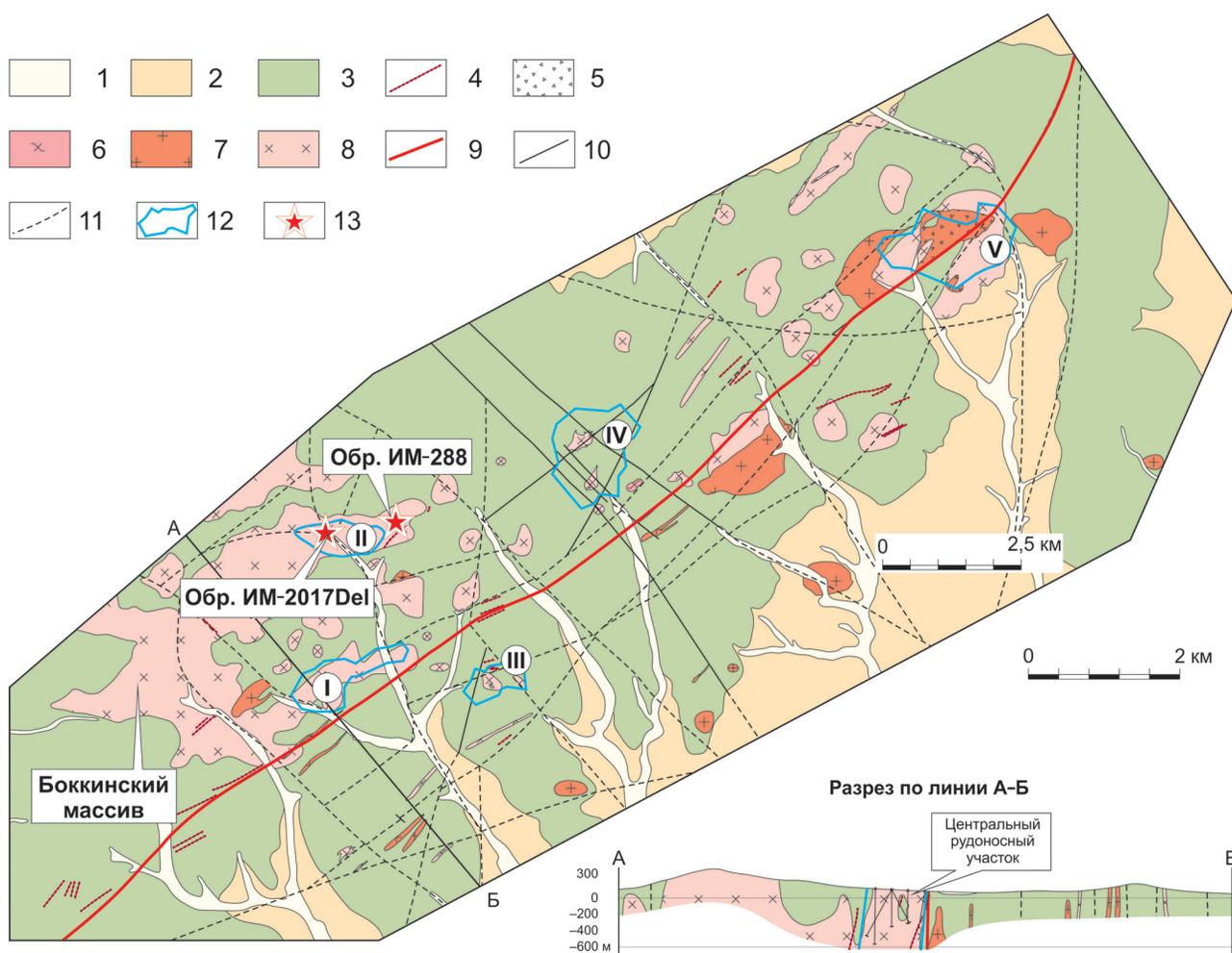
(коллизийных) позднеальб-сеноманских рудоносных магматических пород, впервые произведена оценка возраста их кристаллизации по акцессорным цирконам методом ЛА-ИСП-МС на масс-спектротоме высокого разрешения с индуктивно-связанной плазмой и системой лазерной абляции, предложены к рассмотрению геологические, регионально-минерогенетические и геодинамические модели формирования магматических образований как Журавлёвско-Амурского террейна, так и всего Сихотэ-Алинского орогенного пояса в целом.

По результатам этих работ выяснилось, что даже соседние позднеальб-сеноманские интрузии Сихотэ-Алиния могут иметь пестрые петрогеохимические характеристики. В одном случае они представлены габбро, монцогаббро и монцониитами, а в другом – адакитами и гранитоидами

в статье на основе сравнительного анализа изученных образцов магматических пород как друг с другом, так и с магматическими породами других порфировых месторождений мира сделана попытка уточнить геологическую и геодинамическую природу их происхождения и обозначить регионы с близкими обстановками проявления адakitового гранитоидного магматизма.

**Малмыжское рудное поле.** Расположено в южной части Хабаровского края, в нижнем течении р. Амур. Входящее в его состав одноименное золото-медно-порфировое месторождение приурочено к небольшим интрузивным телам гранитоидов позднемелового (сеноманского) возраста, среди которых наиболее крупным является Боккинский массив, прорывающий терригенные породы нижнего мела (рис. 2).

На современном уровне эрозионного среза Боккинский массив и сопровождающие его в виде сателлитов более мелкие куполо-, штоко- и дайкообразные тела порфировидных диоритов, кварцевых диоритов и гранодиоритов, а также диорит- и гранодиорит-порфиров образуют линейный рудно-магматический ареал, контролирующий размещение золото-медно-порфировой рудной минерализации. Ареал вытянут в северо-восточном направлении вдоль оси Малмыжской зоны разломов более чем на 20 км при ширине в 5–10 км. В его пределах выделяется целая серия рудоносных участков штокверкового типа (Центральный, Северный, Равнина, Долина, Свобода и др.), приуроченных к выходам на дневную поверхность малых тел диорит- и гранодиорит-порфиров позднемелового возраста, прорывающих терригенные и туфогенно-терригенные



**Рис. 2.** Схема геологического строения Малмыжского рудного поля

1, 2 – четвертичные отложения (1 – речные аллювиальные и делювиальные, 2 – суглинки, супеси, дресва, щебень, глины с редкой галькой и гравием); 3 – нижнемеловые терригенные отложения (Ларгасинская свита: песчаники, алевролиты, гравелиты, туффиты); 4–8 – магматические образования позднемелового (сеноманского) возраста (4 – гипабиссальный дайковый комплекс: диорит- и кварцевые диорит-порфиры, гранодиорит-порфиры, 5 – гидротермально-магматические эруптивные брекчи, 6 – диорит-порфиры, 7 – порфировидные гранодиориты и гранодиорит-порфиры, 8 – порфировидные кварцевые диориты, кварцевые диорит-порфиры); 9 – ось Малмыжской зоны разломов; 10, 11 – тектонические нарушения (10 – установленные, 11 – предполагаемые); 12 – проекция на дневную поверхность штокверковых золото-медно-порфировых рудных тел (рудоносные участки – римские цифры в кружочках: I – Центральный, II – Северный, III – Равнина, IV – Долина, V – Свобода); 13 – места отбора проб на изотопно-геохронологические исследования

породы нижнемеловой (альбской) ларгасинской свиты.

На территории рудного поля по структурно-морфологическим особенностям выделяются линейные и ареально-изометрические штокверки, а по вещественным характеристикам — магнетит-сульфидные существенно медные и кварц-сульфидные золотосодержащие медные штокверки.

Установленная в пределах Малмыжского рудного поля гидротермально-метасоматическая зональность, обусловленная процессом внедрения сеноманских гранитоидов, выражается в смене от центра к периферии кварц-биотит-калишпатовых гидротермалитов сначала кварц-серицит-карбонат-хлоритовыми, затем кварц-серицитовыми метасоматитами или филлизитами, а далее — пропилитами, образующими самый внешний ореол гидротермальных изменений. По особенностям внутреннего строения выявленная зональность мало чем отличается от типовой диоритовой модели строения рудоносной порфировой системы, предложенной Дж. Лоуэлом и Дж. Джильбертом [23]. Отмеченные в восточной части рудного поля ореолы аргиллизации имеют гипергенную природу, накладываясь на все выше перечисленные типы гидротермально-метасоматических изменений.

Большинство рудных тел Малмыжского месторождения контролируется разрывными нарушениями преимущественно северо-восточного простирания. Рудная минерализация представлена вкрапленностью и прожилками магнетита, пирита, халькопирита и борнита. В подчиненном количестве отмечаются сфалерит, галенит, пирротин, арсеницит и молибденит. Серебро- и медьсодержащее самородное золото, теллуриды золота и серебра, а также различные минералы серебра и платиноидов присутствуют в руде в виде тонких включений в халькопирите, борните, пирите и магнетите.

В зоне окисления широкое развитие получили гетит, ярозит, гематит, лимонит, куприт, малахит, азурит, самородная медь, халькозин, ковеллин и дигенит, замещающие минералы первичных сульфидных руд.

Это одно из самых крупных золото-медно-порфирировых месторождений Российской Федерации. Его запасы составляют 1,3 млрд т руды, в том числе 5,16 млн т меди и 278 т золота при средних содержаниях этих металлов в рудах — 0,41 % и 0,21 г/т соответственно. К 2023 г. Русская медная компания планирует построить на месторождении горно-обогатительный комбинат мощностью переработки 56 млн т руды в год. Оператором освоения месторождения является ООО «Амур Минералс», которое стало входить в Группу «Русская медная компания» (информация с сайта: <https://amurminerals.ru/>).

Рудные образования Малмыжского месторождения всесторонне изучены с использованием самых современных аналитических методов и технологий [1–7; 11–14; 18; 19; 27].

**Понийское потенциально рудное поле.** Расположено в 50 км к северо-востоку от Малмыжского месторождения и принадлежит Пони-Мулинскому рудно-россыпному узлу, который, как и Малмыжское рудное поле, находится в центре Амурской части Журавлёвско-Амурского раннемелового террейна — турбидитового осадочного бассейна границы континент — океан, интродуцированного гранитоидами позднего мела (см. рис. 1).

В геологическом строении Понийского потенциально рудного поля, в пределах которого выявлен целый ряд перспективных рудных объектов золото-кварцевого и золото-медно-порфирирового геолого-промышленных типов, преобладают смятые в разномасштабные складки нижнемеловые песчано-алевролитовые и туфогенные образования горнопротокской свиты (апт-альб) с пластами туфопесчаников и конгломератов (рис. 3).

Стратифицированные терригенные и туфогенно-терригенные образования прорваны гранитоидами позднемелового (сеноманского) интрузивного комплекса. Породы *первой фазы* внедрения этого комплекса представлены гранитоидами и монцониитоидами Тудурского и Ходжарского массивов и ассоциирующими с ними поясами дайковых тел преимущественно среднего состава. *Второй фазе* внедрения комплекса принадлежат небольшие по размерам массивы овальной формы, а также дайко- и штокообразные интрузивные тела, сложенные диорит-порфирами, кварцевыми диорит-порфирами и монцодиорит-порфирами.

На рассматриваемой территории установлено проявление разнофациальных гидротермально-метасоматических образований, типичных как для месторождений золото-медно-порфирирового, так и золото-кварцевого типов: кварц-биотит-калишпатовых, пиритсодержащих кварц-серицитовых и кварц-альбит-серицит-хлорит-карбонатных метасоматитов — филлизитов и березитов, монокварцитов, аргиллизитов и пропицитов хлорит-эпидотовой и актинолитовой фаций. В ореолах контактового воздействия интрузивных тел среди вмещающих их терригенно-осадочных и туфогенных пород нижнего мела получили широкое развитие процессы ороговикования.

Главное значение в размещении перечисленных выше гидротермалитов принадлежит массивам гранитоидов и монцониитоидов позднемелового возраста, а также разрывной тектонике. Ореолы гидротермально измененных пород, контролирующих проявление кварцево-прожилковой и реже кварцево- жильной рудной минерализации, как правило, наложены на участки повышенной трещиноватости пород, сопровождающие более крупные дизъюнктивные нарушения.

Такие участки повышенной проницаемости приурочены преимущественно к зоне Понийских разломов северо-восточного простирания, расположенной в междуречье Борхи Тонкая и Правая Мудадю, где они контролируют размещение минерализованных дайкообразных тел кварцевых диорит-порфириров, монцодиорит-порфириров

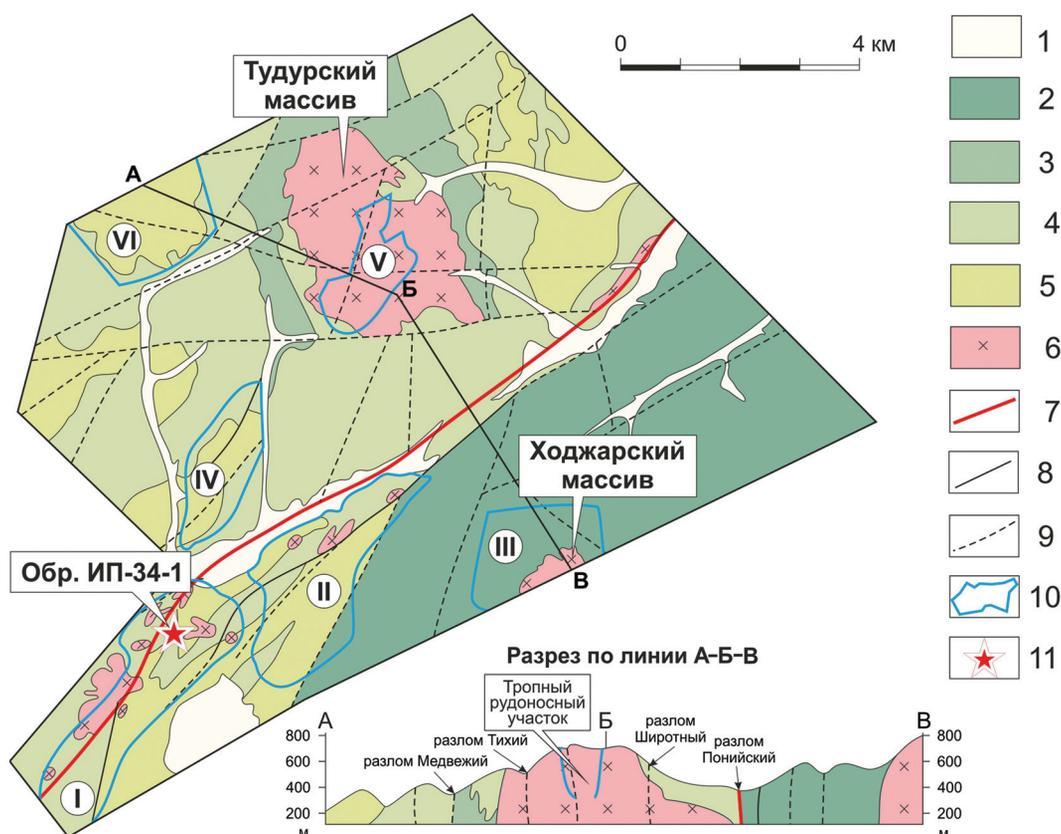


Рис. 3. Схема геологического строения Понийского потенциального рудного поля

1 – четвертичные аллювиальные и пролювиальные отложения; 2–5 – нижнемеловые терригенные отложения (горно-протокская свита): 2 – нижняя толща: алевролиты, алевропесчаники, глинистые сланцы, прослои туфопесчаников, 3–5 – верхняя толща: 3 – черные и темно-серые алевролиты с редкими прослоями песчаников, 4 – переслаивание алевролитов, песчаников и реже туфопесчаников, 5 – песчаники с прослоями алевролитов и линзами туфов андезидацитов, реже туфогравелитов); 6 – магматические образования поздне мелового (сеноманского) возраста: монзониты, монцодиориты, кварцевые диориты, кварцевые монцодиорит-порфиры и диорит-порфиры; 7 – ось Понийской зоны разломов; 8, 9 – тектонические нарушения (8 – установленные, 9 – предполагаемые); 10 – рудоносные участки (римские цифры в кружочках: I – Медный и Грибной, II – Борхи Тонкая, III – Ходжар, IV – Базовый, V – Тропный, VI – Тихий); 11 – место отбора пробы на изотопно-геохронологические исследования

и кварцевых диоритов, вмещающих золото-медно-порфировое и золото-кварцевое оруденения. Это рудопроявления Грибное, Медное и Борхи Тонкая. Оруденение первого из них относится к золото-кварцевому, а двух остальных – к золото-медно-порфировому типам.

Кроме вышеперечисленных трех рудоносных участков на территории Понийского потенциально рудного поля выявлено еще несколько перспективных площадей (Ходжар, Базовый, Тропный и Тихий) с золото-медно-порфировой минерализацией.

Границы рудных тел установлены по результатам геохимического опробования. Главными рудными минералами этого прожилково-вкрапленного штокверкового оруденения являются пирит, пирротин, халькопирит, борнит и магнетит. Самородное золото в виде микровключений приурочено к выделениям пирита, халькопирита и магнетита в золото-сульфидно-магнетит-кварцевых прожилках.

На участках Медный и Грибной золотоносная сульфидная прожилково-вкрапленная минерализация приурочена к линейным (лентообразным)

ореолам калишпатизации, серицит-кварцевого и серицит-альбит-кварцевого гидротермального изменения, унаследовавших северо-восточное направление сближенных в пространстве крутопадающих разрывных нарушений. В их пределах как магматические (Медный), так и осадочно-терригенные (Грибной) породы претерпели интенсивное расщелачивание, милонитизацию, брекчирование и катаклаз.

Понийское потенциально рудное поле – одно из самых перспективных площадей в Хабаровском крае на обнаружение промышленной рудной минерализации золото-медно-порфирового типа. По оценкам геологов АО «Росгеология», суммарные ресурсы золота только в пределах участков Грибной и Медный данной площади составляют свыше 99 т, а меди – 700 тыс. т при средних содержаниях металлов в рудах – 1,5 г/т и 1 % соответственно.

**Результаты изотопного (U-Pb) датирования магматических пород.** С целью определения радиологического возраста магматических образований Малмыжского и Понийского рудных полей

Таблица 1

Результаты изучения U-Pb изотопной системы аксессуарных цирконов из интрузивных пород участка Северный Малмыжского рудного поля

Образец, зерно, кратер	$^{206}\text{Pb}_c$ , %	Содержание, г/г		$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	Возраст (1), млн лет	Изотопные отношения (1)						КК	
		U	Th			$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$\pm\%$	$\pm\%$		
													$\pm\%$
<b>ИМ-288</b>													
3.lre	1,30	81	38	1,03	93,8	$\pm 2,1$	0,0408	18	0,0820	18	0,01465	2,2	0,125
1.lre	2,72	47	20	0,61	93,9	$\pm 3,1$	0,0480	30	0,0980	30	0,01467	3,3	0,108
11.1	1,61	72	45	0,94	95,3	$\pm 2,3$	0,0479	18	0,0980	19	0,01489	2,4	0,130
13.1	1,57	75	49	0,97	95,5	$\pm 2,3$	0,0437	20	0,0900	20	0,01492	2,4	0,121
2.1	1,81	66	26	0,87	96,2	$\pm 3,0$	0,0440	24	0,0910	24	0,01503	3,1	0,130
7.2	2,08	54	25	0,72	96,2	$\pm 2,7$	0,0460	24	0,0950	24	0,01503	2,9	0,118
6.1	1,48	77	47	1,01	96,9	$\pm 2,3$	0,0484	17	0,1010	17	0,01514	2,3	0,139
10.1	1,48	73	48	0,97	96,9	$\pm 2,3$	0,0447	18	0,0930	19	0,01515	2,4	0,128
14.1	0,67	175	135	2,30	97,2	$\pm 1,8$	0,0476	9,4	0,0997	9,6	0,01519	1,9	0,199
2.lre	2,24	49	17	0,66	97,4	$\pm 2,7$	0,0410	30	0,0860	31	0,01523	2,8	0,092
12.1	2,12	52	24	0,70	97,8	$\pm 2,7$	0,0440	26	0,0920	27	0,01528	2,7	0,103
9.1	1,28	89	56	1,19	98,1	$\pm 2,2$	0,0483	15	0,1020	15	0,01533	2,2	0,150
5.1	0,01	155	98	2,05	98,5	$\pm 1,8$	0,0482	4,3	0,1023	4,7	0,01539	1,9	0,402
8.1	1,47	75	32	1,02	98,7	$\pm 2,3$	0,0455	18	0,0970	18	0,01543	2,3	0,131
3.1	1,16	99	47	1,33	99,4	$\pm 2,6$	0,0496	14	0,1060	14	0,01554	2,6	0,183
1.1	1,90	11	37	0,84	101,2	$\pm 3,2$	0,0510	21	0,1120	21	0,01582	3,2	0,148
7.1	1,57	70	34	0,97	101,2	$\pm 2,6$	0,0440	19	0,0960	20	0,01582	2,6	0,131
4.1	0,18	482	433	8,43	129,7	$\pm 2,1$	0,0488	2,9	0,1368	3,3	0,02032	1,7	0,503
<b>ИМ-2017Del</b>													
7.1	4,49	45	25	0,61	95,3	$\pm 4,0$	0,0370	61	0,0770	61	0,01490	4,2	0,069
5.lre	0,01	126	94	1,63	96,4	$\pm 1,8$	0,0491	4,8	0,1019	5,2	0,01506	1,9	0,371
6.1	1,46	182	118	2,40	96,7	$\pm 2,2$	0,0390	19	0,0810	19	0,01511	2,3	0,120
2.1	1,36	87	60	1,16	97,7	$\pm 2,6$	0,0502	16	0,1060	16	0,01527	2,7	0,168
8.1	3,46	74	49	1,00	97,9	$\pm 3,3$	0,0380	45	0,0810	46	0,01530	3,4	0,075
14.1	3,76	54	25	0,75	98,2	$\pm 3,7$	0,0410	47	0,0860	47	0,01535	3,8	0,080
7.lre	3,23	34	18	0,46	98,9	$\pm 3,3$	0,0350	50	0,0740	50	0,01546	3,4	0,067
11.1	1,55	132	98	1,78	99,2	$\pm 2,4$	0,0377	21	0,0810	21	0,01551	2,4	0,115
1.1	2,55	45	21	0,62	99,5	$\pm 3,6$	0,0560	29	0,1200	29	0,01556	3,7	0,125
5.1	1,92	131	105	1,80	100,1	$\pm 2,5$	0,0387	25	0,0840	25	0,01566	2,6	0,101
13.1	2,13	97	71	1,35	100,9	$\pm 3,0$	0,0490	22	0,1060	23	0,01578	3,0	0,133
10.1	0,96	123	92	1,69	101,0	$\pm 2,4$	0,0425	14	0,0930	14	0,01579	2,4	0,174
3.1	2,07	56	32	0,78	101,2	$\pm 3,3$	0,0530	22	0,1150	23	0,01583	3,3	0,145
9.1	1,63	70	50	0,98	102,5	$\pm 3,0$	0,0454	21	0,1000	21	0,01603	2,9	0,140
6.lre	1,42	80	36	1,11	102,5	$\pm 2,3$	0,0479	16	0,1060	16	0,01603	2,3	0,139
15.1	1,29	85	68	1,19	102,5	$\pm 2,7$	0,0469	16	0,1040	16	0,01603	2,7	0,163
4.1	0,01	49	18	0,68	102,6	$\pm 3,2$	0,0519	9,5	0,1150	10	0,01604	3,1	0,310
12.1	1,70	103	34	1,71	120,9	$\pm 3,1$	0,0482	21	0,1260	21	0,01893	2,6	0,124

Примечание. Погрешности приведены на уровне 1 $\sigma$ . Pb<sub>c</sub> и Pb\* – свинец нерадиоогенный и свинец радиоогенный соответственно. (1) – скорректировано на измеренный нерадиоогенный Pb. Погрешность калибровки по стандарту Tempo 0,43%. КК – коэффициент корреляции между ошибками определения изотопных отношений  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ . Номера кратеров соответствуют номерам кратеров пробоотбора (диаметр 25 мкм) в цирконе на рис. 8.

Результаты изучения U-Pb изотопной системы акцессорных цирконов (обр. ИП-34-1) из интрузивных пород участка Медный Понийского потенциально рудного поля

Зерно, кратер	$^{206}\text{Pb}_c$ , %	Содержание, г/т			$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	Возраст (1), млн лет		Изотопные отношения (1)					КК	
		U	Th	$^{206}\text{Pb}^*$		$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$\pm\%$		
1.1	0,29	3682	9920	46,6	2,78	$94,0 \pm 1,3$	—	0,0477	2,6	0,0966	3,0	0,01469	1,4	0,457
1.2	0,01	3078	8694	37,7	2,92	$91,2 \pm 1,2$	—	0,0480	1,4	0,0944	1,9	0,01425	1,4	0,702
3.1	0,05	2356	5233	29,3	2,30	$92,5 \pm 1,2$	—	0,0479	2,4	0,0954	2,7	0,01445	1,4	0,495
6.1	1,52	131	96	1,73	0,75	$96,8 \pm 2,4$	—	0,0478	16,0	0,1000	17,0	0,01512	2,5	0,151
6.2	2,08	118	79	1,49	0,69	$92,4 \pm 2,3$	—	0,0480	22,0	0,0950	22,0	0,01443	2,5	0,113
8.1	1,12	100	44	1,34	0,45	$98,1 \pm 2,4$	—	0,0495	15,0	0,1050	15,0	0,01533	2,4	0,162
8.2	1,79	142	111	1,82	0,80	$93,7 \pm 2,2$	—	0,0452	20,0	0,0910	20,0	0,01464	2,4	0,118
5.1	0,01	1120	450	28,6	0,42	$189,0 \pm 2,5$	—	0,0498	1,5	0,2044	2,0	0,02976	1,4	0,682
5.2	0,01	2141	826	54,2	0,40	$187,1 \pm 2,5$	—	0,0499	1,1	0,2026	1,7	0,02944	1,3	0,774
4.1	0,09	599	73	177,0	0,13	$1901 \pm 22$	$\pm 9$	0,1120	0,5	5,2980	1,4	0,34300	1,3	0,935
7.1	0,83	253	21	102,0	0,09	$2460 \pm 28$	$\pm 10$	0,1781	0,6	11,4100	1,5	0,46470	1,4	0,913
7.2	0,08	90	63	42,4	0,73	$2810 \pm 34$	$\pm 12$	0,2019	0,7	15,2100	1,7	0,54650	1,5	0,901

Примечание. См. примеч. к табл. 1. Номера кратеров соответствуют номерам кратеров пробоотбора (диаметр 25 мкм) в цирконах на рис. 9.

в настоящей работе было использовано три представительных образца плутонитов массой 2–3 кг каждый. В процессе изотопно-геохронологических исследований в ЦИИ ВСЕГЕИ методом U-Pb датирования изучались монофракции акцессорных цирконов, возраст которых определялся локальным U-Pb методом на вторично-ионном микрозонде SIMS SHRIMP II по стандартной методике [28].

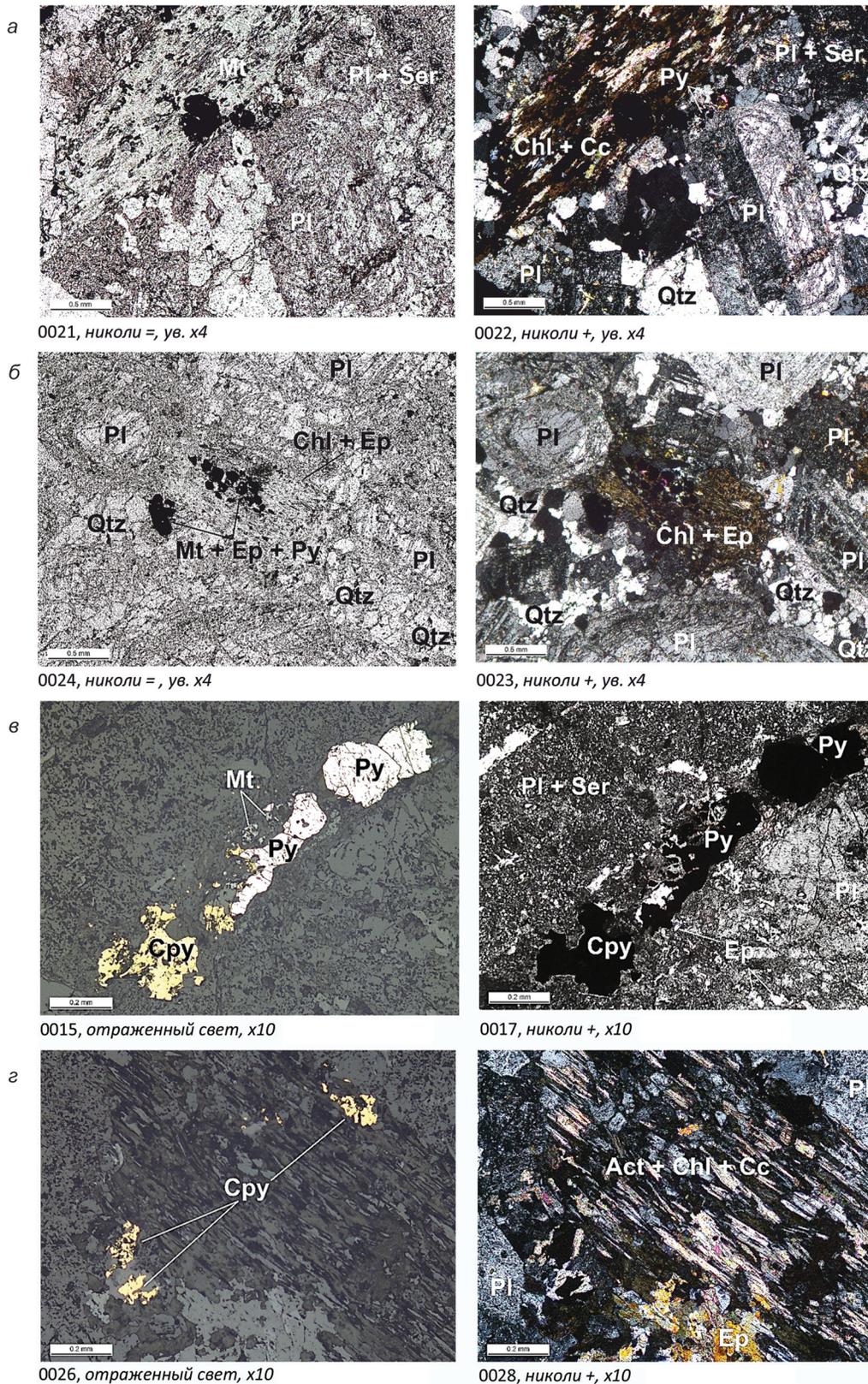
Всего было проведено 49 локальных изотопных анализов в однородных, свободных от включений и трещин участках хорошо сохранившихся кристаллов циркона. Результаты датирования приведены в табл. 1 и 2.

Из магматических пород Малмыжского рудного поля были проанализированы образцы ИМ-288 и ИМ-2017Del, характеризующие гранитоиды северо-восточной части Боккинского массива в пределах Северного рудоносного участка.

**Образец ИМ-288** отобран из керна скв. № 081 с глубины 288 м. Он представляет собой среднекристаллический биотит-роговообманковый порфириформный кварцевый диорит. Порода состоит на 10–15 % из кварца, 35–40 % – основного плагиоклаза (андезина), 15–20 % – биотита и роговой обманки и 20–25 % – новообразованных минералов стадии пропилитизации-березитизации. Как показано на рис. 4, темноцветные минералы исходной породы, биотит и роговая обманка, практически полностью замещены агрегатными псевдоморфозами хлорит-карбонатного и хлорит-эпидотового состава, к которым нередко приурочены микровключения пирита, халькопирита и магнетита. Идиоморфные кристаллы андезина серицитизированы. Порода незначительно минерализована за счет проявления коротко-прожилковых обособлений и вкрапленности пирит-халькопиритового и магнетит-халькопирит-пиритового состава, что сказалось на повышенных содержаниях некоторых элементов – меди, серебра и др. (табл. 3).

**Образец ИМ-2017Del** отобран из элювиально-делювиальных глыбовых развалов гранитоидов северо-восточной части Боккинского массива. По данным микроскопического изучения прозрачно-полированных шлифов, образец представляет собой среднекристаллический равномерно-зернистый биотит-роговообманковый клинопироксенсодержащий диорит, состоящий на 5–10 % из кварца, 45–50 % – основного плагиоклаза (андезина), 15–20 % – биотита и роговой обманки, 2–5 % – клинопироксена и 10–15 % – новообразованных минералов стадии пропилитизации. Как и в предыдущем случае, темноцветные минералы породы (особенно биотит) псевдоморфно замещены хлоритом, эпидотом, пренитом и кальцитом. Плагиоклаз же подвержен слабой серицитизации и карбонатизации (рис. 5).

Из магматических пород Понийского рудного поля был проанализирован образец под номером ИП-34-1 из дайкового тела монцонитоидов, вскрытого канавой 34 на фланге Медного рудоносного участка.



**Рис. 4.** Микрофотографии (обр. ИМ-288) прозрачно-полированных шлифов, характеризующих особенности строения (а, б) средне-кристаллических биотит-роговообманковых порфировидных кварцевых диоритов и проявление в них рудной пирит-халькопиритовой минерализации (в, г)

а – замещение роговой обманки агрегатной псевдоморфозой хлорит-карбонатного состава среди серицитизированных зерен плагиоклаза; б – замещение биотита хлоритом и эпидотом, к выделениям которого приурочены микровключения магнетита и пирита; в – коротко-прожилковое обособление пирит-халькопиритового состава на границе порфирового выделения плагиоклаза с мелкокристаллической кварц-полевошпатовой основной массой; г – приуроченность микровключений халькопирита к периферии зерна роговой обманки, замещаемой агрегатной псевдоморфозой эпидот-актинолит-хлорит-карбонатного состава. На рис. 4–6: Act – актинолит, Cc – карбонат, Chl – хлорит, Cpy – халькопирит, Crx – клинопироксен, Ep – эпидот, Hb – роговая обманка, Kfs – калиевый полевой шпат, Mt – магнетит, Pl – плагиоклаз, Prh – пренит, Py – пирит, Qtz – кварц, Ser – серицит

**Содержания петрогенных и малых элементов в интрузивных породах  
Малмыжского (участок Северный) и Понийского (участок Медный) рудных полей**

Компонент	Номер образца			Предел обнаружения	Компонент	Номер образца			Предел обнаружения
	ИП-34-1	ИМ-288	ИМ-2017Del			ИП-34-1	ИМ-288	ИМ-2017Del	
SiO <sub>2</sub> , %	54,30	63,40	58,20	0,02	Rb, г/т	95	16	18	2,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,60	15,70	19,90	0,05	Ba	950	190	260	50
TiO <sub>2</sub>	0,47	0,40	0,39	0,01	Sr	716	265	426	1,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	7,11	6,78	4,78	0,01	Zr	59	56	82	0,5
MnO	0,19	0,14	0,24	0,01	Hf	1,70	1,60	2,20	0,01
MgO	2,63	1,88	1,90	0,10	Ta	0,5	0,4	0,5	0,1
CaO	6,16	6,12	8,32	0,01	Nb	4,3	3,2	4,1	0,5
Na <sub>2</sub> O	3,72	2,65	3,15	0,10	Th	5,7	2,2	3,1	0,1
K <sub>2</sub> O	2,75	0,59	0,95	0,01	U	1,6	0,6	0,9	0,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,31	0,11	0,13	0,05	Mo	0,7	2,9	< 0,6	0,6
п.п.п.	2,64	2,11	1,53	0,10	W	0,6	0,6	0,6	0,5
Сумма	99,80	99,90	99,60		Sn	1,1	1,0	0,8	0,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,50	3,74	2,73	0,30	Be	1,1	< 1,0	< 1,0	1,0
FeO	3,26	2,74	1,85	0,25	Y	14,4	13,2	14,9	0,1
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	6,47	3,24	4,10		La	20,30	9,99	12,00	0,01
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0,74	0,22	0,30		Ce	40,20	20,10	26,40	0,01
Sc, г/т	8,4	7,2	9,9	0,2	Pr	4,33	2,38	3,26	0,01
V	183	94	98	2,5	Nd	16,20	9,80	13,00	0,01
Cr	3,1	20,2	3,4	1,0	LREE	81,03	42,27	54,66	
Ni	2,4	1,6	1,4	1,0	Sm	2,90	2,05	2,48	0,005
Co	12,8	6,2	6,5	0,5	Eu	1,05	0,68	0,81	0,005
Pd	0,04	0,02	0,028	0,002	Gd	2,89	2,28	2,51	0,01
Pt	< 0,002	0,003	< 0,002	0,002	Tb	0,44	0,37	0,45	0,005
Au	< 0,002	0,030	0,004	0,002	Dy	2,41	2,14	2,36	0,01
Ag	0,07	0,63	0,12	0,01	Ho	0,49	0,46	0,49	0,005
Cu	90	1280	83	1,0	MREE	10,18	7,98	9,10	
Pb	9	7	28	1,0	Er	1,50	1,54	1,57	0,01
Zn	84	84	129	1,0	Tm	0,26	0,27	0,28	0,005
Sb	0,31	0,57	0,84	0,1	Yb	1,42	1,45	1,62	0,01
Re	< 0,005	0,0083	< 0,005	0,005	Lu	0,22	0,27	0,27	0,005
Bi	< 0,1	< 0,1	0,2	0,1	HREE	3,40	3,53	3,74	
Li	30	8	3	1,0	ΣREE	94,61	53,78	67,50	

Примечание. Обр. ИП-34-1 – монцоиорит-порфир (участок Пони), образцы ИМ-2017Del и ИМ-288 – равномерно-зернистые диориты и порфириовидные кварцевые диориты (Малмыжское рудное поле).

**Образец ИП-34-1.** По данным проведенного микроскопического анализа – это мелкокристаллический клинопироксен-роговообманковый биотитсодержащий монцоиорит-порфир, состоящий из кварца (3–5 %), основного плагиоклаза (30–35 %), калиевого полевого шпата (10–15 %), клинопироксена (10–15 %), биотита и роговой обманки (10–15 %) и новообразованных минералов (10–15 %) стадии пропилитизации – эпидот, хлорит, пренит, кварц, серицит и кальцит (рис. 6). На долю порфировых выделений, представленных плагиооклазом, клинопироксеном и роговой обманкой, приходится до 40–45 %, а на долю основной массы, сложенной мелкокристаллическим агрегатом плагиоклаза, калиевого полевого шпата, кварца и биотита, – 50–55 % объема породы.

Проанализированные монофракции цирконов представлены желтоватыми, коричневыми,

серыми, рыжими, мутноватыми, прозрачными и полупрозрачными удлиненно-призматическими и редко как бы окатанными (ксеногенными) зернами и обломками кристаллов размером от 40 до 250 мкм. На катодолюминесцентных изображениях зерна циркона имеют слабое свечение с серыми и темными участками, а также с каймами обрастания и следами тонкой зональности. Некоторые зерна обладают секториальной зональностью и пористой структурой. В отдельных зернах наблюдаются признаки перекристаллизации. При этом некоторые зерна захвачены этим процессом практически полностью.

В результате выполненных исследований было установлено:

1) Радиологический U-Pb возраст магматической кристаллизации пород северо-восточного фланга Малмыжского рудного поля

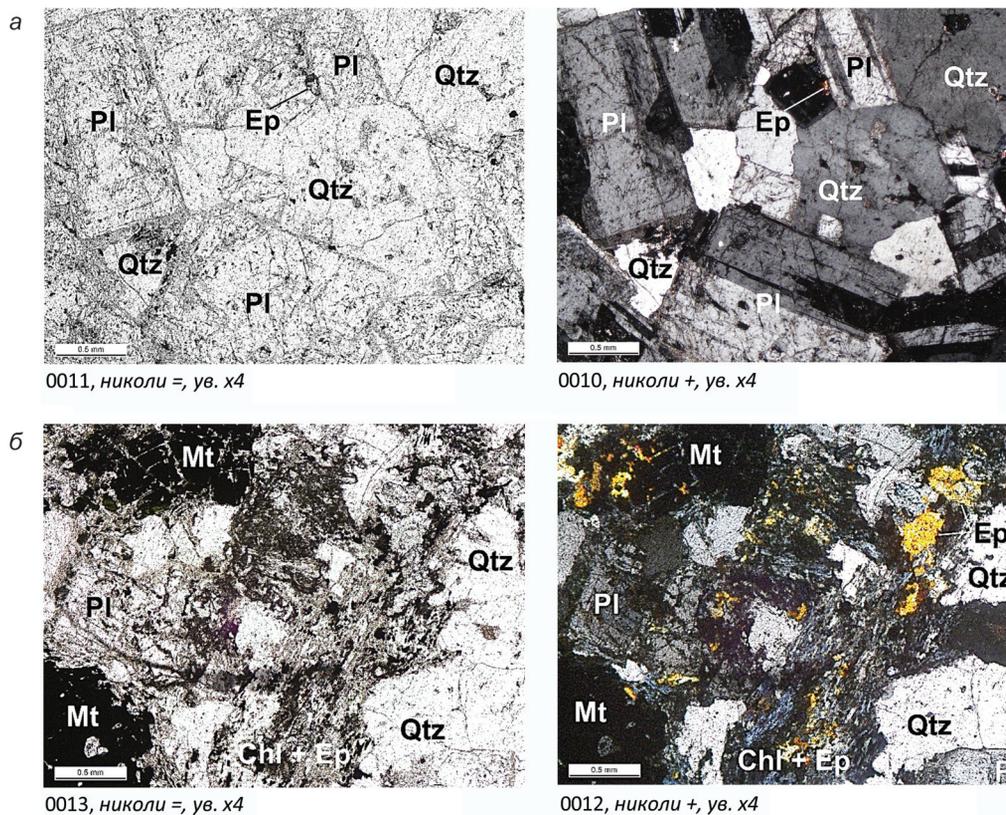


Рис. 5. Микрофотографии (обр. ИМ-2017Del) прозрачно-полированных шлифов, характеризующих особенности строения среднекристаллических биотит-роговообманковых клинопироксенсодержащих диоритов

*a* – общий вид породы; *б* – замещение биотита хлоритом и эпидотом

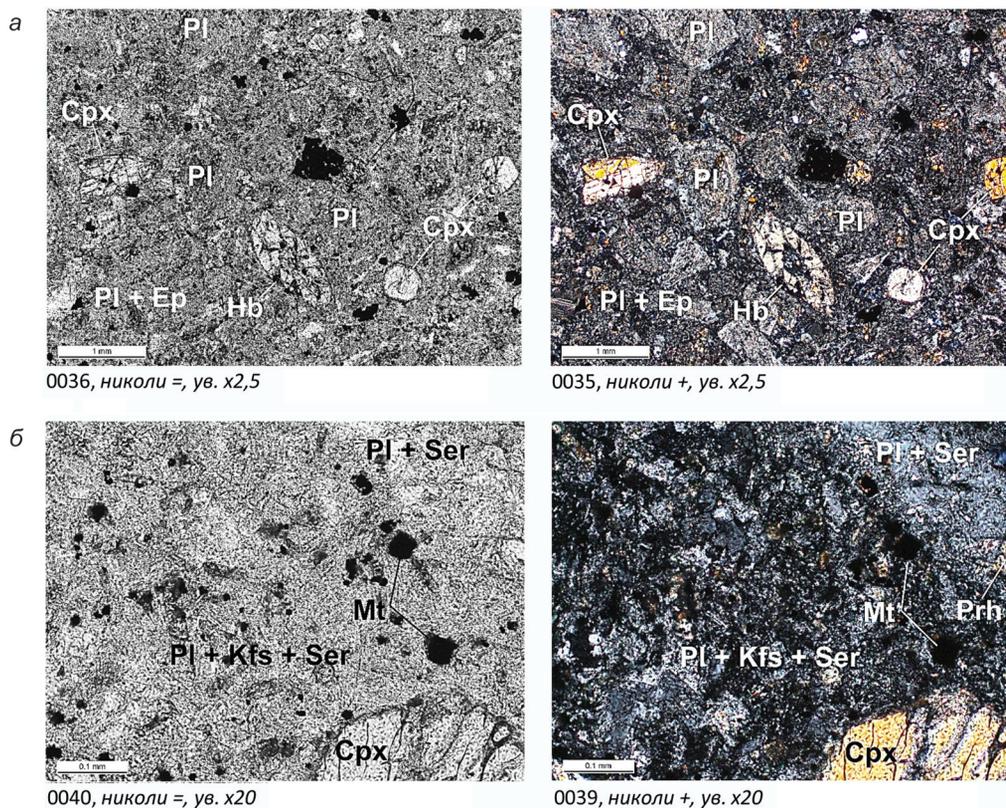


Рис. 6. Микрофотографии (обр. ИП-34-1) прозрачно-полированных шлифов, характеризующих особенности строения мелкокристаллических клинопироксен-роговообманковых биотитсодержащих монзодиорит-порфиров

*a* – общий вид породы; *б* – особенности строения мелкокристаллической основной массы породы, представленной тонким срастанием ксеноморфных зерен калиевого полевого шпата с более идиоморфными кристаллами серицизированного плагиоклаза

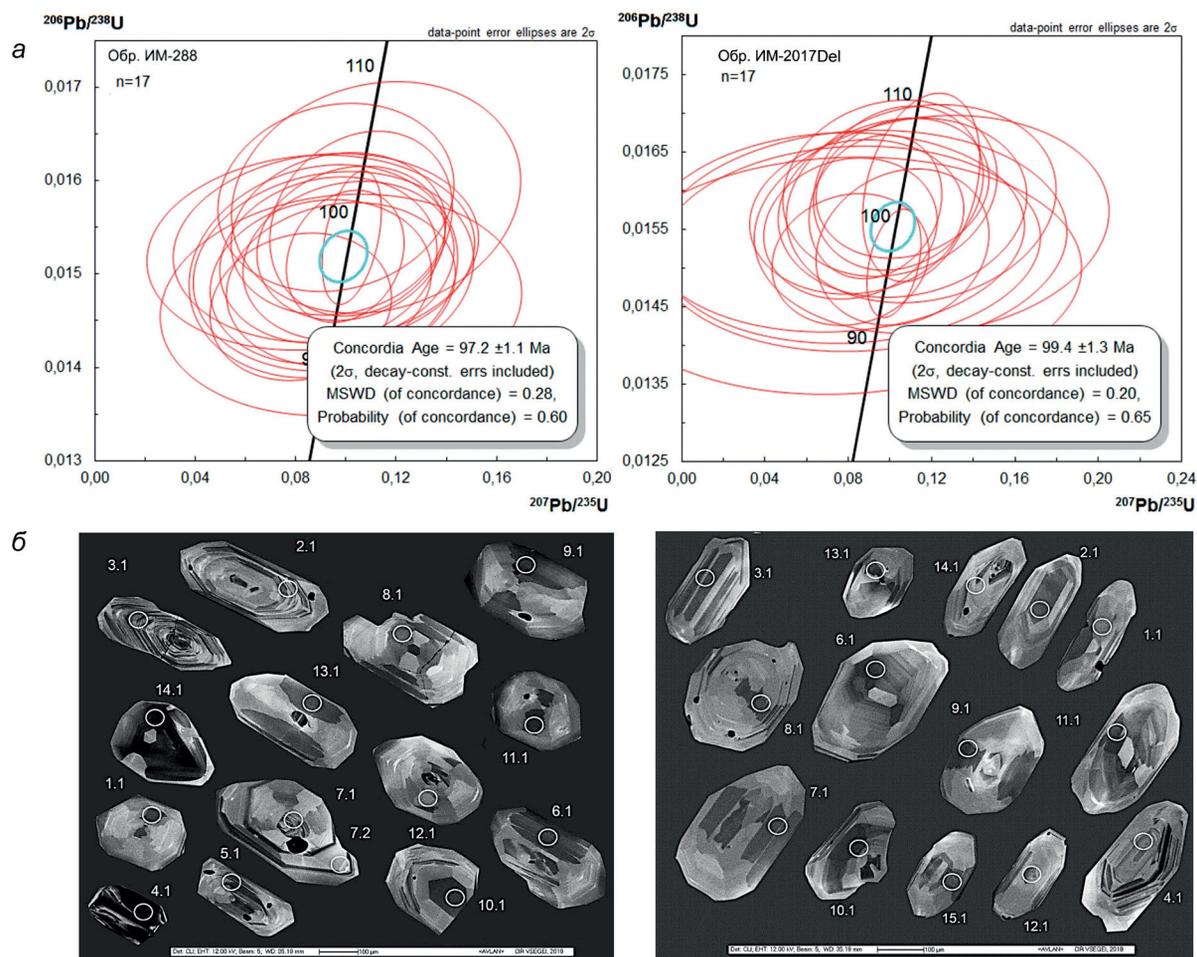


Рис. 7. Результаты U-Pb датирования интрузивных пород участка Северный Малмыжского рудного поля на примере образцов ИМ-288 и ИМ-2017Del

*a* –  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  –  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  диаграммы с конкордиями для цирконов из диоритов и кварцевых диоритов, характеризующих возраст магматической кристаллизации пород; *б* – катодолуминоесцентные изображения изученных зерен цирконов с местоположением точек измерений

оценивается интервалом 97–99 млн лет (рис. 7, табл. 1). Порфириовидные биотит-роговообманковые кварцевые диориты (обр. ИМ-288) показали радиологический возраст в  $97,2 \pm 1,1$  млн лет, а равномерно-зернистые биотит-роговообманковые клинопироксенсодержащие диориты (обр. ИМ-2017Del) –  $99,4 \pm 1,3$  млн лет.

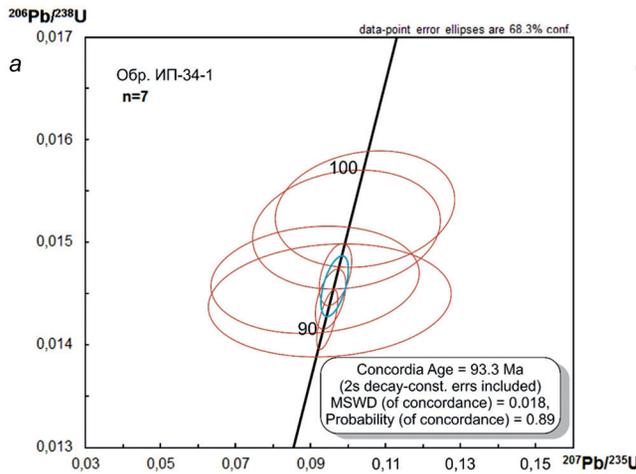
2) Радиологический U-Pb возраст кристаллизации пород юго-западной части Понийского рудного поля на примере дайкового тела клинопироксен-роговообманковых биотитсодержащих монцодиорит-порфиров (обр. ИП-34-1) оценивается значением в  $93,3 \pm 1,2$  млн лет (рис. 8, табл. 2).

3) В магматических породах как Малмыжского, так и Понийского рудного поля, наряду с автохтонными кристаллами цирконов, выявлены и захваченные аллохтонные (ксеногенные) кристаллы цирконов, характеризующие процесс контаминации гранитоидного и монцитонитоидного расплавов веществом вмещающих терригенных и туфогенных пород нижнего мела. Морфологически эти аллохтонные цирконы представляют

собой окатанные короткопризматические кристаллы, чаще обломки неправильной формы с темными включениями. Спектр возрастов изученных аллохтонных (ксеногенных) цирконов варьирует в широких пределах от архея до мезозоя включительно.

Основная же часть аллохтонных (ксеногенных) цирконов из диоритов и кварцевых диоритов Малмыжского рудного поля датирована 120–130 млн лет, что соответствует возрасту вмещающих туфогенно-терригенных пород ларгасинской свиты нижнего мела.

Монцодиорит-порфиры Понийского рудного поля в этом отношении существенно отличаются от магматических пород Малмыжского месторождения. Установленные в них многочисленные аллохтонные цирконы показали более широкий разброс в значениях радиологического возраста – от 188 млн лет до 2,8 млрд лет, что отвечает диапазону от нижней юры до мезоархея. Скорее всего, это свидетельствует о более широком возрастном спектре пород областей сноса обломочного материала при формировании терригенных



б

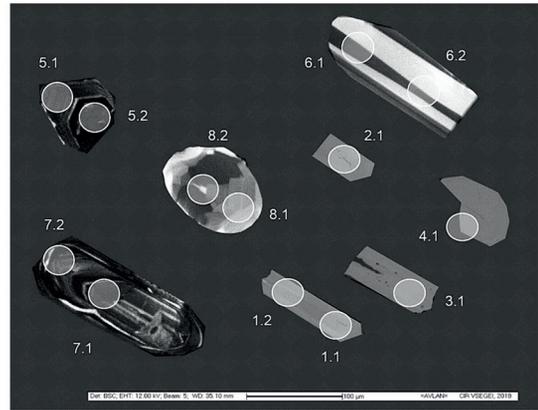


Рис. 8. Результаты U-Pb датирования интрузивных пород участка Медный Понийского потенциального рудного поля на примере обр. ИП-34-1

а –  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  –  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  диаграмма с конкордиями для цирконов из монцодиорит-порфиров, характеризующих возраст магматической кристаллизации породы; б – катодоллюминесцентные изображения изученных зерен цирконов с местоположением точек измерений

и туфогенно-терригенных пород горнопротокской свиты нижнего мела, веществом которых были контаминированы гранитоидные и монцонитоидные расплавы при внедрении в данную часть земной коры Журавлёвско-Амурского террейна.

**Обсуждение результатов исследования.** Результаты проведенных изотопно-геохронологических исследований магматических пород Малмыжского и Понийского рудных полей указывают на весьма близкий – сеноманский радиологический возраст их кристаллизации: 97–99 и 93 млн лет соответственно. Это свидетельствуют о том, что магматические породы данных рудных полей были сформированы в рамках одного достаточно короткого по времени (4–6 млн лет) этапа проявления интрузивной магматической деятельности в пределах Журавлёвско-Амурского террейна раннемелового турбидитового осадочного бассейна.

На рис. 9–11 приведены материалы, иллюстрирующие положение состава изученных образцов магматических пород этих рудных полей на петрохимических TAS  $[(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2]$  и  $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}) - \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ , а также вариационных диаграммах  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} - \text{SiO}_2$  и  $\text{Sr}/\text{Y} - \text{Y}$ . Для сравнения на них вынесены фигуративные точки усредненных составов рудовмещающих интрузивных пород большинства ведущих порфировых месторождений мира.

Сравнительный анализ изученных образцов магматических пород как друг с другом, так и с рудоносными магматическими породами ведущих порфировых месторождений мира позволил сделать ряд выводов генетического, геодинамического и прогнозно-минерогенического характера.

1. Петрогеохимически изученные образцы малмыжских кремнекислых пород заметно отличаются от отобранных в пределах Понийского рудного поля (рис. 9, а). Если понийские магматические породы относятся к монцонитоидной

серии и характеризуются повышенной щелочностью ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 6,47\%$ ) при незначительном преобладании натрия над калием ( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0,74$ ), то малмыжские гранитоиды принадлежат известково-щелочной серии гранитоидов, отличающейся нормальной щелочностью ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 3-4\%$ ) при резком преобладании натрия над калием ( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0,2-0,3$ ). Такие различия петрохимического состава изученных образцов магматических пород не могли не сказаться и на их геохимической специализации. Так, более калиевые монцонитоиды Понийского рудного поля значительно обогащены по сравнению с малмыжскими гранитоидами барием, рубидием, литием, стронцием, торием, ураном, оловом и суммой редкоземельных элементов.

2. На петрохимической диаграмме  $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}) - \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$  положение фигуративных точек состава изученных образцов с данных рудных полей уникально (рис. 9, б). Располагаясь в поле высокоглиноземистых пород и будучи практически идентичными друг другу по этому показателю, они кардинально отличаются от гранитоидов и монцонитоидов ведущих порфировых месторождений мира высокими значениями коэффициента глиноземистости. Скорее всего, это указывает на широчайшее проявление процессов контаминации магматических расплавов веществом вмещающих высокоглиноземистых осадочно-терригенных пород на позднемеловом этапе формирования промежуточных магматических очагов в пределах Журавлёвско-Амурского террейна.

3. На вариационной диаграмме  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} - \text{SiO}_2$  фигуративные точки состава характерных образцов группируются в поле золото-медно-порфировых и медно-порфировых месторождений, связанных с проявлением гранитоидного магматизма магнетитовой серии (рис. 10). В этом отношении гранитоиды и монцонитоиды

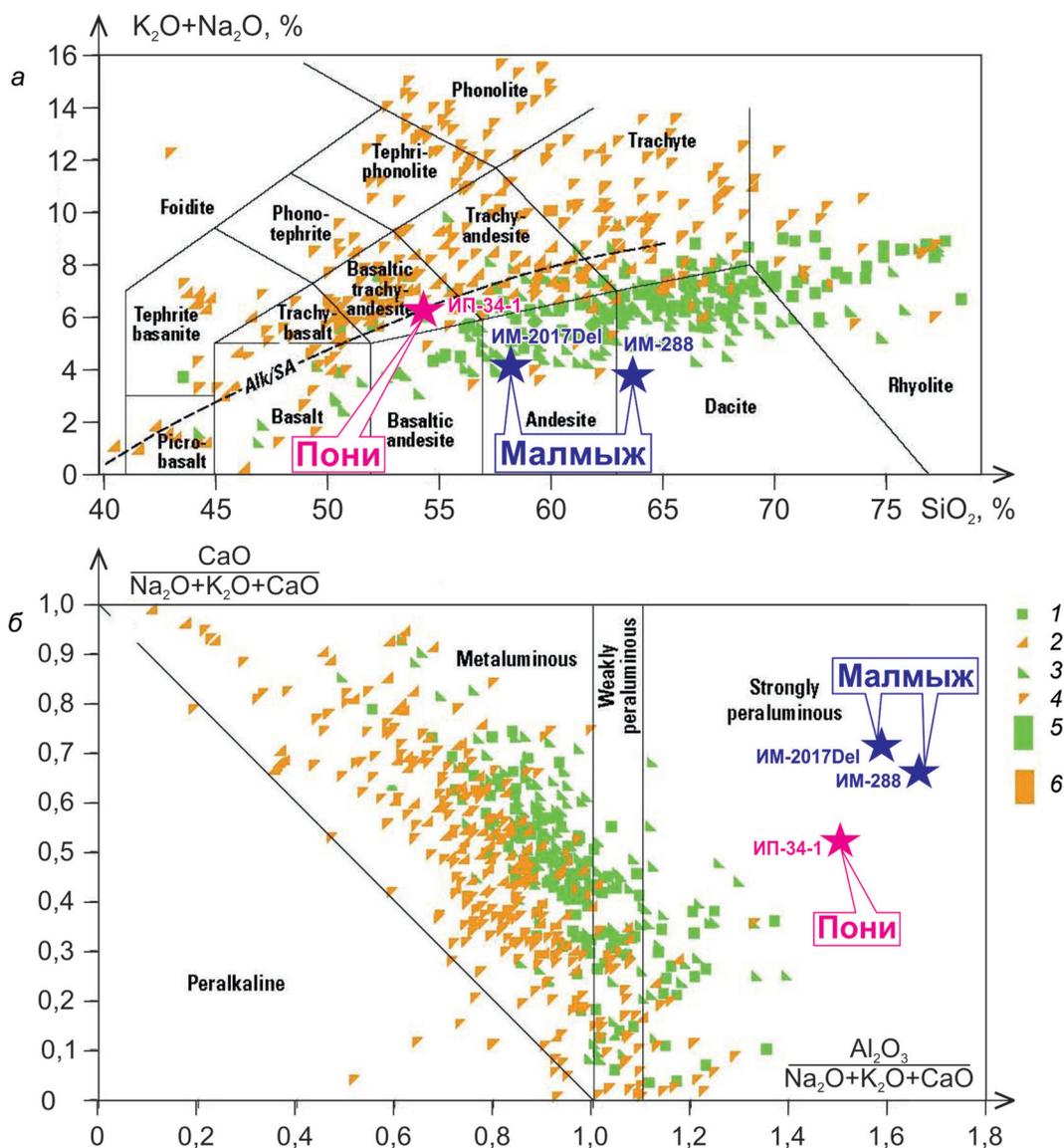


Рис. 9. Положение состава изученных образцов магматических пород Малмыжского и Понийского рудных полей на петрохимических диаграммах, на которых для сравнения вынесены фигуративные точки составов рудовмещающих интрузивных пород большинства ведущих Au-Cu-, Au-Cu-Mo- и Cu-Mo-порфировых месторождений мира (по [22, Fig. 3] с дополнениями авторов)

$a$  – TAS  $[(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2]$ ;  $b$  –  $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}) - \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ . Состав порфировых интрузивов: 1 – кварцево-монцодиорит-гранитовый Cu-(Mo); 2 – монцонитовый Cu-(Mo-Au); 3 – тоналит-гранодиоритовый Cu-(Au-Mo); 4 – сиенитовый Cu-(Au); 5 – габбродиоритовый; 6 – щелочно-сиенитовый

Малмыжского и Понийского рудных полей практически не отличаются как друг от друга, так и от магматических пород большинства порфировых месторождений мира.

4. На вариационной диаграмме Sr/Y – Y фигуративные точки состава данных образцов дислоцировались в области адакитовых магматических пород порфировых месторождений Китая, Центральной Азии и Ирана, внутри нее малмыжские гранитоиды расположились в поле Южного Тибета, а понийские монцонитоиды – в поле Восточно-Тибетских порфировых месторождений (рис. 11).

По этому показателю и уровню повышенной глиноземистости из всего многообразия

порфировых месторождений мира изученные магматические породы Журавлёвско-Амурского террейна сопоставимы только со синдвиговыми интрузивными породами территории китайского Тибета, где в последние годы была открыта серия золото-медно-молибден-порфировых месторождений, связанных с проявлениями высокоглиноземистого адакитового гранитоидного магматизма [20–22; 24; 25; 29].

Полученные результаты исследования важны для решения проблем прогнозирования и оценки золото-медно-порфирового оруденения не только на территории Сихотэ-Алиня, но и в пределах всего Дальневосточного региона России.

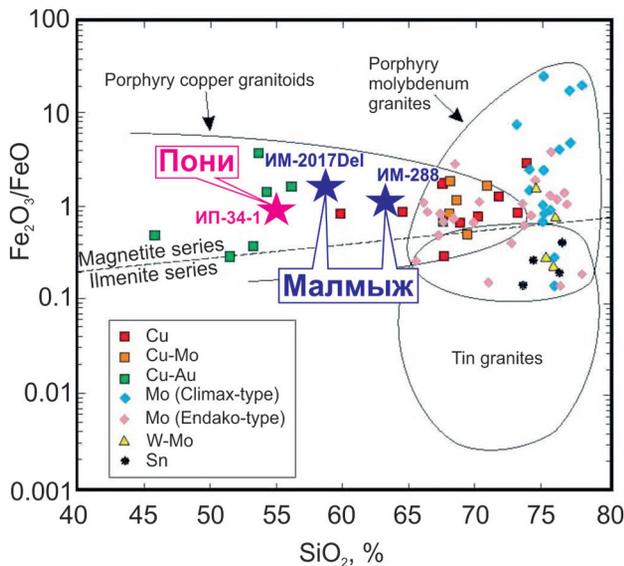


Рис. 10. Положение состава изученных образцов магматических пород Малмыжского и Понийского рудных полей на вариационной диаграмме  $Fe_2O_3/FeO - SiO_2$  [26, Fig. 12], на которой для сравнения вынесены фигуративные точки усредненных составов рудовмещающих интрузивных пород некоторых ведущих Cu-, Au-Cu-, Au-Cu-Mo-, Mo-, W-Mo- и Sn-порфировых месторождений мира

Авторы выражают благодарность ведущему инженеру отдела прогнозной и геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ Т. В. Бузковой за оказанную техническую помощь в подготовке и оформлении иллюстраций к данной статье.

1. Буханова Д. С. Минералогические особенности руд золото-медно-порфирового месторождения Малмыжское, Нижнее Приамурье // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит. – 2016. – С. 281–284.
2. Буханова Д. С., Плечов П. Ю. Условия формирования Au-Cu-порфирового месторождения Малмыжское, Хабаровский край (по данным исследования флюидных включений) // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. – 2017. – № 34 (2). – С. 61–71.
3. Буханова Д. С. Первые данные о возрасте Малмыжского золото-медно-порфирового месторождения, Хабаровский край // Новое в познании процессов рудообразования: Материалы VIII Рос. молодеж. науч.-практ. школы. – М., 2018. – С. 81–82.
4. Гурман М. А., Полтарецкая А. Е. Технологические исследования первичных медно-порфировых руд Малмыжского месторождения // Проблемы недропользования. – 2019. – № 2. – С. 94–100.
5. Иванов В. В., Кононов В. В., Игнатъев Е. К. Минералого-геохимические особенности рудной минерализации в метасмагматах золото-медного рудного поля Малмыж (Нижнее Приамурье) // Тектоника, глубинное строение и минералогия Востока Азии: VIII Косыгинские чтения. – Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН. – 2013. – С. 258–261.
6. Крюков В. Г. Типоморфные минералы зоны окисления золото-медно-порфировых руд Малмыжского месторождения (участок Свобода) / В. Г. Крюков, Н. А. Лаврик, Н. М. Литвинова, В. Ф. Степанова // Георесурсы. – 2019. – Т. 21, № 3. – С. 91–98.

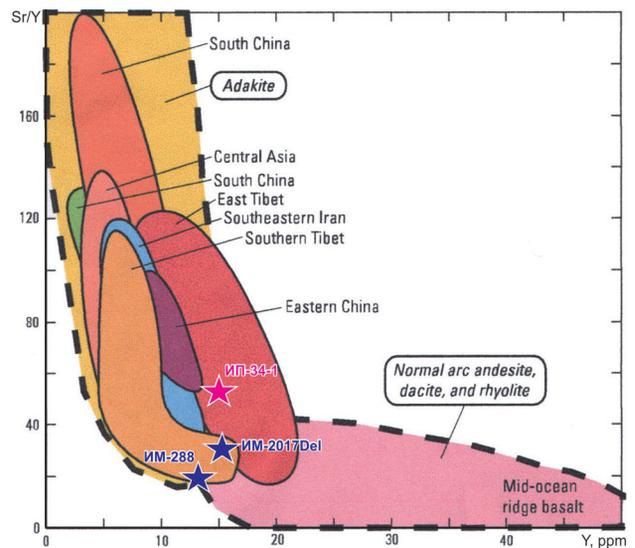


Рис. 11. Положение состава изученных образцов магматических пород Малмыжского и Понийского рудных полей на диаграмме Sr/Y – Y [22, Fig. 4], на которой для сравнения вынесены поля усредненных составов рудовмещающих интрузивных пород некоторых Cu- и Au-Cu-порфировых месторождений Азиатского региона (Китай, Центральная Азия, Иран)

7. Малышев Ю. Ф. Глубинное строение и перспективы поисков крупных и сверхкрупных месторождений на Дальнем Востоке / Ю. Ф. Малышев, М. В. Горошко, С. М. Родионов, Н. П. Романовский // Крупные и сверхкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. – М.: ИГЕМ РАН. – 2005. – С. 423–430.
8. Медно-порфировые месторождения / А. И. Кривцов, В. С. Звездов, И. Ф. Мигачев, О. В. Минина. – М.: Изд-во ЦНИГРИ, 2001. – 232 с.
9. Петров О. В. Государственное геологическое картографирование – эффективный путь к открытию месторождений-лидеров / О. В. Петров, Е. А. Киселёв, А. Ф. Морозов, В. И. Шпикерман, Т. Н. Зубова, В. В. Шатов, Ю. П. Змиевский // Региональная геология и металлогения. – 2015. – № 64. – С. 5–10.
10. Петров О. В. Прогноз размещения месторождений золото-медно-порфирового типа в вулcano-плутонических поясах восточных районов России по результатам работ составления листов Госгеолкарты-1000/3 / О. В. Петров, Е. А. Киселёв, В. И. Шпикерман, Ю. П. Змиевский // Региональная геология и металлогения. – 2019. – № 80. – С. 50–74.
11. Прохоров К. В., Бурдонов А. Е. Хлорид-гипохлоритное выщелачивание золота из окисленных руд Малмыжского месторождения // Горный журнал. – 2018. – № 10. – С. 62–66.
12. Рязанова Е. И. Новейшее открытие Дальнего Востока России – золото-медно-порфировое месторождение Малмыж // Геология в развивающемся мире. – 2015. – С. 52–55.
13. Рязанова Е. И. Пространственное распределение природных типов руд на месторождении Малмыж // Геология в развивающемся мире. – 2017. – С. 37–39.
14. Секисов А. Г. Геохимические особенности руд зоны окисления медно-золоторудного месторождения Малмыж и результаты их геотехнологического тестирования / А. Г. Секисов, В. В. Иванов, А. А. Рассказова, Е. К. Игнатъев // Горный журнал. – 2018. – № 10. – С. 30–35.
15. Ханчук А. И. Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока

- России // Рудные месторождения континентальных окраин. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – С. 5–34.
16. Ханчук А. И., Гребенников А. В., Иванов В. В. Альб-сеноманский окраинно-континентальный орогенный пояс и магматическая провинция Тихоокеанской Азии // Тихоокеанская геология. – 2019. – Т. 38, № 3. – С. 4–37.
  17. Ханчук А. И. Альб-сеноманский магматизм и медный рудогенез Сихотэ-Алиня / А. И. Ханчук, В. В. Иванов, Е. К. Игнатъев, С. В. Коваленко, Д. В. Семенова // Докл. РАН. – 2019. – Т. 488, № 3. – С. 69–73.
  18. Читалин А. Ф. Малмыж – новая крупная золото-медно-порфировая система мирового класса на Сихотэ-Алине / А. Ф. Читалин, А. А. Ефимов, К. И. Воскресенский, Е. К. Игнатъев, А. Г. Колесников // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – № 3. – С. 65–69.
  19. Шашорин Б. Н. Геолого-геофизическая модель Малмыжской рудно-магматической системы и возможности ее использования в прогнозировании (Сихотэ-Алинь) / Б. Н. Шашорин, Ф. И. Макаров, В. В. Руднев, Д. Е. Выдрич // Разведка и охрана недр. – 2018. – № 2. – С. 9–16.
  20. Hou Z. Q. The Himalayan Yulong porphyry copper belt: produced by large-scale strike-slip faulting at Eastern Tibet / Z. Q. Hou, H. W. Ma, K. L. Zaw, Y. Q. Zhang, M. J. Wang, Z. Wang, G. T. Pan, R. L. Tang // Economic Geology. – 2003. – Vol. 98. – Pp. 125–145.
  21. Hou Z. Q. Re-Os age for molybdenites from the Gangdese porphyry copper belt in the Tibetan plateau: implication to mineralization duration and geodynamic setting / Z. Q. Hou, X. M. Qu, S. X. Wang, A. D. Du, Y. F. Gao // Science China. – 2004. – Vol. 47. – Pp. 221–231.
  22. John D. A. Porphyry copper deposit model / D. A. John, R. A. Ayuso, M. D. Barton, R. J. Blakely, R. J. Bodnar, J. H. Dilles, F. Gray et al. // Scientific Investigations Report 2010-5070-B, U. S. Geological Survey. – Reston, Virginia. – 2010. – 169 p.
  23. Lowell J. D., Guilbert J. M. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits // Economic Geology. – 1970. – Vol. 65, N 4. – Pp. 373–408.
  24. Muller D., Groves D. I. Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization. – Springer, 2016. – 311 p.
  25. Sillitoe R. H. Porphyry copper systems // Economic Geology. – 2010. – Vol. 105, N 1. – Pp. 3–41.
  26. Sinclair W. D. Porphyry deposits // Mineral deposits of Canada: Geological Association of Canada Special Publication 5. – 2007. – Pp. 223–243.
  27. Soloviev S. G. The superlarge Malmyzh porphyry Cu-Au deposit, Sikhote-Alin, eastern Russia: Igneous geochemistry, hydrothermal alteration, mineralization, and fluid inclusion characteristics / S. G. Soloviev, S. G. Kryazhev, S. S. Dvurechinskaya, V. E. Vasyukov, D. A. Shumilin, K. I. Voskresensky // Ore Geology Reviews. – 2019. – Vol. 113. – Pp. 1–27.
  28. Williams I. S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe // Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes / Eds.: M. A. McKibben, W. C. Shanks III and W. I. Ridley. – Reviews in Economic Geology, 1998. – Vol. 7. – Pp. 1–35.
  29. Zheng Y. Progress in porphyry copper exploration from the Gangdise belt, Tibet, China / Y. Zheng, J. Duo, S. Cheng, S. Gao, F. Dai // Frontiers Earth Science China. – 2007. – Vol. 1. – Pp. 226–232.
  30. Bukhanova D. S., Plechov P. Yu. Conditions for the formation of Au-Cu-porphyry deposits Malmyzhskoe, Khabarovsk Territory (according to the study of fluid inclusions). *Vestnik KRAUNTS. Series: Earth Sciences*. 2017. No 34 (2), pp. 61–71. (In Russian).
  31. Bukhanova D. S. First data on the age of the Malmyzhsky gold-copper-porphyry deposit, Khabarovsk Territory. *New in the knowledge of ore formation processes: Materials of the VIII Regional Youth Scientific School*. – Moscow. – 2018. – Pp. 81–82. (In Russian).
  32. Gurman M. A., Poltaretskaya A. E. Technological investigations of primary copper-porphyry ores of the Malmyzh deposit. *Problemy nedropol'zovaniya*. 2019. No 2, pp. 94–100. (In Russian).
  33. Ivanov V. V., Kononov V. V., Ignat'ev E. K. Mineralogical and geochemical patterns of ore mineralization in metasomatites from the Malmyzh gold-copper ore field (Lower Amur River Region). *Tectonics, deep structure and minerageny of Eastern Asia: VIII Kosygin'skie readings*. – Khabarovsk: ITiG DVO RAN. 2013. Pp. 258–261. (In Russian).
  34. Kryukov V. G., Lavrik N. A., Litvinova N. M., Stepanova V. F. Typomorphic minerals from oxidation zone of the Malmyzh gold-copper-porphyry deposit (Freedom prospect area). *Georesursy*. 2019. Vol. 21. No 3, pp. 91–98. (In Russian).
  35. Malyshev Yu. F., Goroshko M. V., Rodionov S. M., Romanovskiy N. P. Deep structure and prospecting perspectives of large and superlarge mineral deposits of the Russian Far East. *Large and superlarge mineral deposits: distribution patterns and condition of formation*. Moscow: IGEM RAS. 2005. Pp. 423–430. (In Russian).
  36. Krivtsov A. I., Zvezdov V. S., Migachev I. F., Minina O. V. Medno-porfirovye mestorozhdeniya [Copper-porphyry deposits]. Moscow: TSNIIGRI. 2001. 232 p.
  37. Petrov O. V., Kiselev E. A., Morozov A. F., Shpikerman V. I., Zubova T. N., Shatov V. V., Zmieviskiy Yu. P. State Geological Mapping – effective way to discovery of world-class mineral deposits. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2015. No 64, pp. 5–10. (In Russian).
  38. Petrov O. V., Kiselev E. A., Shpikerman V. I., Zmieviskiy Yu. P. Anticipating the distribution of gold-copper-porphyry-type deposits in volcanic-plutonic belts of Russia's eastern regions based on results of compiling sheets of the State Geological Map-1000/3. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2019. No 80, pp. 50–74. (In Russian).
  39. Prokhorov K. V., Burdonov A. E. Chloride-hypochlorous leaching of gold from oxidized ores of the Malmyzh deposit. *Gornyi Zhurnal*. 2018. No 10, pp. 62–66. (In Russian).
  40. Ryazanova E. I. Newest discovery on the Russian Far East – the Malmyzh gold-copper-porphyry deposit. *Geology in the developing world*. 2015, pp. 52–55. (In Russian).
  41. Ryazanova E. I. Spatial distribution of ore types within the Malmyzh deposit. *Geology in the developing world*. 2017. Pp. 37–39. (In Russian).
  42. Sekisov A. G., Ivanov V. V., Rasskazova A. A., Ignat'ev E. K. Geochemical features and geotechnical investigation of oxidized zone in the Malmyzh copper-gold deposit. *Gornyi Zhurnal*. 2018. No 10, pp. 30–35. (In Russian).
  43. Khanchuk A. I. Paleogeodynamic analysis of the formation of ore deposits in Russian Far East. *Ore deposits of the continental margin*. Vladivostok: Dal'nauka. 2000. Pp. 5–34. (In Russian).
  44. Khanchuk A. I., Grebennikov A. V., Ivanov V. V. Albian-Cenomanian orogenic belt and igneous province of the Pacific Asia. *Tikhookeanskaya Geologiya*. 2019. Vol. 38. No 3, pp. 4–37. (In Russian).
  45. Khanchuk A. I., Ivanov V. V., Ignat'ev E. K., Kovalenko S. V., Semenova D. V. Albian-Cenomanian magmatism and copper ore genesis of the Sikhote-Alin. *Dokl. RAN*. 2019. Vol. 488. No 3, pp. 69–73. (In Russian).

18. Chitalin A. F., Efimov A. A., Voskresenskiy K. I., Ignat'ev E. K., Kolesnikov A. G. Malmyzh – a new large world-class porphyry copper-gold system in the Sikhote-Alin. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*. 2013. No 3, pp. 65–69. (In Russian)
19. Shashorin B. N., Makarov F. I., Rudnev V. V., Vyd- rich D. E. Geological-geophysical model of Malmyzhskiy ore-bearing system and possibility of its use in forecasting (the Northern Sikhote-Alin). *Razvedka i okhrana nedr*. 2018. No 2, pp. 9–16.
20. Hou, Z. Q., Ma, H. W., Zaw, K., Zhang, Y. Q., Wang, M. J., Wang, Z., Pan, G. T., Tang, R. L. 2003: The Himalayan Yulong porphyry copper belt: produced by large-scale strike-slip faulting at Eastern Tibet. *Economic Geology*. 98. 125–145.
21. Hou, Z. Q., Qu, X. M., Wang, S. X., Du, A. D., Gao, Y. F. 2004: Re-Os age for molybdenites from the Gangdese porphyry copper belt in the Tibetan plateau: implication to mineralization duration and geodynamic setting. *Science China*. 47. 221–231.
22. John, D. A., Ayuso, R. A., Barton, M. D., Blake- ly, R. J., Bodnar, R. J., Dilles, J. H., Gray, F. et al. 2010: Porphyry copper deposit model. *Scientific Investigations Report 2010-5070-B, U. S. Geological Survey: Reston, Virginia*. 169.
23. Lowell, J. D., Guilbert, J. M. 1970: Lateral and verti- cal alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. *Economic Geology*. 65. 4. 373–408.
24. Muller, D., Groves, D. I. 2016: *Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization*. Springer. 311.
25. Sillitoe, R. H. 2010: Porphyry copper systems. *Economic Geology*. 105. 1. 3–41.
26. Sinclair, W. D. 2007: Porphyry deposits. *Mineral deposits of Canada: Geological Association of Canada Special Publication 5*. 223–243.
27. Soloviev, S. G., Kryazhev, S. G., Dvurechinskaya, S. S., Vasyukov, V. E., Shumilin, D. A., Voskresenskiy, K. I. 2019: The superlarge Malmyzh porphyry Cu-Au deposit, Sikhote-Alin, eastern Russia: Igneous geochemistry, hydrothermal alteration, mineralization, and fluid inclusion characteristics. *Ore Geology Reviews*. 113. 1–27.
28. Williams, I. S. 1998: U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In McKibben, M. A., Shanks III, W. C. and Ridley, W. I. (eds.): *Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes. Reviews in Economic Geology*. 7. 1–35.
29. Zheng, Y., Duo, J., Cheng, S., Gao, S., Dai, F. 2007: Progress in porphyry copper exploration from the Gangdise belt, Tibet, China. *Frontiers Earth Science China*. 1. 226–232.

Петров Олег Владимирович – чл.-корр. РАН, доктор геол.-минерал. наук, доктор экон. наук, ген. директор, ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <vsegei@vsegei.ru>

Ханчук Александр Иванович – академик РАН, доктор геол.-минерал. наук, науч. руководитель, ДВГИ ДВО РАН<sup>2</sup>. <axanchuk@mail.ru>

Иванов Владимир Викторович – канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, руководитель лаборатории, ДВГИ ДВО РАН<sup>2</sup>. <d159327@yandex.ru>

Киселёв Евгений Аркадьевич – зам. министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации, руководитель, Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра). Большая Грузинская ул., 4/6, стр. 1, Москва, 125993, Россия.

Шатов Виталий Витальевич – канд. геол.-минерал. наук, вед. специалист, ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <vitally\_shatov@vsegei.ru>

Змиевский Юрий Петрович – канд. геол.-минерал. наук, вед. специалист, ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <yuri\_zmievskii@vsegei.ru>

Молчанов Анатолий Васильевич – доктор геол.-минерал. наук, директор, Центр прогнозно-металлогенических исследований ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <anatoly\_molchanov@vsegei.ru>

Терехов Артем Валерьевич – канд. геол.-минерал. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <artem\_terekhov@vsegei.ru>

Сергеев Сергей Андреевич – канд. геол.-минерал. наук, директор, Центр изотопных исследований ВСЕГЕИ<sup>1</sup> (ЦИИ ВСЕГЕИ). <sergey\_sergeev@vsegei.ru>

Petrov Oleg Vladimirovich – Corresponding Member of RAS, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Doctor Economic Sciences, Director General, VSEGEI<sup>1</sup>. <vsegei@vsegei.ru>

Khanchuk Alexander Ivanovich – Academician of RAS, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Research Supervisor, FEGI FEB RAS<sup>2</sup>. <axanchuk@mail.ru>

Ivanov Vladimir Victorovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Scientist, Head of Laboratory, FEGI FEB RAS<sup>2</sup>. <d159327@yandex.ru>

Kiselev Evgeniy Arkad'evich – Deputy Minister of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, Head, Federal Agency of Mineral Resources (Rosnedra). 4/6 Bol'shaya Gruzinskaya, str. 1, Moscow, 125993, Russia.

Shatov Vitaly Vitalievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Geologist, VSEGEI<sup>1</sup>.

<vitally\_shatov@vsegei.ru>

Zmievskiy Yuriy Petrovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Expert, VSEGEI<sup>1</sup>.

<yuri\_zmievskii@vsegei.ru>

Molchanov Anatoly Vasilievich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Director, Centre of Predictive Metallogenic Studies of VSEGEI<sup>1</sup>. <anatoly\_molchanov@vsegei.ru>

Terekhov Artem Valerievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department, VSEGEI<sup>1</sup>.

<artem\_terekhov@vsegei.ru>

Sergeev Sergey Andreevich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Director, Centre of Isotopic Research of VSEGEI<sup>1</sup> (CIR VSEGEI). <sergey\_sergeev@vsegei.ru>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

А. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.

<sup>2</sup> Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (ДВГИ ДВО РАН). Пр-т 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690022, Россия.

Far East Geological Institute of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences (FEGI FEB RAS). 159 Prospekt 100-letiya Vladivostoka, Vladivostok, 690022, Russia.

Ф. Д. ЛАЗАРЕВ, Д. А. БЕЛОВ, П. В. КИРПЛЮК,  
И. В. МОЛОДЦОВ (НФ ВСЕГЕИ)

**Выделение перспективных участков на поиски  
скарново-магнетитовых и золото-полиметаллических оруденений  
по результатам комплексных аэрогеофизических съемок  
в пределах Буреинского массива (Хабаровский край)**

На основе материалов комплексной аэрогеофизической съемки (магнитометрия, гамма-спектрометрия, электроразведка) м-ба 1 : 50 000, выполненной на Буреинско-Ханкайской площади, отмечены локальные тектонические структуры, являющиеся составными частями интрузивных массивов, слагающих Буреинский массив. В пределах этих структур выделены перспективные участки на скарново-магнетитовое и золото-полиметаллическое оруденения.

*Ключевые слова:* Буреинский массив, комплексная аэрогеофизическая съемка, локальная тектоническая структура, скарново-магнетитовое, золото-полиметаллическое оруденение.

F. D. LAZAREV, D. A. BELOV, P. V. KIRPLYUK,  
I. V. MOLODTSOV (VSEGEI NORILSK BRANCH)

**Identification of areas promising for the exploration of combined  
skarn-magnetite, gold-polymetallic mineralization based  
on results of integrated airborne geophysical surveys within  
the Bureya Massif**

Local tectonic structures, which are components of intrusions forming the Bureya Massif, have been identified based on data of integrated airborne geophysical surveys (magnetometry, gamma-spectrometry, electrical prospecting) at a scale of 1:50,000 in the Bureya-Khanka Area. Prospects promising for skarn-magnetite and gold-polymetallic mineralization were discovered within the local tectonic structure.

*Keywords:* Bureya Massif, integrated airborne geophysical survey, local tectonic structure, skarn-magnetite, gold-polymetallic mineralization.

*Для цитирования:* Лазарев Ф. Д. Выделение перспективных участков на поиски скарново-магнетитовых и золото-полиметаллических оруденений по результатам комплексных аэрогеофизических съемок в пределах Буреинского массива (Хабаровский край) / Ф. Д. Лазарев, Д. А. Белов, П. В. Кирплюк, И. В. Молодцов // Региональная геология и металлогения. — 2020. — № 83. — С. 57–67.

В последние годы при проведении аэрогеофизических исследований широко применяются современные геофизические комплексы, отличающиеся от аппаратуры прошлых поколений целым рядом характеристик:

– развитие технологии изготовления высокочувствительных квантовых цезиевых датчиков CS-2, -3 для аэромагнитометров нового поколения с высокой помехо- и виброустойчивостью, а также увеличение частоты опроса магнитометрического канала привело к уменьшению погрешности аэромагнитных измерений;

– с появлением средневысотных низкофонных аэрогамма-спектрометров стало возможным повышение высоты полета до 150 м для выполнения картировочных и ряда поисковых задач при сохранении стандартной цикличности опроса. В качестве детекторов используют полициноновые кристаллы NaJ (Tl) объемом

$8 \times 4 = 32$  л. Каждая пара кристалл + ФЭУ (сцинтилляционный блок) представляет собой мини-спектрометр с самостоятельным трактом управления и термостабилизацией энергетической шкалы;

– включение в комплекс электроразведочной системы ЕМ-4Н, в основе которой положен метод ДИП-А, позволяющий исследовать геологическую среду в более широком диапазоне глубин и электрических свойств;

– применение спутниковой системы привязки с использованием процедур дифференциальной коррекции навигационных данных позволяет определять координаты точек наблюдений с погрешностью до  $\pm 1$  м. Ведение активного судовождения с применением высокоточных GPS навигаторов и радиовысотометров позволило резко повысить качество построения фактических линий полетов и выдерживание высоты.

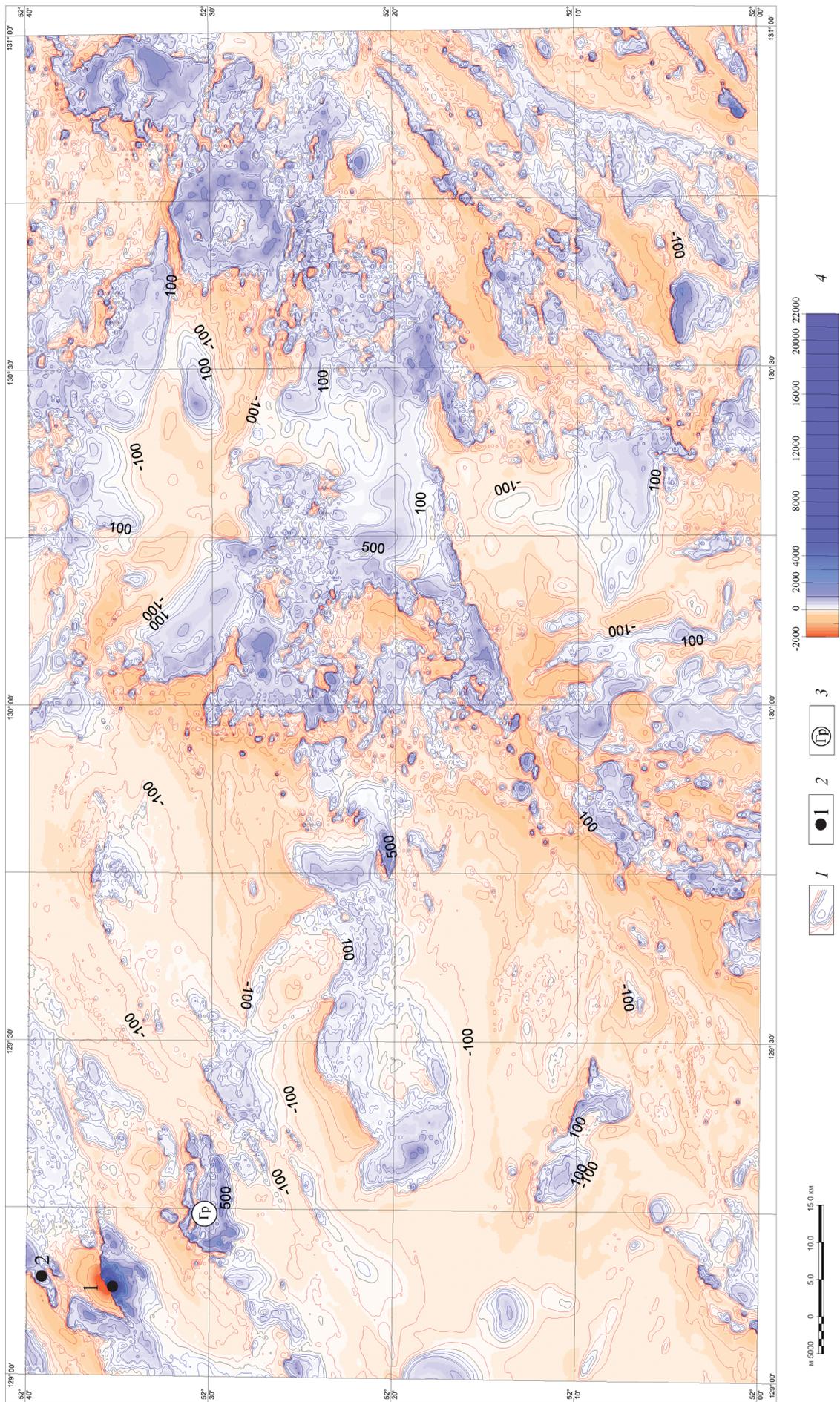


Рис. 1. Карта аномального магнитного поля, Бурейско-Ханкайская площадь  
 1 – изолинии ( $\Delta T_n$ ); 2 – месторождения железа (1 – Гаринское, 2 – Лебедихинское); 3 – Гаринская ЛГС; 4 – шкала интенсивности ( $\Delta T_n$ , нТл)

Эти аппаратурные особенности современного бортового комплекса выводят его на качественно более высокий уровень и позволяют объективно сопоставлять аэрогеофизические данные с результатами наземных геофизических исследований одного масштаба.

В 2016 г. Норильский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ» на основании государственного геологического задания выполнил аэрогеофизические (магнитометрия, гамма-спектрометрия, электроразведка) съемки м-ба 1 : 50 000 по созданию геофизической основы для Госгеолкарты-200 листов N-52-XXXIV, XXXV (Буреинско-Ханкайская площадь), расположенной в пределах Мазановского и Селемджинского районов Амурской области. Площадь съемки составила – 10 144 км<sup>2</sup>.

Территория рассматриваемых листов находится в пределах Амурского геоблока северной части Буреинского массива – крупной жесткой структуры Монголо-Охотского складчатого пояса. Особенности тектонического строения определяются широким распространением палеозойских интрузий преимущественно гранитного состава с заключенными в них ксенолитами кровли нижнепротерозойско-рифейских отложений, присутствием складчатых структур силура и горизонтально залегающих кайнозойских отложений. Фрагменты докембрийского кристаллического фундамента образованы позднеархейскими и раннепротерозойскими стратифицируемыми образованиями. Осадочный чехол представлен нижнепротерозойско-рифейско-мезозойскими отложениями.

Геологическая история района работ тесно связана с образованием и развитием Буреинского массива – крупной тектонической структуры, представляющей собой сложное сочетание различных по размеру выступов кристаллического фундамента и фрагментов складчатых структур. Его становление связывается с региональной системой разрывов северо-восточного простирания. Серией тектонических нарушений северо-восточного и субширотного направлений на площади листов массив разделен на ряд структур: Октябрьский, Туранский и другие массивы, являющиеся крупными структурами 2-го порядка.

Начало формирования структурных позиций рассматриваемой территории собственно Буреинского массива, его соподчиненных структур и складкообразование связано с внедрением по ослабленным зонам субпараллельных северо-восточных нарушений интрузий основного состава, представленных габбро, габбродiorитами гаринского комплекса ( $v\Delta PZ_1gr$ ) – начальная фаза. Интрузивные образования основного состава прорывают осадочно-терригенные отложения: гарьской серии ( $PR_1gr$ ), представленной метабазальтами, сланцами хлорит-амфиболовыми, метапесчаниками, известняками мраморизованными, формируя ксенолиты осадочных пород среди интрузивов. По геологическим данным, выходы послонных силлов габбро на поверхность прослеживаются преимущественно в северо-западной

части листа N-52-XXXIV в районе бассейна р. Гарь и ее притоков. Местами они обладают ограниченной протяженностью, возможно, располагаются в несколько ярусов и связаны друг с другом перемычками. По результатам аэромагнитной съемки, пластовые тела, габбро, габбродiorитов выделяются зонами узких линейных субпараллельных высокомагнитных аномалий ( $\Delta T$ )<sub>a</sub> преимущественно северо-восточного простирания (рис. 1). Значения в экстремумах составляют в основном до +1000 нТл. Сгущение изолиний характеризует приближение или выход на поверхность верхних кромок магнитоактивных тел. Увеличение интенсивности локальных аномалий связывается с повышенными содержаниями магнетита в породе, значительной вертикальной мощностью и близповерхностным залеганием интрузивного тела, а также с процессами скарнообразования в зонах контакта габбро с вмещающими известняками гарьской серии. Глубина залегания интрузий основного состава составляет от 0 до десятков (первых сотен) метров.

Участки распространения силлов габбродiorитов с увеличенными поперечными размерами, сближенными телами со значимой вертикальной мощностью, на карте гравитационного поля выделяются положительными аномалиями поля силы тяжести и его трансформант  $\Delta g_{лок}$ .

Аномалии со значениями свыше +1500 нТл фиксируют зоны контактов габбро и гранитов с известняками гарьской серии, связанные с контактово-метасоматическими скарново-магнетитовыми рудопоявлениями и месторождениями железа. Непосредственно о контактах габбро на вмещающие породы судить сложно, так как последние подвергались в дальнейшем сильному влиянию более поздних гранитных интрузий. По-видимому, они проявились в частичном ороговиковании и скарнировании пород в зонах экзо- и эндоконтактов. Магнитная восприимчивость габбро составляет  $(10-206) \cdot 10^{-5}$  ед. СИ. Средняя плотность 2,82 г/см<sup>3</sup>.

Следующая фаза связана с раннепалеозойской тектоно-магматической активизацией и внедрением объемных масс гранитов, лейкогранитов и субщелочных гранитов октябрьского комплекса ( $\gamma Oo$ ). Инъекции кислого ряда внедрялись вдоль ослабленных зон парных разрывов северо-восточной ориентировки между пластовыми телами габбродiorитов, формируя объекты купольной формы. Граниты октябрьского комплекса являются практически немагнитными или слабомагнитными породами. Средняя магнитная восприимчивость составляет  $0,97 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ, средняя плотность – 2,63 г/см<sup>3</sup>. С этим этапом связано начало формирования интрузивных структур 2-го порядка, входящих в состав Буреинского массива. Окончание формирования массивов связано с интрузивной деятельностью тырмо-буреинского и ханинского комплексов кислого и среднего составов (Туранский массив).

В пределах Северного, Центрального и Южного выступов Октябрьского и Туранского массивов на

площади листов возможно обнаружение комплексного скарново-магнетитового золото-полиметаллического оруденения, образованного в результате последовательного развития рудно-магматических систем габбро-гранитных интрузивных комплексов. Предположительно, формирование оруденения происходило в результате последовательного отложения минерально-геохимических ассоциаций: скарново-магнетитовой → халькопирит-пирротиновой → арсенопирит-пиритовой → халькопирит-пиритовой (полиметаллической) → золото-серебряно-полиметаллической.

Основу вмещающих стратифицированных образований представляют нижнепротерозойские отложения гарьской серии, представленной metabазальтами, сланцами хлорит-амфиболовыми, метапесчаниками, мраморизованными известняками. Представленные породы были прорваны рудогенерирующими интрузиями дифференцированных габбро-гранитных комплексов мантийной коры. В пределах Северного выступа выявлены месторождения скарново-магнетитовых руд (Гаринское и Лебедихинское). При этом рудные поля характеризуются комплексным составом, присутствуют ореолы рассеивания и проявления металлов: Ag, Pb, Mo, Sn, W, Hg. Широким развитием пользуются россыпные месторождения золота.

На примере комплексных скарново-магнетитовых золото-серебряных месторождений рудного Алтая, а также состава рудных минералов на известных месторождениях Амурской области прослеживаются аналогичные геолого-структурные и геофизические признаки в пределах Октябрьского и Туранского массивов.

Комплексное оруденение локализуется в приконтактных частях габбро-гранитных массивов, преимущественно в зонах контакта с вмещающими отложениями, тяготея к надинтрузивным и околоинтрузивным частям. Как правило, рудная минерализация приурочена к штокам, штокверкам и гребневидным выступам интрузий, локализуется и в трещинных системах. Наблюдается зональность расположения рудных ассоциаций — ближе к интрузиям локализуется магнетитовое оруденение, затем медно-молибденовое, далее золото и золото-серебряное. Наряду со скарново-магнетитовым оруденением повышенных концентраций достигают медь, молибден, золото, серебро, резе свинец, цинк, которые образуют как совмещенные, так и самостоятельные рудные объекты.

Основные концентрации золота связаны с сульфидными парагенезисами, наложенными на магнетитовые руды, а они в свою очередь — на предрудные скарны. В пределах изученных рудных полей отмечается аналогичный ряд последовательно сменяющих друг друга окolorудных изменений, основу которого составляют скарнирование → пропилизация → аргиллизация. Кроме этого, типичными проявлениями наложенных изменений являются калишпатизация, окварцевание, турмалинизация. Образование

комплексных рудопроявлений связывается со стадийными процессами, протекавшими в широком температурном диапазоне. Отмечается, что все сульфидные парагенезисы в той или иной степени золотоносны. Разнообразие оруденения зависит от масштабности проявления той или иной стадии и преобладания в ней тех или иных полезных элементов — минералов.

Формирование рассматриваемых ассоциаций происходит в результате активного полициклического развития магматического очага. Начальным этапом является внедрение интрузий основного состава по зонам региональных (иногда парных) разрывов. На последующем этапе внедрения гранитных интрузий обязательное условие образования скарновых рудопроявлений — наличие во вмещающих породах в зоне эксплозивного контакта известковистых отложений. На завершающих этапах из остывающего расплава, обогащенного рудными элементами за счет флюидной составляющей и интенсивной деятельности гидротермальных растворов, выделяются рудные элементы. Последующая фаза тектоно-магматической активизации — внедрение новых инъекций пестрого состава в виде мелких образований (мелких штоков, даек, трубок), которые оказывают терморазогревающий эффект, что способствует обогащению, насыщению и расширению по площади рудных минерализаций.

В первую очередь из флюида выделяются труднорастворимые в расплаве газы и рудные элементы Cr, V, Ni, Co, Fe. На начальном этапе формируется скарново-магнетитовое оруденение, которое локализуется как в зонах контакта интрузивного материала с вмещающими породами — контактово-метасоматическая модель рудообразования, так и в трещинных системах — конвективная модель. Далее по мере снижения температуры в активном тектоническом режиме идет последовательное формирование минеральных ассоциаций, содержащих все более растворимые, подвижные элементы. Более поздние минеральные образования, благодаря высокой подвижности флюидов, мигрируют дальше от очага и отлагаются выше по разрезу, охватывая большие объемы, что и приводит к закономерному наложению золото-сульфидных минеральных комплексов на магнетитовые руды (В. Л. Хомичев, А. Б. Шепель, 2003).

Источник рудного вещества — комбинированный мантийно-коровый. Специализация рудопроявлений, наряду с особенностями дифференциации вещества в магматическом очаге и физико-химическими условиями рудоотложения, определяется и наличием повышенных концентраций элементов в доинтрузивном субстрате. С одной стороны, элементы ассимилируются интрузиями, а с другой, выщелачиваются циркулирующими растворами из рудовмещающих пород.

Комплексные рудные проявления формируются в зонах расположения крупных региональных разрывов. Интрузивно-плутоническая

геологическая модель оруденения связана с внедрениями дифференцированных габбро-гранитных магматических комплексов. Золотое оруденение является многостадийным и связано с пульсационным становлением рудно-магматических систем мантийного происхождения, с комбинированными источниками рудного вещества и флюидов. К экзо- и эндоконтактам интрузий приурочено высокотемпературное скарново-магнетитовое оруденение, а к наднапикальным частям интрузий — медно-молибден-золото-порфиоровое оруденение. На удалении от этих образований в трещинных системах над локальными очагами формируется более низкотемпературное золото-серебряное оруденение.

Участки золотоносных метасоматитов характеризуются повышенными и аномально-высокими содержаниями калия (урана) на фоне вмещающих осадочно-вулканогенно-терригенных пород. Золоторудным зонам свойственно проявление нескольких минеральных стадий и генераций самородного золота. Благоприятны зоны совмещения скарново-магнетитовой и сульфидной минерализаций (пирит, халькопирит, арсенопирит, молибденит, галенит, сфалерит и др.). Оруденение фиксируется накоплением в первичных и вторичных ореолах рассеяния золота, серебра, элементов-спутников Cu, Mo, Fe, As, Pb, Zn, Hg.

В пределах Северного и Центрального выступов Октябрьского массива ранее проведенными геологическими исследованиями выявлены ореолы рассеивания и мелкие рудопроявления элементов-спутников. Каких-либо значимых коренных золоторудных проявлений на площади исследований пока не обнаружено.

В северо-западной части Буреинско-Ханкайской площади в бассейне р. Гарь расположен Гаринский железорудный узел. В его состав входят крупное Гаринское и мелкое Лебедихинское месторождения. Железорудная минерализация приурочена к нижнепротерозойским осадочным отложениям. В 14 км к западу от Гаринского месторождения за пределами листов находится Имчиканское месторождение, выявленное в аналогичной геологической обстановке. Гаринское месторождение открыто в 1949 г. по результатам выполненной аэромагнитной съемки м-ба 1 : 200 000. Месторождение локализовано в пределах силла габбро — зона магнитных аномалий в осевой части Северного выступа Октябрьского массива — и выделяется высокомагнитной аномальной зоной интенсивностью свыше +1000 нТл, максимальное значение +30 075 нТл. В поле трансформанты силы тяжести объекту соответствует локальный максимум интенсивностью +1,3 мГал. Рудная зона размером 2,5 × 7 км образована на контакте раннепалеозойских габбро и гранитов с ксенолитом вмещающих терригенно-карбонатных отложений. Геологическими съемками установлено более 50 простых и сложных тел мощностью от 2 до 50 м и протяженностью от 80 до 150 м. Содержания в них железа

меняется соответственно 55,7; 34 и 23 %. Картирование Гаринского месторождения в геофизических полях приведено на рис. 2–4.

Геолого-геофизические поисковые критерии и признаки скарново-магнетитового оруденения:

- структурно-тектонические — локализация в надинтрузивной и околоинтрузивной частях сформированных мелких габбро-гранитных массивов, связанных с интрузиями основного и кислого составов протерозойско-раннепалеозойского возраста. Объекты приурочены к системам глубинных, иногда парных, региональных разрывов северо-восточного простирания. В пределах линейных зон интрузий габбродиоритов гаринского комплекса выделяются локальные замкнутые объекты, узлы ветвления, смещения осей и раздвоения тел в местах сопряжения разрывных нарушений более молодого возраста;

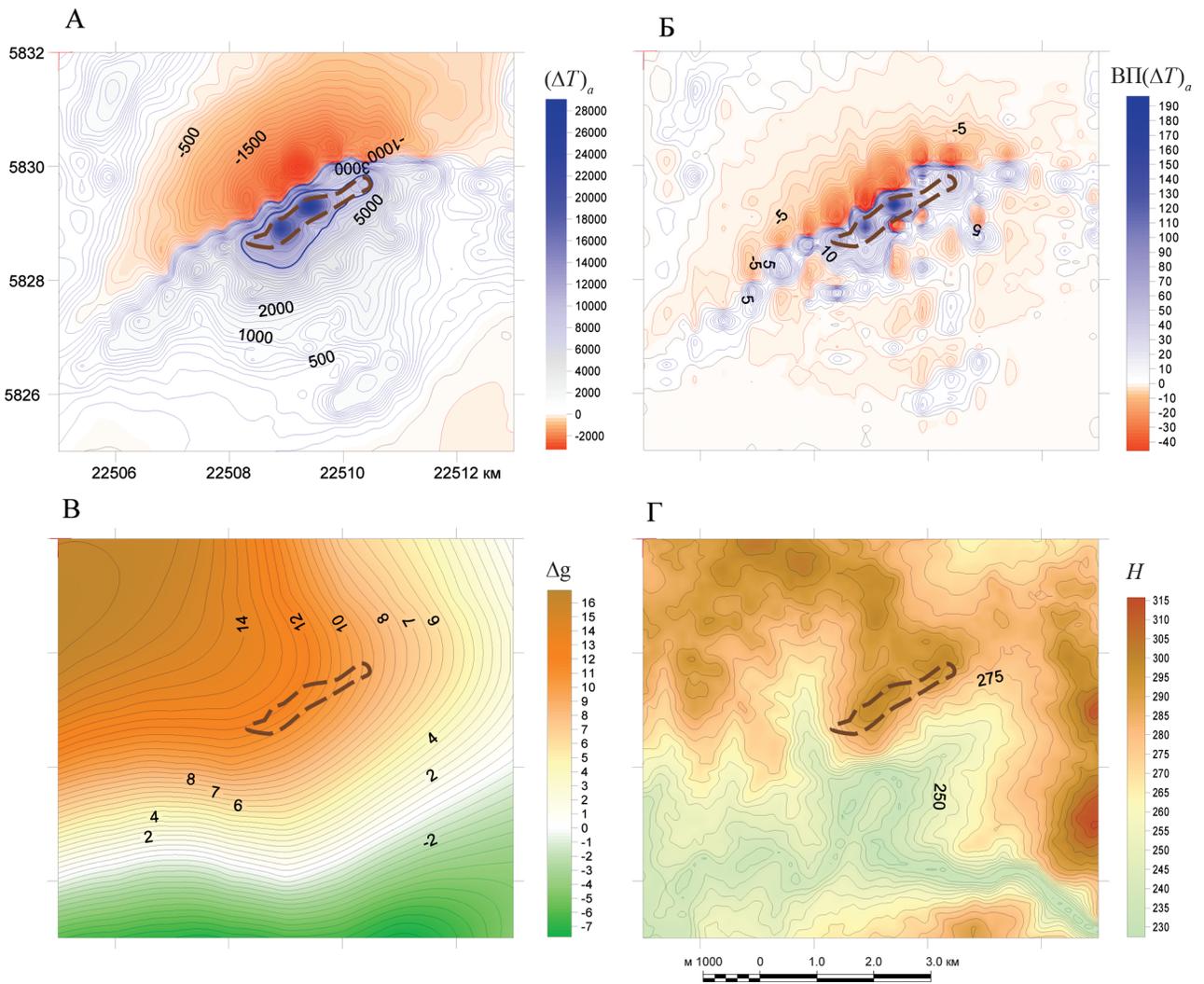
- литолого-стратиграфический — развитие гарьской серии: метабазальты, сланцы, метапесчаники, известняки мраморизованные, вмещающие скарново-магнетитовое оруденение;

- локализация скарново-магнетитового оруденения в местах экзо- и эндоконтактов интрузивов с вмещающими осадочными отложениями, в состав которых входят известняки;

- выделение интрузивных образований основного состава линейными и дуговыми положительными аномалиями магнитного поля. Высокомагнитные (от +300 и свыше +1000 нТл) — габбродиориты, диориты ( $\nu\Delta PZ_{1gr}$ ). Участки интрузий основного состава со значительной вертикальной мощностью и поперечными размерами фиксируются в поле силы тяжести и его трансформантах положительными аномалиями. Им соответствуют минимальные значения радиохимических элементов;

- немагнитные инъективы кислого состава, преимущественно слагающие интрузивные выступы (массивы), фиксируются изолиниями изометрического характера отрицательного знака ( $\Delta T_a$ ), значения поля достигают  $-500 \dots -100$  нТл. Выходы гранитных инъекций октябрьского ( $\gamma Oo$ ) и тырмо-буреинского комплексов ( $\gamma \Delta C_{2-3t}$ ) картируются надкларковыми значениями радиохимических элементов. Участки со значимой вертикальной мощностью отмечаются локальными отрицательными аномалиями гравитационного поля от  $-26$  до  $-8$  мГал;

- известные и предполагаемые скарново-магнетитовые месторождения и рудопроявления фиксируются высокомагнитными аномалиями со значениями в экстремумах от +1000 и свыше +1500 нТл (макс. +30 075 нТл) в виде локальных раздувов в пределах линейных и дуговых зон или самостоятельными локальными объектами. Некоторые рудопроявления отмечаются локальными положительными аномалиями  $\Delta g_{лок}$ . Все они характеризуются компактной локализацией, небольшими размерами в плане — первые километры — и значительным вертикальным размахом оруденения. Глубина рудных интервалов Гаринского месторождения составляет свыше 500 м;



**Рис. 2. Отражение Гаринского скарново-магнетитового месторождения (контур показан пунктиром) в геофизических полях и рельефе**

*А* – карта аномального магнитного поля, содержания  $(\Delta T)_a$ , нТл; *Б* – карта вертикальной производной, значения  $ВП(\Delta T)_a$ , нТл; *В* – карта поля силы тяжести, значения  $\Delta g$  поверхности рельефа, у. е.; *Г* – карта поверхности рельефа, значения изогипс поверхности рельефа  $H$ , м

– на картах радиохимических полей участкам высокомагнитных аномалий соответствуют фоновые или пониженные значения триады ЕРЭ;

– на картах удельных эффективных сопротивлений участки развития известных и предполагаемых скарново-магнетитовых оруденений отмечаются пониженными значениями на общем фоне;

– рудогенерирующую роль играют габбро, габбродиоритовая формации (начальная фаза);

– рудообразующая роль связана с инъекциями гранитов (последующие фазы), которые оказывали терморазогревающий эффект, способствуя интенсивной гидротермальной деятельности циркулирующих растворов и выщелачиванию;

– модель рудообразования – контактово-метасоматическая.

Майский золото-серебрянорудный узел выделен в центральной части минерагенической зоны преимущественно на правом берегу

р. Селемджа. Начало золотопромышленности относится к 1895 г. На руч. Алексеевский, приток р. Селемджа, была открыта первая россыпь и начал действовать прииск. В последующие годы россыпи открылись по другим правым притокам р. Селемджа, в том числе по р. Орловка. Все они сосредоточены в центре листа N-52-XXXIV на относительно небольшой площади. В тектоническом плане узел охватывает южное окончание Северного, Центральный и северное обрамление Южного выступов Октябрьского массива. В границах узла выявлено три рудопроявления и четыре пункта золотой минерализации.

Геолого-геофизические поисковые критерии и признаки золоторудной минерализации:

– структурно-тектонические – локализация в надинтрузивной и околоинтрузивной частях плутогенно-интрузивных структур, связанных с инъекциями основного и кислого составов раннепалеозойского и кислого состава

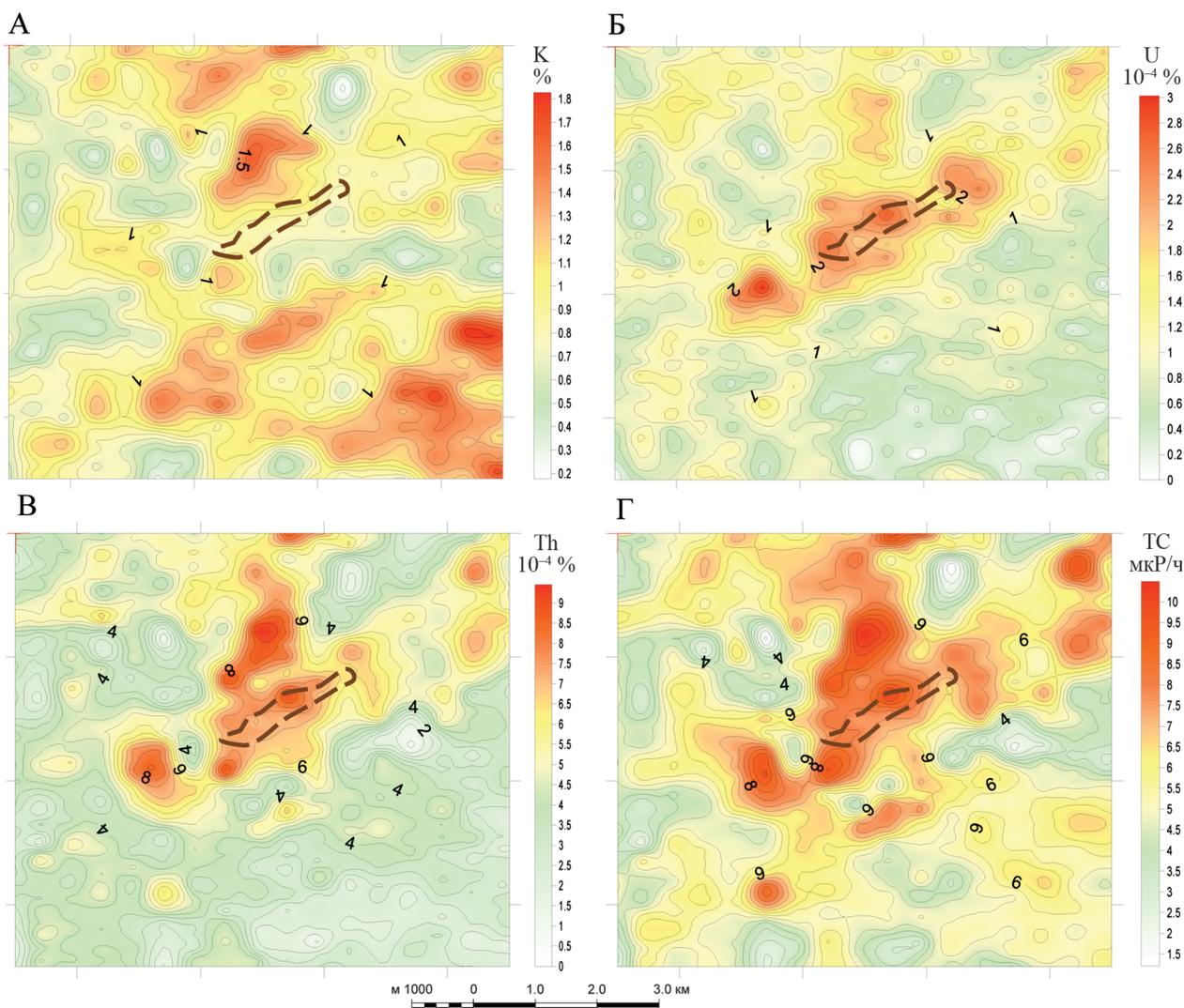


Рис. 3. Отражение Гаринского скарново-магнетитового месторождения (контур показан пунктиром) по данным гамма-спектрометрической съемки

А–Г – карты содержаний: А – калия; Б – урана; В – тория; Г – мощности экспозиционной дозы

позднепалеозойского комплексов. Массивы (плутогены) приурочены к системам древних глубинных региональных, иногда парных, разрывов северо-восточного простирания;

– литолого-стратиграфический – золоторудные проявления развиты в пределах осадочных толщ: гарьской серии, сложенной metabазальтами, сланцами, метапесчаниками, известняками мраморизованными; армейской серии – отложения дагмарской и неклинской толщ, представленные сланцами биотит-кварцевыми, пластами метапесчаников, мраморизованными известняками;

– наличие в пределах апикальных и краевых частей локальных тектонических структур (ЛТС) – объектов, образованных несколькими фазами интрузивной деятельности (не менее двух фаз), расположенных в апикальных и краевых частях полигенных интрузивных массивов или на незначительном удалении от них, обладающих эллипсоидной и изометрической формами

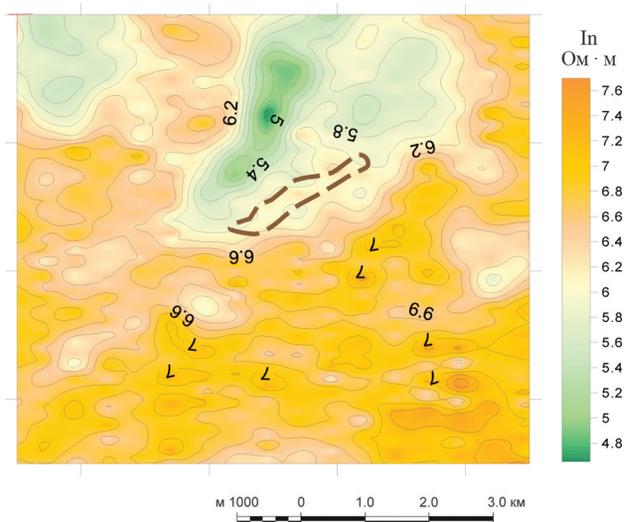


Рис. 4. Отражение Гаринского скарново-магнетитового месторождения (контур показан пунктиром) по данным электроразведки на частоте 130 Гц, карта кажущегося удельного сопротивления

с размерами, составляющими первые километры [1], – в конкретном случае сформировавшихся в результате внедрения интрузий габбродиоритов гаринского ( $\nu\Delta PZ_{1gr}$ ) и инъекций кислого состава октябрьского ( $\gamma Oo$ ), тырмо-буреинского ( $\gamma\Delta C_{2-3t}$ ) и харинского ( $\epsilon\gamma P_2-T_{1h}$ ) комплексов, в узлах сопряжения (сближения) парных тел габбродиоритов, рассеченных разрывными нарушениями более молодого возраста;

– выделение интрузивных образований основного состава линейными и дуговыми положительными аномалиями магнитного поля. Высокомагнитные (от +300 и свыше +1000 нТл) – габбро, габбродиориты, диориты. Участки интрузий основного состава со значительной вертикальной мощностью и поперечными размерами фиксируются в поле силы тяжести и его трансформантах положительными аномалиями. Им соответствуют фоновые значения радиохимических элементов;

– немагнитные инъективы кислого ряда, преимущественно слагающие интрузивные выступы, фиксируются плавными изолиниями изометрического характера отрицательного знака ( $\Delta T$ )<sub>a</sub> в интервале от –500 до –100 нТл. Выходы гранитных инъекций октябрьского, тырмо-буреинского и более молодого харинского комплексов картируются надкларковыми значениями радиохимических элементов. Участки со значимой вертикальной мощностью отмечаются локальными отрицательными аномалиями гравитационного поля от –26 до –8 мГал;

– локализация предполагаемых рудных (гидротермально-метасоматических) процессов прослеживается в пределах апикальных и краевых частей мелких ЛТС, сформированных двумя и более фазами магматизма основного и кислого составов. Для месторождений и проявлений данной формации характерна приуроченность к малым (размеры в плане первые квадратные километры) интрузивным объектам. Компактная локализация и значительный вертикальный размах оруденения;

– принадлежность повышенных значений аномалий калиевой (урановой) природы радиоактивности, связанных с зонами метасоматоза и гидротермально измененных пород, к выделяемым ЛТС, развитым в пределах их апикальной и краевых частей; к зонам сопряжения (узлам рудоконтролирующих структур северо-северо-восточного простирания);

– вмещающими отложениями являются вулканогенно-терригенно-осадочные отложения протерозоя – рифея;

– рудоконтролирующую роль играют габбро, габбродиоритовая формация (начальная фаза);

– рудогенерирующими являются граниты, плагиограниты, гранодиориты, субщелочные граниты (последующие фазы).

Для локализации участков, потенциально перспективных на золото-полиметаллическое оруденение, используются следующие основные поисковые аэрогамма-спектрометрические признаки:

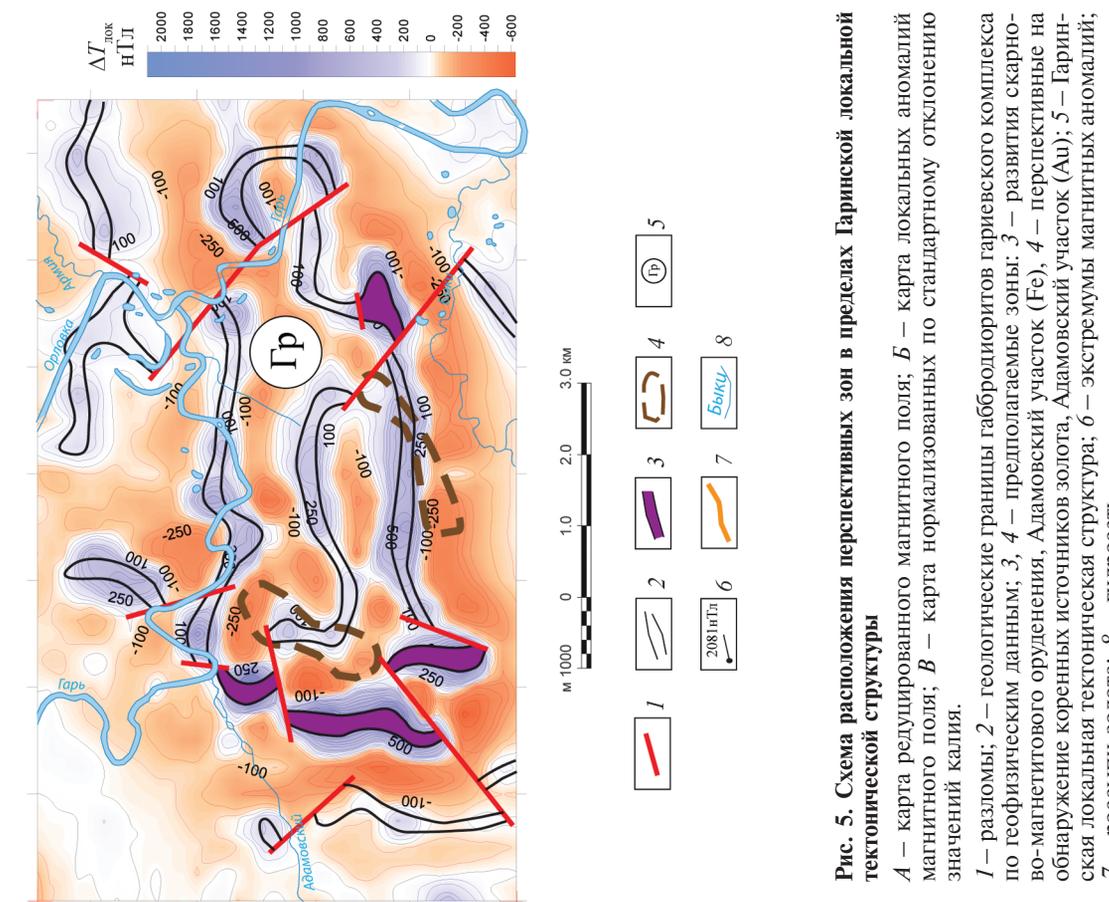
– аномально-высокие (или повышенные) концентрации калия  $> q_{cp} + 3S$ ;

– высокие нормализованные по стандартному отклонению значения содержания калия  $K_n = 2,5-7,0 \%$ ;

– высокие положительные значения доминанты калия в системе калий – торий  $D(K, Th) > 1,5$  ед.

На рис. 5 и 6 приведены примеры картирования Гаринской ЛТС, расположенной в месте слияния рек Орловка и Гарь. Гаринская ЛТС сформировалась в результате внедрения интрузии гранитов октябрьского комплекса между линейными магнитными телами габбродиоритов. В результате произошло расплавление интрузий основного состава и их частичное смещение. Возраст гранитов досилурийский. В верхних течениях руч. Глубокий и р. Армия они погружаются под мамынскую свиту силура, не оказывая на нее контактового воздействия. На геологической карте выходы гранитов прослежены в апикальной части плугогена на правом берегу р. Гарь и по его западному обрамлению. По периферии объекта картируются отложения гарьской серии.

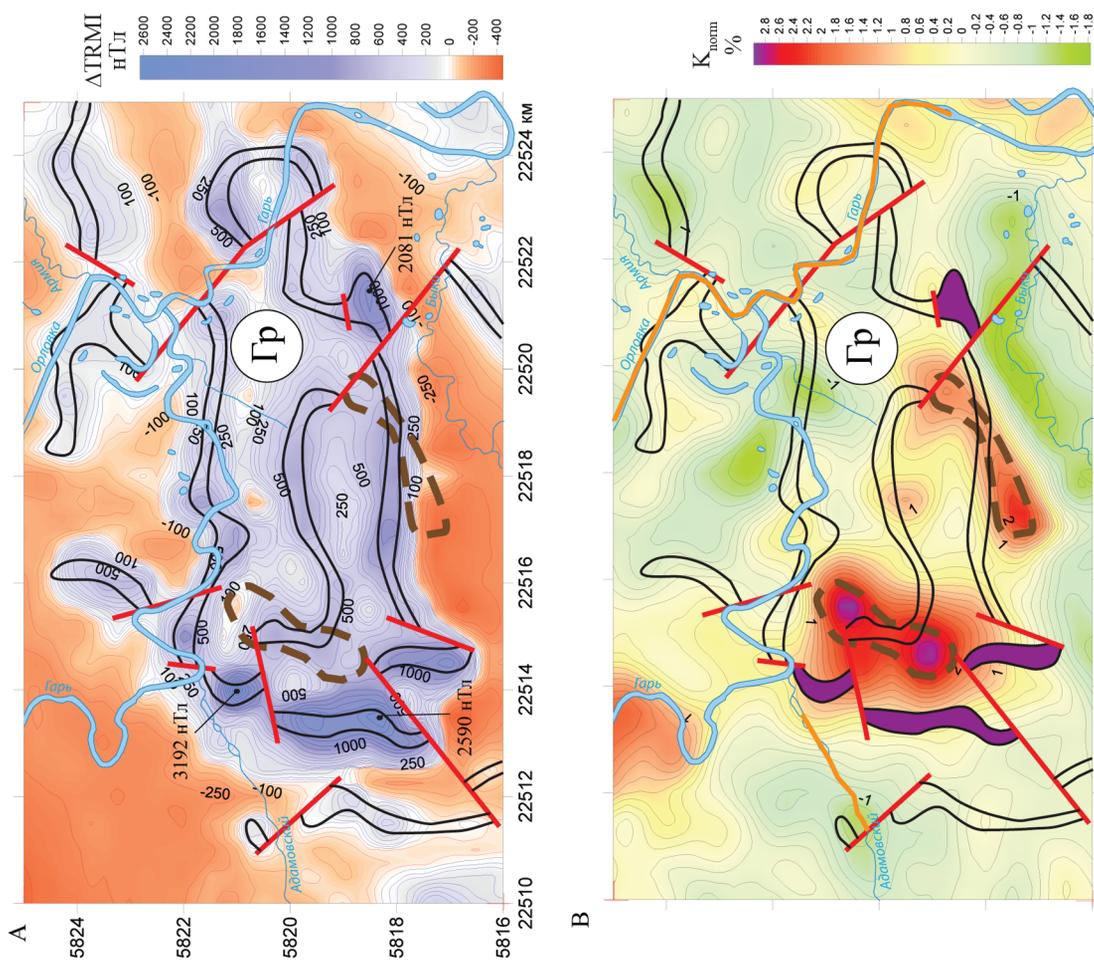
*Перспективный участок Адамовский (Fe)* расположен на правом берегу р. Гарь в 8 км от впадения ее в р. Орловка. По данным аэромагнитной съемки, здесь прослежены цепочки линейных магнитных аномалий северо-восточной ориентировки. Локальные экстремумы с максимальными значениями выделены на западном склоне сопки с отметками 319 и 302 м. Максимальные значения интенсивности ( $\Delta T$ )<sub>a</sub> по западному флангу структуры составляют +2590 и +3192 нТл. Высокомагнитная зона разбита на фрагменты радиальными разрывами. Непосредственно эллипсовидная структура располагается в линейной зоне положительного знака гравитационного поля с локальным максимумом +15 мГал. В трансформанте поля  $\Delta g_{\text{лок}}$  тела габброидов прослеживаются локальными положительными аномалиями. Центральная часть ЛТС характеризуется пониженными значениями. На картах радиохимических полей высокомагнитным телам отвечают фоновые значения. На карте эффективных сопротивлений с частотой 8320 Гц контурам магнитных тел соответствуют значения  $ln(5-6)$  Ом·м, за пределами  $ln(5,5-6,5)$  Ом·м. В апикальной части структуры и вдоль западного фланга геологическими съемками вскрыты граниты октябрьского комплекса. По южному обрамлению прослежены осадочные отложения гарьской серии, включающие серицит-кварцевые сланцы, метапесчаники, линзы мраморизованных известняков. Здесь локальный максимум составляет +2081 нТл. Предполагается, что образованные скарново-магнетитовые рудные тела, фиксируемые высокомагнитными аномалиями свыше +2000 нТл, могут быть связаны с нескрытым контактом ксенолита терригенно-осадочных пород с интрузивными образованиями габбро.

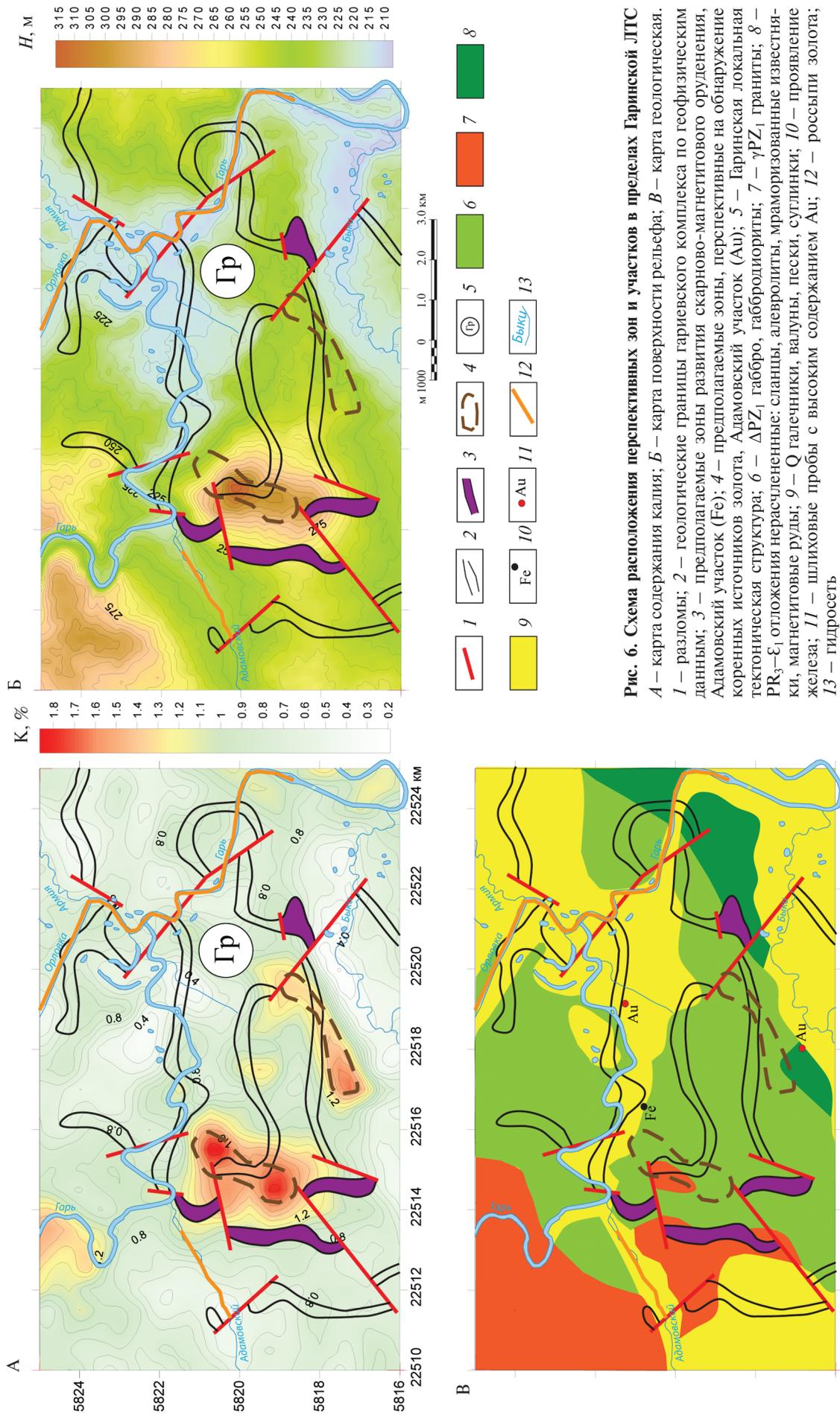


**Рис. 5. Схема расположения перспективных зон в пределах Гаринской локальной тектонической структуры**

*A* – карта редуцированного магнитного поля; *B* – карта локальных аномалий магнитного поля; *B* – карта нормализованных по стандартному отклонению значений калия.

*1* – разломы; *2* – геологические границы габродиоритов гариевского комплекса по геофизическим данным; *3, 4* – предполагаемые зоны; *3* – развития скарново-магнетитового орудуения, Адамовский участок (Fe), *4* – перспективные на обнаружение коренных источников золота, Адамовский участок (Au); *5* – Гаринская локальная тектоническая структура; *6* – экстремумы магнитных аномалий; *7* – россыпи золота; *8* – гидросеть





**Рис. 6. Схема расположения перспективных зон и участков в пределах Гаринской ЛТС**  
 А – карта содержания калия; Б – карта поверхности рельефа; В – карта геологическая.  
 1 – разломы; 2 – геологические границы гариевского комплекса по геофизическим данным; 3 – предполагаемые зоны развития скарново-магнетитового оруденения, Адамовский участок (Fe); 4 – предполагаемые зоны, перспективные на обнаружение коренных источников золота, Адамовский участок (Au); 5 – Гаринская локальная тектоническая структура; 6 – ΔPZ<sub>1</sub> габбро, габброидориты; 7 – γPZ<sub>1</sub> граниты; 8 – PZ<sub>3-5</sub> отложения нерасчлененные: сланцы, алевролиты, мраморизованные известняки, магнетитовые руды; 9 – Q галечники, валуны, пески, суглинки; 10 – проявление железа; 11 – шлиховые пробы с высоким содержанием Au; 12 – россыпи золота; 13 – гидросеть

*Перспективный участок Адамовский (Аи)* обнаружен по повышенным аномалиям калиевой природы, выделенным на западном фланге ЛТС, вблизи с высокомагнитными аномалиями, предположительно, связанными со скарново-магнетитовым оруденением. В русле руч. Адамовский, западное обрамление ЛТС, и в русле р. Орловка – восточный борт, установлены россыпи золота. На западном обрамлении ЛТС и на вершине сопки геологическими съемками вскрыты интрузии гранитов. Значения радиохимических элементов составляют:  $K = 1,8-2,2 \%$ ,  $U = (2,0-2,5) \times 10^{-4} \%$ ,  $Th = (6-11) \times 10^{-4} \%$ . Значение калия, нормализованные по стандартному отклонению,  $K_n = 2,5-3,5 \%$ . Доминанта  $K/Th = 2,0-2,5$  у. е., параметр  $F = 0,5$  у. е. На юго-восточном склоне сопки на левом берегу р. Быки также прослежена надфоновая калиевая аномалия интенсивностью  $K_n = 2,5 \%$ . Здесь вскрыты отложения гарьской серии, геофизическими съемками выделяется интрузия габброидиоритов. Участки повышенных значений аномалий калия могут быть связаны с коренным золото-полиметаллическим оруденением. В пределах и по обрамлению структуры выявлены шлиховые пробы с высоким содержанием золота и рудопроявление магнетитовых руд (рис. 6).

По результатам выполненных на Буреинско-Ханкайской площади аэрогеофизических исследований были уточнены границы Гаринского и Лебедихинского месторождений, выделены перспективные участки на скарново-магнетитовое и золото-полиметаллическое оруденения, два участка на редкоземельное оруденение, а в пределах одного из них ранее выполненными

геологическими съемками выявлена редкоземельная (ниобий, тантал) минерализация.

Участки высокомагнитных аномалий, связанные с предполагаемыми скарново-магнетитовыми рудопроявлениями и известными месторождениями, зоны повышенных и аномально-высоких содержаний калия выделены в пределах Октябрьского и Туранского массивов и их обрамления, а также в пределах ЛТС более высокого порядка, являющихся составной частью массивов. Таким образом, по геофизическим данным, подтверждается возможность обнаружения на Буреинско-Ханкайской площади комплексного скарново-магнетитового золото-полиметаллического оруденения.

Перспективные участки в пределах Гаринской структуры рекомендованы для дальнейшего геолого-геофизического изучения. Возможное обнаружение новых промышленных рудопроявлений и месторождений коренных источников железа, золота, полиметаллов и редких земель позволит в дальнейшем продолжить промышленное развитие данного региона.

---

1. Мавричев В. Г., Молодцов И. В., Виноградов А. Е. Аэрогеофизический комплекс при поисках коренных месторождений золота // Разведка и охрана недр. – 2009. – № 8. – С. 32–35.

---

1. Mavrichev V. G., Molodtsov I. V., Vinogradov A. E. Airborne geophysical complex in search of indigenous gold deposits. *Razvedka i okhrana nedr.* 2009. No 8, pp. 32–35. (In Russian).

---

*Лазарев Федор Дмитриевич* – канд. геол.-минерал. наук, директор, НФ ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <nfvsegei@mail.ru>

*Белов Дмитрий Анатольевич* – вед. геолог, НФ ВСЕГЕИ<sup>1</sup>.

*Кирплюк Павел Валентинович* – гл. геофизик, НФ ВСЕГЕИ<sup>1</sup>.

*Молодцов Игорь Вадимович* – вед. геофизик, НФ ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <geomolod@yandex.ru>

*Lazarev Fedor Dmitrievich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Director, VSEGEI Norilsk Branch<sup>1</sup>. <nfvsegei@mail.ru>

*Belov Dmitriy Anatol'evich* – Leading Geologist, VSEGEI Norilsk Branch<sup>1</sup>.

*Kirplyuk Pavel Valentinovich* – Chief Geophysicist, VSEGEI Norilsk Branch<sup>1</sup>.

*Molodtsov Igor' Vadimovich* – Leading Geophysicist, VSEGEI Norilsk Branch<sup>1</sup>. <geomolod@yandex.ru>

<sup>1</sup> Норильский филиал Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского (НФ ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

The Norilsk branch of A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI Norilsk Branch). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.

## Возможности обнаружения месторождений полезных ископаемых на территории Архангельской области (по геолого-геофизическим данным)

Рассмотрена потенциальность выявления новых коренных источников алмазов девон-раннекаменноугольного и вендского возрастов, медно-никелевых месторождений и нетрадиционных источников углеводородов на площади Архангельской области.

*Ключевые слова:* Архангельская область, Архангельская алмазоносная провинция, медно-никелевые месторождения, нетрадиционные источники углеводородов, геолого-геофизические материалы.

Y. G. KUTINOV, Z. B. CHISTOVA (FCIARctic)

## The possibility of discovering new mineral deposits in the Arkhangelsk Region

Possibilities for the discovery of new Devonian-Early Carboniferous and Ediacaran primary diamond deposits, copper-nickel deposits and unconventional sources of hydrocarbon in the Arkhangelsk Region are discussed.

*Keywords:* Arkhangelsk Region, Arkhangelsk diamond province, copper-nickel deposits, unconventional sources of hydrocarbon, geological and geophysical data.

*Для цитирования:* Кутинов Ю. Г., Чистова З. Б. Возможности обнаружения месторождений полезных ископаемых на территории Архангельской области (по геолого-геофизическим данным) // Региональная геология и металлогения. — 2020. — № 83. — С. 68–75.

**Введение.** Анализ наличия выявленных минеральных ресурсов севера Русской плиты: Мурманской и Архангельской областей, республик Карелия и Коми — показал, что наиболее слабо обеспечена полезными ископаемыми территория Архангельской области. В то же время этот регион по своему геологическому строению является продолжением Балтийского щита, и вполне естественно предположить, что на его территории возможно наличие сходных месторождений полезных ископаемых.

В целом регион изучен достаточно слабо в основном среднemasштабными геолого-геофизическими работами [10]. Результатом полного покрытия гравимагнитными съемками м-ба 1 : 200 000 в 1960-е годы явились карты гравиметрических работ м-ба 1 : 200 000 в редукции Буге (плотностью промежуточного слоя 2,3 г/см<sup>3</sup>) с сечением  $2 \cdot 10^{-5}$  м/с<sup>2</sup>; сводная гравиметрическая карта м-ба 1 : 500 000 с сечением изоаномал  $2 \cdot 10^{-5}$  м/с<sup>2</sup>; карта аномального магнитного поля м-ба 1 : 200 000 с сечением изодинам 1 мЭ.

В результате математической обработки из всего вышеперечисленного картографического материала получен пакет трансформант потенциальных полей с различными радиусами осреднения и созданы среднemasштабные карты строения кристаллического фундамента.

Открытие в 1980-х годах проявлений кимберлитового магматизма на севере Русской плиты повлекло за собой возрастание объемов и детальности геолого-геофизических работ. Естественно,

что наиболее изучена площадь Архангельской алмазоносной провинции (ААП), в первую очередь территория Беломорско-Кулойского плато (Зимнебережный кимберлитовый район). Степень изученности района крупномасштабными геофизическими исследованиями во многом определялась их поисковой направленностью. Поскольку наибольшим регистрируемым эффектом для обнаружения трубок взрыва в данном регионе обладают магнито- и электроразведочные методы, то и изученность его этими методами наиболее детальна [8].

На всей площади работ разные исследователи со своей аппаратурой проводили высокоточные аэромагнитные съемки м-бов 1 : 10 000–1 : 25 000 (частично 1 : 50 000), по результатам которых были построены карты аномальной и локальной составляющих магнитного поля м-ба 1 : 25 000. Сечение изодинам на картах аномальной составляющей 5–10 нТ, локальной — 1 нТ. В 1985–1987 гг. Ленинградской геофизической экспедицией Северо-Западного производственно-геологического объединения был составлен комплект карт и их трансформаций м-бов 1 : 25 000–1 : 100 000 на часть площади исследований. Сводная карта магнитного поля по материалам крупномасштабных высокоточных съемок на всю территорию региона пока отсутствует.

Частично (в основном Беломорско-Кулойское плато) территория покрыта аэроэлектроразведочными работами методом дипольно-индуктивного

профилирования м-ба 1 : 25 000, проведенными в двух- и трехчастотном варианте, направление полетов – субширотное. По материалам съемок построены карты продольной проводимости и их трансформанты м-ба 1 : 50 000, карты эффективной глубины проводящего слоя не создавались. Глубинность метода составляет 50–150 м в зависимости от геологического строения территории (структуры поверхности скин-слоя). Обобщенные карты также отсутствуют.

С конца прошлого века неоднократно проводились работы с целью обнаружения традиционных типов месторождений нефти на территории Мезенской синеклизы [1]. Несмотря на полученные положительные результаты, ни одна из пробуренных скважин пока не дала промышленных притоков нефти.

В нашем исследовании были рассмотрены возможности: пропуска кимберлитовых трубок девон-раннекаменноугольного возраста применявшимися поисковыми методами; обнаружения трубок другого возраста (вендского); предположений для выделения месторождений, характерных для Балтийского щита; наличия месторождений углеводородов (УВ) нетрадиционного типа.

**Возможность пропуска кимберлитовых трубок девон-раннекаменноугольного возраста.** Возможность пропуска таких тел применявшимся комплексом геолого-геофизических исследований, их количество и параметры перспективных аномалий детально изучены в [8].

Ранее этот вопрос рассматривался нами по трем взаимосвязанным параметрам: размерам и геометрии тел, глубине залегания аномалообразующих объектов, интенсивности и форме магнитных аномалий и аномалий электропроводимости.

Вероятность обнаружения цели при исследовании вдоль множества профилей была определена из геометрических соображений. Были рассчитаны дополнительные вероятности ( $P$ ) пересечений случайно расположенной цели один или большее число раз множеством профилей, вложенных в прямоугольную сеть [8]. Параметры цели были взяты из работы [3], масштаб аэромагнитной съемки принят 1 : 10 000. Полученное значение вероятности обнаружения средней по размерам трубки взрыва составило только 0,11. Этот вывод подтверждается также результатами поисковых работ. Установлено, что даже при аэромагнитной съемке м-ба 1 : 5 000 с воздуха отражается около 60 % наземных аномалий [8]. Как правило, последние имеют интенсивность по локальной составляющей не менее 3 нТ с преобладанием размеров менее  $100 \times 100$  м. Таким образом, реален пропуск слабоинтенсивных аномалий малых размеров высокоточной магниторазведкой не только м-ба 1 : 10 000, но и 1 : 5 000. При отбраковке аномалий учитывался также коэффициент анизотропности, не превышающий, как правило, 1 : 3, таким образом, обнаружение кимберлитовых даек как поисковых объектов заранее не предусматривалось.

Обычно заверялись аномалии с глубиной верхней кромки намагниченного объекта, соответствующей кровле залегания вендских отложений, т. е. трубки другого возраста не искались.

В регионе был принят комплекс геофизических методов, ориентированный на поиски кимберлитовых тел по двум наиболее устойчивым признакам их отличия от вмещающих пород – повышением намагниченности и электрической проводимости. Таким образом, выборка тел из существующей совокупности по своим индикационным параметрам не являлась строго случайной, а была избирательна по применяемым поисковым методам. Исследования петрофизических моделей показали, что повышенной намагниченностью характеризуется верхняя кратерная часть тела (рис. 1, А), т. е. эрозии в первую очередь подвергается сильномагнитная часть интрузивного комплекса, что не только уменьшает интенсивность аномалий, но и размеры тел. Величина эрозионного среза увеличивается в направлении на северо-запад и может изменяться от 100 м в областях выхода падунской свиты венда и до 250–300 м и более в районах развития осадочных отложений усть-пинежской свиты (рис. 1).

Таким образом, сильноэродированные трубки взрыва (особенно в пределах поля развития вендских отложений) не будут отличаться заметной магнитной аномалией [8], но меньшие площадные размеры станут их характеристикой. В зависимости от конкретных петромагнитных разрезов трубки взрыва могут отличаться в районе развития вендских отложений и выделяться в виде отрицательных локальных аномалий интенсивностью до 10 нТ, связанных с преобладающей суммарной намагниченностью золотых слоев венда. Особенности геологических разрезов вмещающих пород (преобладание проводящих глинистых отложений венда на западе и резкое увеличение мощности перекрывающих отложений на востоке провинции) не позволяют локализовать подобные кимберлитовые тела электроразведочными методами.

В районах развития низкоомных отложений усть-пинежской свиты венда трубки взрыва могут выделяться аномалиями пониженной проводимости или вообще не фиксироваться. Геоэлектрическая модель трубки взрыва показана на рис. 1, Б.

На основе более 400 химических анализов автолитовой брекчии установлено, что она характеризуется высокими содержаниями Mg, Ni, Cr и низкими – Ti, Al, Ca, щелочей, общего железа и Mn [4]. Таким образом, алмазоносным кимберлитам соответствуют магнезиально-глиноземистые разности пород, а железо-титанистой серии пород – слабо- и убогоалмазоносные кимберлиты (рис. 2, А).

В целом от алмазоносных кимберлитов Золотницкого поля к базальтоидным телам интенсивность магнитных аномалий возрастает. Рассчитанный аномальный эффект от автолитовой трубки взрыва составляет максимум 6 нТ на земле, на высоте 100 м аномалия практически не

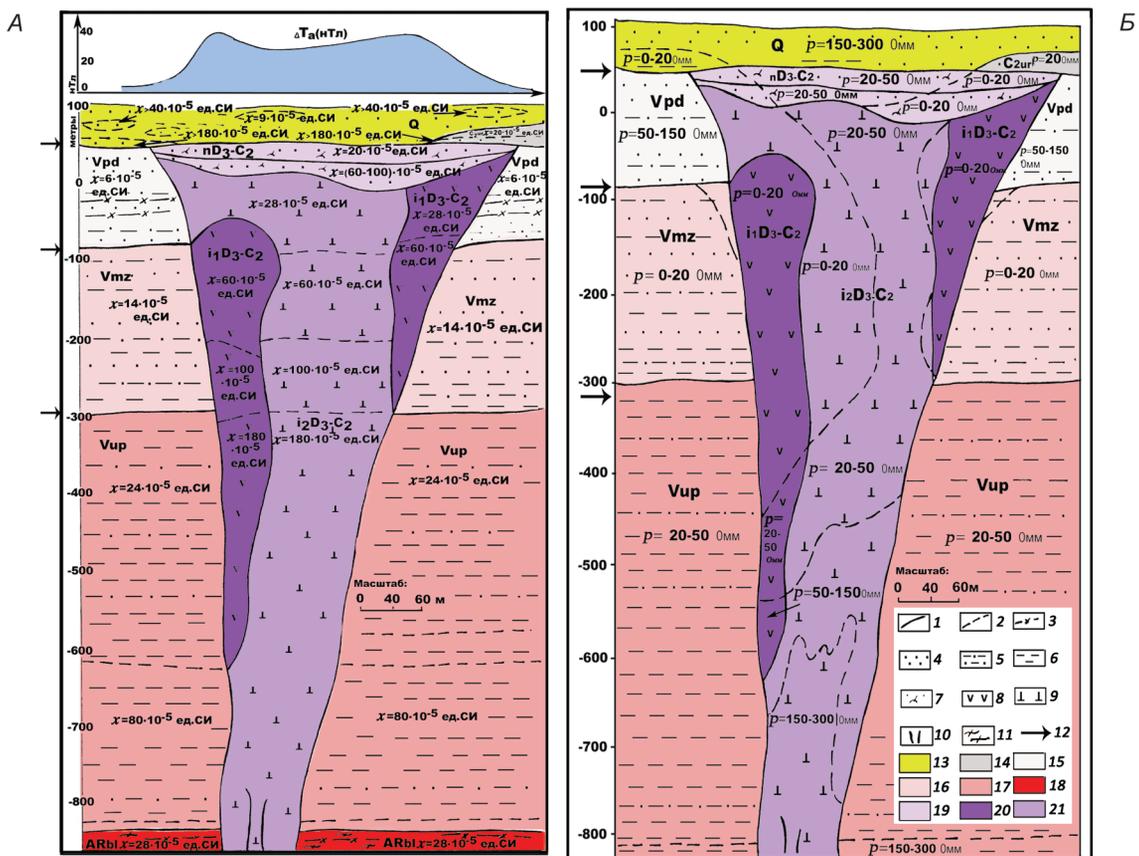


Рис. 1. Петрофизические модели трубок взрыва [8]

А – петромагнитная модель; Б – геоэлектрическая модель.

1, 2 – границы геологические (1), петрофизические (2); 3 – отдельные прослои с  $\chi = (80-320) \cdot 10^{-5}$  ед. СИ; 4 – пески, песчаники; 5 – алевролиты; 6 – аргиллиты; 7 – туфопесчаники, туффиты; 8 – ксенотуфобрекчии; 9 – автолитовые брекчии; 10 – дайки порфировых кимберлитов; 11 – гранитогнейсы; 12 – уровень эрозионного среза; 13 – четвертичные отложения (Q); 14 – урзугская свита карбона (C<sub>2ur</sub>); 15 – падунская свита венда (Vpd); 16 – мезенская свита (Vmz); 17 – усть-пиньжская свита (Vup); 18 – беломорский комплекс архея (ARbl); 19 – туфогенно-осадочные толщи трубок взрыва (nD<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>); 20 – ксенотуфобрекчии (i<sub>1</sub>D<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>); 21 – автолитовая брекчия (i<sub>2</sub>D<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>)

фиксируется (рис. 2, Б). Таким образом, наличие слабо- или практически немагнитных трубок взрыва в Юго-Восточном Беломорье весьма реально, как и их пропуск. Причем количество пропущенных тел может достигать 20 % от уже обнаруженных [8].

Перспективы Ненокского и Белозерского полей нами более подробно рассмотрены ранее [8] и в данном исследовании не приводятся. Следует только отметить, что перспективы вышеуказанных полей до конца не выяснены.

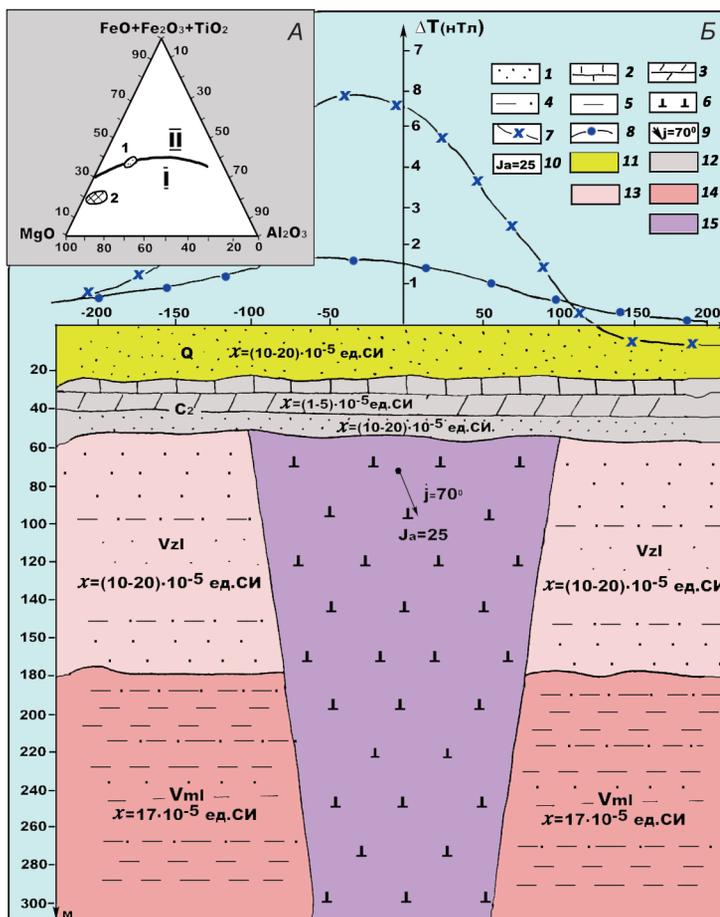
**Возможность обнаружения трубок другого возраста.** В настоящее время ААП большинством исследователей рассматривается в качестве лишь одного из районов позднедевонского щелочного магматизма, охватившего как минимум всю северную часть Восточно-Европейской платформы (ВЕП) [2]. В северо-западной части ВЕП на настоящий момент известны алмазонасные кимберлиты трех возрастов: палеопротерозойские кимберлиты в Центральной Карелии; мезопротерозойские лампроиты и кимберлиты (Костамукша – Кухмо – Лентиира), кимберлиты

в Восточной Финляндии; девонские кимберлиты Терского берега Кольского полуострова и девон-раннекаменноугольные Зимнебережного района ААП [9]. Если предположить, что все эти проявления кимберлитового магматизма входят в ААП, контуры которой пока не приобрели обоснованного очертания, то можно сделать вывод, что для провинции характерен разновозрастный кимберлитовый магматизм.

Ранее по результатам работ гравиметрических м-ба 1 : 50 000 и магниторазведочных м-ба 1 : 25 000 нами [8] был исследован район на севере Онего-Двинского междуречья, включающий Ненокское и Белозерское поля проявлений щелочно-ультраосновного магматизма (рис. 3).

Подробное описание геолого-геофизических характеристик выделенных структур фундамента дано в работе [8].

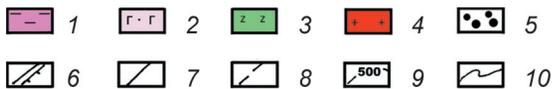
Наибольший поисковый интерес представляет Восточный район (III) (рис. 3). Ему соответствуют следующие характеристики: повышенные слабодифференцированные значения в поле силы тяжести; чередование положительных и отрицательных аномалий различной формы



**Рис. 2.** Сопоставление петрохимических данных (А – врезка) и результатов расчета аномального эффекта от автолитовой трубки взрыва (Б)

А – петрохимическая диаграмма в координатах для автолитовой брекчии и автолитов [4]: I – алмазонное Золотицкое поле; 2 – убогоалмазонное Кепинское; I–II – области пород: I – магнезиально-глиноземистых, II – железо-титанистых.

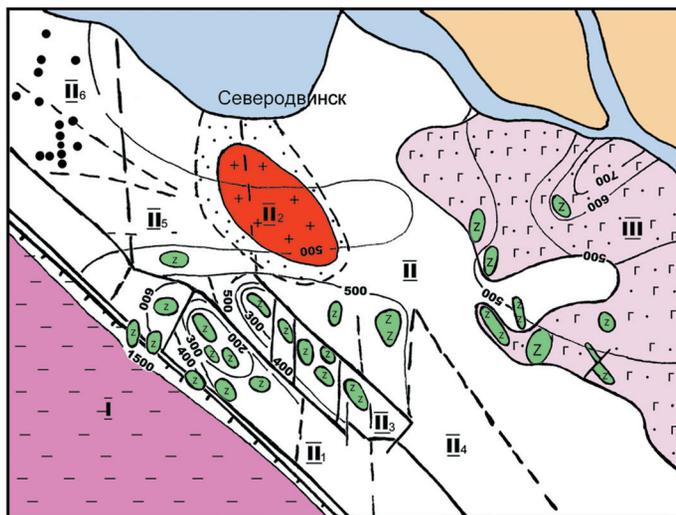
Б – обобщенная петромагнитная модель трубки взрыва Золотицкого поля [8]: 1 – пески, песчаники; 2 – известняки; 3 – доломиты; 4 – алевролиты; 5 – аргиллиты; 6 – автолитовые брекчии; 7 – расчетная кривая  $\Delta T_a$  (уровень дневной поверхности); 8 – расчетная кривая  $\Delta T_a$  (уровень 100 м от дневной поверхности); 9 – наклонения вектора суммарной намагниченности; 10 – величина суммарной намагниченности  $(J_i + J_n) \cdot 10^{-3}$  А/м; 11 – четвертичные отложения (Q); 12 – отложения среднего карбона (C<sub>2</sub>); 13, 14 – терригенные отложения венда: 13 – золотицкие слои (Vz1), 14 – мельские слои (Vml); 15 – палеозойская автолитовая брекчия



**Рис. 3.** Схема результатов интерпретации потенциальных полей [8]

Структуры фундамента: I – Онежский грабен; II – Солзненская ступень; II<sub>1</sub> – Синегорский блок; II<sub>2</sub> – Кудемская интрузия; II<sub>3</sub> – Пихкальский блок; II<sub>4</sub> – Белозерский блок; II<sub>5</sub> – Сальский блок; II<sub>6</sub> – Ненокский блок; III – Восточный район.

1 – осадочные отложения ненюкской и солззерской свит рифея; 2 – вулканогенно-осадочный комплекс; 3 – интрузивные породы основного состава; 4 – гранитоиды; 5 – контактовые изменения пород; 6 – борт Онежского грабена; 7, 8 – разломы, в потенциальных полях выраженные хорошо (7) и слабо (8); 9 – изопахиты осадочного чехла; 10 – геологические границы



и интенсивности северо-западного простирания изолиний в магнитном поле (отдельные аномалии имеют другую ориентировку длинных осей). Магнитные аномалии в основном линейной и изометричной форм. Аномалии изометричной формы, выстраиваясь в цепочки, образуют региональные аномалии линейной формы от 0,3 × 0,5 до 5,0 × 8,0 км с максимальной интенсивностью 500–800 нТ. По глубине залегания верхней кромки аномалообразующих объектов выявляется плавное погружение в северо-восточном направлении от 500 до 700 м (направление повышения

мощности вендских отложений). Тектонические нарушения в потенциальных полях на площади Восточного района не наблюдаются. Скорее всего, они представлены малоамплитудными нарушениями, которые не фиксируются в гравимагнитных данных, что обусловлено недостаточным аномальным эффектом. Подобные нарушения выделены на площади Зимнебережного кимберлитового района по данным электроразведочных работ [8].

На глубине 500–700 м выявляется толща пород плотностью  $(2,4–2,5) \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup> и магнитной

восприимчивостью  $(1500-3500) \cdot 10^{-5}$  ед. СИ (возможная природа – комплекс вулканогенно-осадочных пород мощностью 200–300 м).

Все выявленные на площади Восточного района 144 локальные магнитные аномалии подразделяются на четыре основных типа, обусловленные, вероятно:

1) массивами основных пород в кристаллическом фундаменте (от  $1 \times 3$  до  $5 \times 8$  км, интенсивность 600–900 нТ, глубина залегания верхней кромки 300–700 м);

2) телами в верхнепротерозойско-палеозойском осадочном чехле (размеры от  $0,5 \times 0,8$  до  $2 \times 3$  км, интенсивность до 300 нТ, глубина залегания – 100–300 м). В их числе: а) знакопеременные вытянутой формы ( $2 \times 3$  км, интенсивность до 100 нТ, глубина 200–250 м), вероятно, это эффузивные тела основного состава; б) изометричные (от  $0,8 \times 0,9$  до  $1,1 \times 1,8$  км, интенсивность 60–140 нТ, глубина залегания 260–350 м). Природа последних интерпретируется неоднозначно – это либо эффузивные тела с мощными подводящими каналами, либо остатки вендских вулканических аппаратов (трубки взрыва вендского возраста), что косвенно подтверждается наличием туфогенных прослоев в разрезе в усть-пинежской свите [13]; в) аномалии с одним или несколькими максимумами (от  $0,7 \times 0,8$  до  $1,5 \times 2,0$  км, интенсивность до 40 нТ, максимальная глубина залегания – 100–190 м), вероятно, это линзы пород с повышенной магнитной восприимчивостью в верхней части осадочного чехла;

3) трубками взрыва девон-раннекаменноугольными [8];

4) линзами пород с повышенным содержанием магнитных минералов в четвертичных отложениях (аномалии с несколькими максимумами и минимумами интенсивностью от 13 до 40, реже 60–70 нТ; размерами  $(70 \times 150)$ – $(300 \times 350)$  м; глубина залегания верхней кромки 3–50 м, нижней – 10–185 м).

Таким образом, реально и возможно без проведения дополнительных магниторазведочных работ по геофизическим материалам обнаружить трубки взрыва вендского возраста.

**Предпосылки для выделения месторождений, характерных для Балтийского щита.** С востока к Онежскому грабену (рис. 3) примыкает Синегорский блок (II<sub>1</sub>) (по данным магниторазведки, расчетные глубины кровли фундамента – 200–400 м) северо-западного простирания, картируемый в поле силы тяжести максимальными значениями (амплитуда  $8 \cdot 10^{-5}$  м/с<sup>2</sup>), в магнитном – полосой повышенных значений  $\Delta T$  (интенсивность 300–500 нТ), осложненной субизометричными аномалиями от 1 до 2–3 км в поперечнике и интенсивностью 700–900 нТ. С северо-востока структура ограничена нарушениями сбросового типа с амплитудой до 200 м. Характер магнитных аномалий позволяет сделать вывод, что в строении блока участвуют массивы основных пород (магнитная

восприимчивость –  $5000 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ, плотность –  $(2,9-3,15) \cdot 10^{-5}$  кг/м<sup>3</sup>) [8]. Пространственная ориентировка свидетельствует об их развитии по кольцевым разломам или о наличии расслоенного массива. Мощный гравитационный и магнитный максимумы обусловлены не только небольшой глубиной залегания интрузива, но и отличиями от характерных для фундамента региона беломорид архея литологическим составом. Скважины в этом районе отсутствуют, поэтому однозначно интерпретировать геофизические данные нельзя, но можно предположить по расчетным параметрам, что породы, слагающие блок, относятся к интрузивным образованиям основного состава (дифференцированный массив).

Таким образом, по геофизическим данным, рассмотренный район характеризуется наличием докембрийских интрузивных тел, с которыми могут быть связаны проявления полезных ископаемых: меди и никеля (дифференцированный массив Синегорского блока), протерозойские кимберлитовые тела (второй тип, вторая группа).

**Возможность наличия месторождений нефти нетрадиционного типа.** Ранее нами были рассмотрены региональные глубинные критерии (строение консолидированной коры и характер поверхности Мохоровичича) [10], структура осадочного чехла и тектоническое строение региона, свидетельства глубинной дегазации и сделан вывод о возможности обнаружения месторождений нефти в рифейских и вендских отложениях [14].

По мнению авторов, в Мезенской синеклизе вполне реально обнаружение нетрадиционного типа месторождений УВ в трещинных коллекторах пород фундамента. На сегодняшний день в мире выявлено достаточное количество месторождений нефти и газа в кристаллических породах фундамента (первично-непористых породах). При этом 66 % гигантских месторождений нефти и газа связаны с рифтогенезом [11], т. е. со сводовыми структурами, где большую роль играют силы растяжения (возможна глубинная дегазация), которым соответствуют выступы легких малоскоростных пород верхней мантии с вероятным скоплением флюидов, в том числе и УВ. С этими выступами связаны региональные отрицательные аномалии силы тяжести. Сходная ситуация характерна и для Мезенской синеклизы [8].

Нами наиболее детально рассматривался борт Онежского грабена, где в районе Архангельска на побережье Двинской губы из источников в пос. Лапоминка и из скважин 19 Архангельская, а также 597 и 599 в районе Северодвинска из четвертичных отложений выделялся газ: CH<sub>4</sub> – 38–97; ТУВ – 0,1; N + инертные – 0,9–59; Ar – 0,1–0,76; CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>S – 1,5–3,4 % [12].

В результате обработки данных с КА MODIS [7] нами было зафиксировано практически полное отсутствие облачности в летние периоды времени над Белым морем, что указывает на существование восходящих потоков, обусловленных, возможно, глубинной дегазацией Кандалакшского

грабена (рис. 4). Такое строение облачного покрова в течение пяти сезонов наблюдений не может быть случайным или объясняться климатическими особенностями.

По результатам наземных профильных измерений атмосферного давления была выделена отчетливая граница вдоль южного борта Онежского грабена, совпадающая с границей активной на современном этапе Кандалакшского грабена [5] в районе Кандалакшско-Двинской депрессии на западе и Архангельской отрицательной морфоструктуры на востоке (рис. 5).

Граница выделяется наибольшей изрезанностью графиков. Измерения проводились в режиме движения железнодорожного транспорта по маршруту Архангельск – Оленегорск, станцией Digital Remote Pro Weatherstation Apt. 02935 в автоматическом режиме регистрации (датчик 1) и баротермогигрометром из комплекта метеостанции WMR 918Н в ручном режиме регистрации замера (датчик 2) по прямому и обратному ходу. Высотные отметки и координатная привязка точек наблюдения выполнялись GPS GARMIN III Plus в режиме 3D Navigation. Наличие современной дегазации, отражающейся в структуре атмосферного давления, подтверждено инструментально.

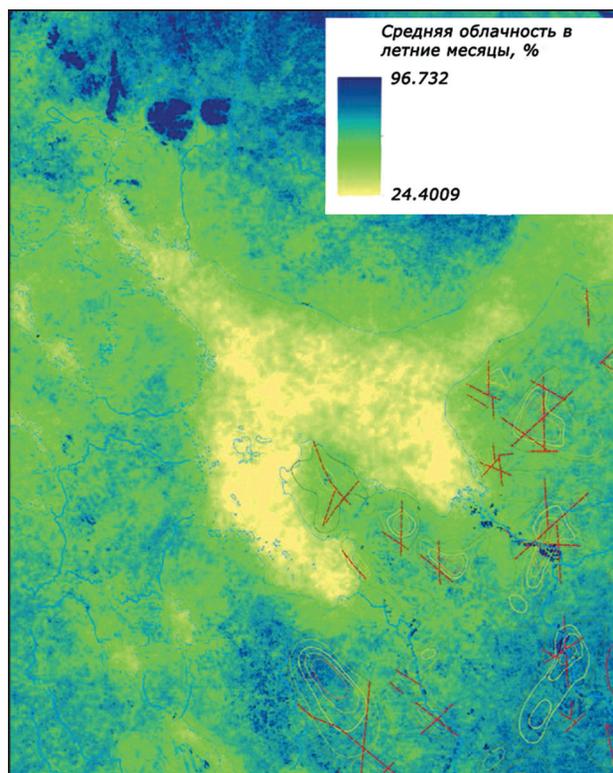
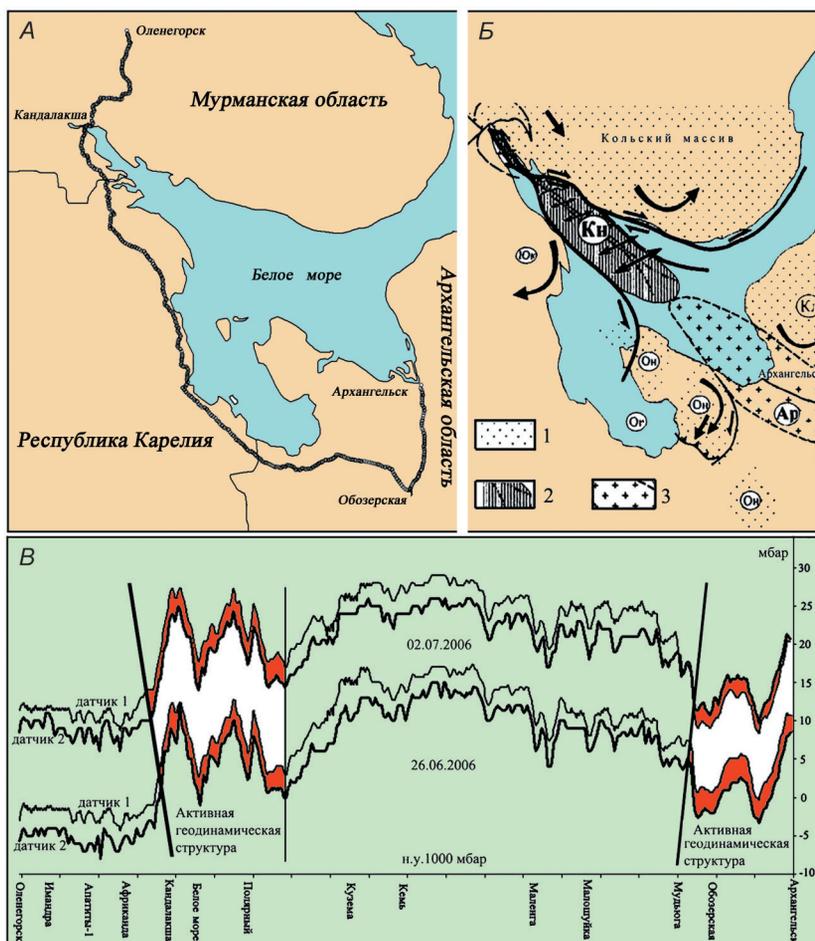


Рис. 4. Средняя облачность в летние месяцы над Белым морем и прилегающими территориями [7]

Рис. 5. Результаты исследований по профилю Архангельск – Оленегорск [6]:

А – положение профиля наблюдений (жирная линия); Б – положение современной активной структуры Кандалакшского грабена с элементами геодинамической интерпретации [5]; В – графики измерения атмосферного давления по маршруту Архангельск – Оленегорск.

1 – области современных поднятий; 2 – области современных прогибов; 3 – Архангельский выступ фундамента (Ар). Буквенные обозначения на схеме: положительные морфоструктуры: КЛ – Кулойская; Он – Онежская; отрицательные морфоструктуры: Кн – Кандалакшская; Ог – Онежской губы; трансформные зоны: Юк – Южно-Кандалакшский опущенный блок. Стрелками показаны предполагаемые направления перемещения блоков



Таким образом, существуют многочисленные косвенные признаки нетрадиционных скоплений углеводородов вдоль борта Онежского грабена.

**Выводы.** Проведенный нами анализ комплекса геолого-геофизических данных позволил сделать следующие выводы:

– пропуск кимберлитовых тел девон-раннекаменноугольного возраста реален, особенно на площади развития вендских отложений осадочного чехла (до 20 % от уже обнаруженных тел). На первом этапе работы можно ограничиться переинтерпретацией уже имеющихся материалов и выборочной проверкой получаемых выводов;

– также возможно наличие трубок вендского возраста и, как следствие, их пропуск в процессе проведения поисковых работ магнито-аэроэлектроразведочными методами. Поиск подобных тел требует как больших затрат, так и создания новой концепции (нового «образа» объекта), и на его основе повторного анализа геофизических материалов с последующей заверкой разных типов выделяемых аномалий;

– результаты анализа региональных глубинных, среднемасштабных и локальных критериев и возможность обнаружения нетрадиционного типа месторождений УВ позволяют оценить перспективы Мезенской синеклизы на обнаружение нефти и газа как достаточно высокие. В случае трещинных коллекторов методы, нацеленные на изучение горизонтально-слоистой среды, малопримемлемы, но существует возможность выбора способов сейсмического выделения различных вертикальных неоднородностей разреза, например: 3D-сейсмометрия, анализ плотности отражающих площадок и др. Возможно также применение магнитотеллурического зондирования, гравимагнитных методов, аэрокосмических методов (в первую очередь линейментного анализа с определением морфокинематики тектонических нарушений), а также анализа теплового потока и т. п.;

– рассмотренный район, по геофизическим данным, характеризуется наличием докембрийских интрузивных тел основного – ультраосновного составов, с которыми могут быть связаны проявления полезных ископаемых: меди и никеля (дифференцированный массив Синегорского блока). Требуются дополнительные исследования с применением глубинных методов.

В заключении можно сделать обоснованное утверждение, что прогнозируемые возможности региона реализованы еще не полностью. При этом, как известно, далеко не всегда получают положительные результаты на ряде площадей, оцениваемых как перспективные. Анализ успешно проведенных прогнозно-поисковых и геологоразведочных работ показывает, что в большинстве случаев результат зависит от научной проработанности поисковой стратегии, комплексности и научного сопровождения проводимых работ. В противном случае простое наращивание объемов и детальности работ (экстенсивный путь

развития) очень скоро сводит их эффективность к нулю, обеспечивая резкий рост затрат.

Исследование осуществлено в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН номер гос. регистрации АААА-А18-118012390305-7, а также при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-05-60024 «Анализ состояния природной среды равнинных территорий Арктической зоны РФ с использованием геоинформационных технологий и цифрового моделирования рельефа».

1. Аплонов С. В., Лебедев Б. А., Тимошенкова Н. В. Новые данные о строении и перспективах нефтегазоносности Мезенского бассейна // Докл. РАН. – 2004. – Т. 396, № 1. – С. 71–76.

2. Архангельская алмазоносная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия) / под. ред. О. А. Богатикова. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 524 с.

3. Белов А. В. Определение оптимальных параметров в поисковой сети и оценка надежности прямого подсечения единичных кимберлитовых тел на локальных перспективных участках // Геология и полезные ископаемые севера Европейской части СССР. – Архангельск, 1991. – С. 134–150.

4. Веричев Е. М. Геологическое строение и петрологические особенности кимберлитов Архангельской провинции / Е. М. Веричев, В. К. Гаранин, В. П. Гриб, Г. П. Кудрявцева // Изв. вузов. Геол. и разведка. – 1991. – № 4. – С. 88–94.

5. Зыков Д. С., Колодяжный С. Ю., Балуев А. С. Горизонтальные неотектонические перемещения в районе Беломорья // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики: Материалы ХLI Тектон. совещания. Т. 1. – М.: ГЕОС, 2008. – С. 340–344.

6. Кутинов Ю. Г., Боголицин К. Г., Чистова З. Б. Исследования северных территорий Земли из космоса: проблемы, свойства, состояние, возможности на примере МКС «Арктика»: в 3 т. Т. 2. – Екатеринбург: УрО РАН, 2012. – 272 с.

7. Кутинов Ю. Г. Современная тектоническая активность Канадакского грабена по комплексу данных / Ю. Г. Кутинов, З. Б. Чистова, М. Ю. Гофаров, А. Л. Минеев // Вестник САФУ. Серия Естеств. науки. – 2013. – № 4. – С. 21–29.

8. Кутинов Ю. Г., Чистова З. Б. Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. – Архангельск: ИПП «Правда Севера», 2004. – 283 с.

9. Кутинов Ю. Г., Чистова З. Б. Архангельская алмазоносная провинция на мелкомасштабных геологических, тектонических и геофизических картах [Электронный ресурс] // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. – 2016. – Т. 11. – Вып. 1: Система планета Земля. – Режим доступа: [http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/2227-9490e-aprovgr\\_e-ast11-1.2016.12.php](http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/2227-9490e-aprovgr_e-ast11-1.2016.12.php) (дата обращения: 12.02.2019).

10. Кутинов Ю. Г. Экогеодинамика Арктического сегмента земной коры. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 388 с.

11. Кучерук Е. В., Алиева Е. Р. Рифтогенные бассейны и месторождения // Геология нефти и газа. – 1991. – № 3. – С. 45–46.

12. Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского

региона: Труды науч.-практич. конф. — Казань, 1998. — 380 с.

13. Станковский А. Ф. Венд юго-восточного Беломорья / А. Ф. Станковский, Е. М. Веричев, В. П. Гриб, И. П. Добейко // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1981. — № 2. — С. 78–87.

14. Юдахин Ф. Н., Кутинов Ю. Г., Иотов В. И. Критерии и признаки перспективности рифейских отложений Мезенской синеклизы на обнаружение нефтегазоносных отложений // Нефтепромысловое дело. — 2001. — № 4. — С. 15–20.

1. Aplonov S. V., Lebedev B. A., Timoshenkova N. V. New data on the structure and prospects of oil and gas potential of the Mezen basin. *Dokl. RAN*. 2004. Vol. 396. No 1, pp. 71–76. (In Russian).

2. Arhangel'skaya almazonosnaya provinciya (geologiya, petrografiya, geohimiya i mineralogiya) [Arkhangel'sk diamondiferous province (geology, petrography, geochemistry and mineralogy)]. Ed. by O. A. Bogatikova. Moscow: Izd-vo MGU. 1999. 524 p.

3. Belov A. V. Determination of optimal parameters in the search network and reliability assessment of direct cross-section of individual kimberlite bodies in local perspective areas. *Geology and Minerals of the North of the European Part of the USSR*. Arhangel'sk. 1991. Pp. 134–150. (In Russian).

4. Verichev E. M., Garanin V. K., Grib V. P., Kudryavceva G. P. Geological structure and petrological features of kimberlites of the Arkhangel'sk province. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 1991. No 4, pp. 88–94. (In Russian).

5. Zikov D. S., Kolodyazhnyy S. Yu., Baluev A. S. Horizontal neotectonic movements in the White Sea region. *General and regional problems of tectonics and geodynamics: Materials XLI Tecton. Conference*. Vol. 1. Moscow: GEOS. 2008. Pp. 340–344. (In Russian).

6. Kutinov Yu. G., Bogolicyn K. G., Chistova Z. B. Issledovaniya severnykh territoriy Zemli iz kosmosa: problemy, svoystva, sostoyanie, vozmozhnosti na primere MKS–Arktika: v 3-h tomah [Space exploration of the northern territories of the

Earth: problems, properties, state, possibilities using the example of the ISS "Arctic": 3 vols]. Vol. 2. Ekaterinburg: UrO RAN. 2012. Vol. 2. 272 p. (In Russian).

7. Kutinov Yu. G., Chistova Z. B., Gofarov M. Yu., Mineev A. L. Modern tectonic activity of the Kandalaksha graben according to the data complex. *Vestnik SAFU. Seriya Estestv. nauki*. 2013. No 4, pp. 21–29. (In Russian).

8. Kutinov Yu. G., Chistova Z. B. Ierarhicheskiy ryad proyavleniy shhelochno-ul'traosnovnogo magmatizma Arhangel'skoy almazonosnoy provincii. Ih otrazhenie v geologo-geofizicheskikh materialakh [Hierarchical series of manifestations of alkaline-ultrabasic magmatism of the Arkhangel'sk diamondiferous province. Their reflection in geological and geophysical materials]. Arhangel'sk. 2004. 283 p. (In Russian).

9. Kutinov Yu. G., Chistova Z. B. Arkhangel'sk diamondiferous province on small-scale geological, tectonic and geophysical maps [Elektronnyy resurs]. *Elektronnoe nauchnoe izdanie Al'manah Prostranstvo i Vremya*. 2016. Vol. 11. Iss. 1: Sistema planeta Zemlya. [http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/2227-9490e-aprovr\\_e-ast11-1-2016.12.php](http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/2227-9490e-aprovr_e-ast11-1-2016.12.php) (12.02.2019). (In Russian).

10. Kutinov Yu. G. Ekogeodinamika Arkticheskogo segmenta zemnoy kory [Ecogeodynamics of the Arctic segment of the earth's crust]. Ekaterinburg: UrO RAN. 2005. 388 p. (In Russian).

11. Kucheruk E. V., Alieva E. R. Riftogenic basins and deposits. *Geologiya nefii i gaza*. 1991. No 3, pp. 45–46. (In Russian).

12. Perspektivy neftegazonosnosti kristallicheskogo fundamenta na territorii Tatarstana i Volgo-Kamskogo regiona. Trudy nauchno-prakticheskoy konferencii [Prospects for oil and gas crystalline basement in the territory of Tatarstan and the Volga-Kama Region: Proceedings of the scientific and practical conference]. Kazan'. 1998. 380 p. (In Russian).

13. Stankovskiy A. F., Verichev E. M., Grib V. P. i dr. Vend of the southeastern White Sea. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geol*. 1981. No 2, pp. 78–87. (In Russian).

14. Yudahin F. N., Kutinov Yu. G., Iotov V. I. Criteria and signs of the prospectivity of the Riphean deposits of the Mezen syncline for the detection of oil and gas deposits. *Neftpromyslovoe delo*. 2001. No 4, pp. 15–20. (In Russian).

Кутинов Юрий Григорьевич — доктор геол.-минерал. наук, гл. науч. сотрудник, ФИЦКИА УрО РАН<sup>1</sup>.  
<kutinov@fciarctic.ru>

Чистова Зинаида Борисовна — канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, ФИЦКИА УрО РАН<sup>1</sup>.  
<zchistova@yandex.ru>

Kutinov Yuriy Grigor'evich — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, FCIARctic<sup>1</sup>.  
<kutinov@fciarctic.ru>

Chistova Zinaida Borisovna — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, FCIARctic<sup>1</sup>.  
<zchistova@yandex.ru>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврова Уральского отделения РАН» (ФГБУН «ФИЦКИА УрО РАН»). Наб. Северной Двины, 23, Архангельск, 163000, Россия.

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research (FCIARctic). 23 Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arkhangel'sk, 163000, Russia.

А. В. МЕЛЬНИКОВ (ИГиП ДВО РАН), В. А. СТЕПАНОВ (НИГТЦ ДВО РАН)

## Крупные самородки золота в рудно-россыпных узлах Приамурья

Приведено исследование крупных и весьма крупных самородков, добытых из россыпей Приамурской провинции с 1858 г. Основной самородкообразующей формацией является золото-кварцевая, меньшую роль играет золото-полиметаллическая формация, а еще меньшую – скарновый тип оруденения. Установлено, что большинство рудно-россыпных узлов, содержащих самородки, приурочены к центральной наиболее продуктивной части провинции, а меньшая часть узлов – к южной и северной ее перифериям. Показано, что россыпь р. Гарь-2 Ясненского узла содержит гнездо почти неокатанных самородков в сростках с кварцем, сравнимых по общему весу с самым крупным самородком мира – плитой Холтермана.

*Ключевые слова:* самородки, золото, рудно-россыпной узел, россыпь, месторождение.

A. V. MELNIKOV (IG&NM FEB RAS), V. A. STEPANOV (SRGC FEB RAS)

## Large gold nuggets in ore-placer clusters of the Amur Region

The study of large and very large gold nuggets extracted from placers in the Amur province since 1858 is described. The main nugget-forming formation is gold-quartz, the gold-polymetallic formation plays a lesser role, and the skarn type of mineralization plays an even smaller role. It has been identified that most of ore-placer clusters containing nuggets are confined to the central, most productive part of the province, and a smaller part to the southern and northern peripheries of the province. It is shown that the Gar River-2 Placer of the Yasnensky Cluster contains a nest of almost unrounded nuggets in quartz aggregates comparable in total weight to the world's largest Holtermann Nugget.

*Keywords:* nuggets, gold, ore-placer cluster, placer, mineral deposit.

*Для цитирования:* Мельников А. В., Степанов В. А. Крупные самородки золота в рудно-россыпных узлах Приамурья // Региональная геология и металлогения. – 2020. – № 83. – С. 76–87.

**Введение.** В мае 1858 г. между Россией и Китаем был заключен Айгунский договор, согласно которому левобережье р. Амур от р. Аргунь до устья Амура отошло к России. Осенью того же года поисковой партией под руководством Н. П. Аносова в верховьях р. Купури был поднят первый самородок золота весом в один золотник (4,2 г), послуживший первым признаком наличия богатых россыпей. Золото в россыпях Приамурья в основном мелких и средних классов крупности, но в ряде россыпей находится преимущественно крупное золото, нередко самородки. Самородки золота часто имеют значительно большую товарную стоимость, чем содержащееся в них золото. Этим определяется актуальность рассмотренного в статье вопроса о происхождении самородков Приамурья.

В работе приведено описание находок крупных самородков золота (сотни граммов) и весьма крупных (килограммы), поднятых в россыпных месторождениях Амурской области за весь период их эксплуатации (1858–2019 гг.). В качестве исходных материалов использованы данные многочисленных фондовых материалов, литературных источников, письменные и устные свидетельства участников обнаружения самородков. Фактический материал разнороден, зачастую не отличается необходимой полнотой, но дает

представление о значительной доле самородков в россыпях Приамурья, геолого-структурных особенностях рудно-россыпных узлов (РРУ), в которых находились самородки, и о первичных коренных источниках их возникновения.

**Самородки в рудно-россыпных узлах Приамурья.** Начиная с 1858 г. при отработке россыпных месторождений золота Амурской области зафиксировано около 1000 мелких (от 1 до 10 г), сотни средних (десятки граммов), более 100 крупных (сотни граммов) и полтора десятка весьма крупных самородков (массой более 1 кг) самородков. Гигантских самородков весом более 10 кг до сих пор не отмечалось. Классификация самородков по крупности приведена согласно инструкции [8].

Крупные и весьма крупные самородки встречаются в россыпях в 16-ти из 80-ти рудно-россыпных узлов провинции. Эти узлы расположены главным образом в центральной приядерной части провинции в пределах Янканской, Желтулакской и Джагды-Селемджинской металлогенических зон. В южной части провинции такие самородки отмечаются в четырех РРУ Северо-Буреинской и Чагоян-Быссинской металлогенических зон. В северной части провинции самородки отмечены в россыпях Сологу-Чайдахского узла Южно-Якутской металлогенической

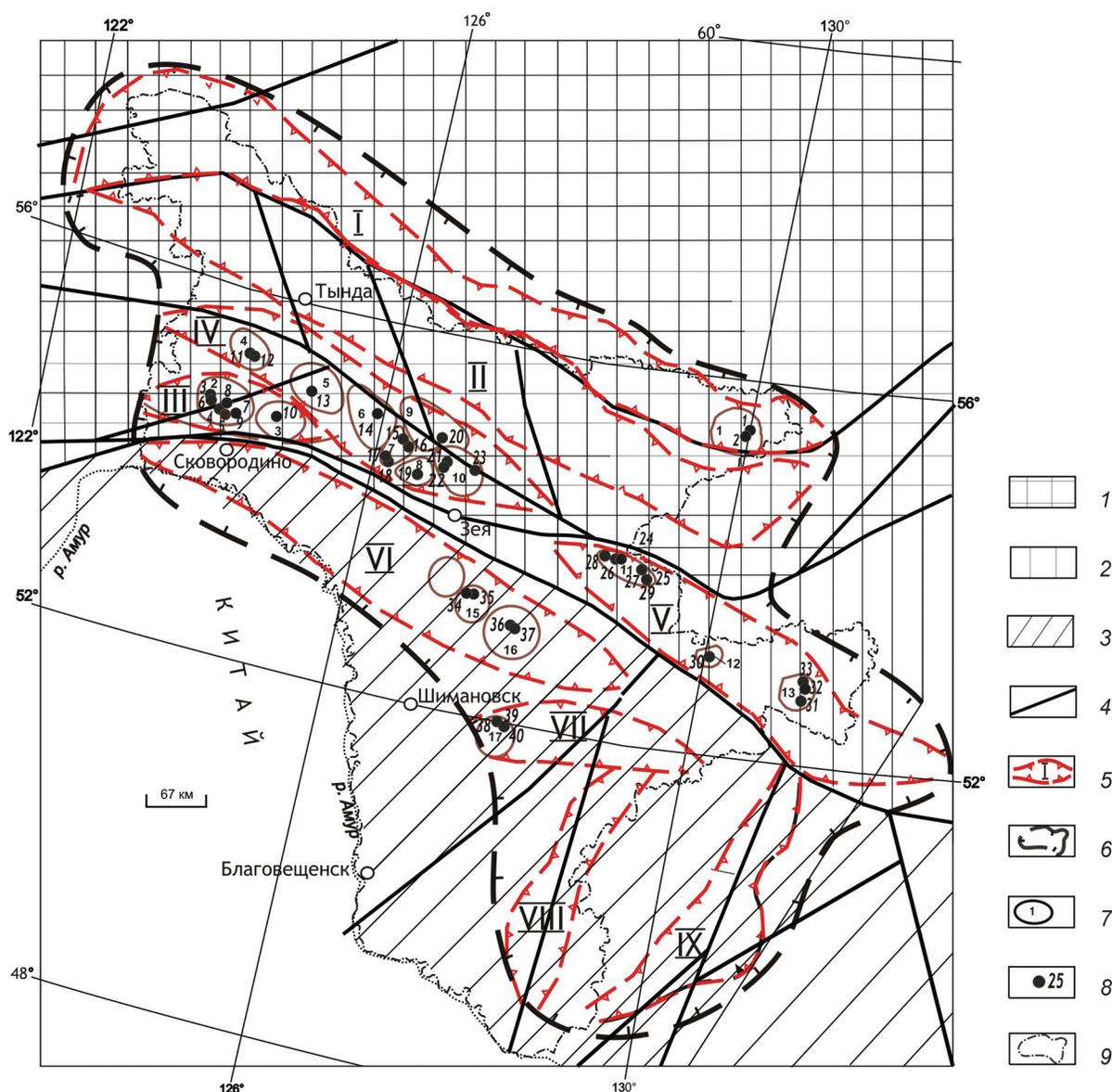


Рис. 1. Места находок крупных и весьма крупных самородков золота Приамурской провинции

1–3 – геоблоки: 1 – Алдано-Становой, 2 – Монголо-Охотский, 3 – Амурский; 4 – региональные разломы; 5 – металлогенические зоны и их номера (I – Южно-Якутская, II – Северо-Становая, III – Янканская, IV – Желтулакская, V – Джагды-Селемджинская, VI – Северо-Буреинская, VII – Чагойан-Быссинская, VIII – Туранская, IX – Восточно-Буреинская); 6 – контур Приамурской провинции; 7 – рудно-россыпные узлы, в которых найдены крупные и весьма крупные самородки золота и их номера (1 – Сологу-Чайдахский, 2 – Березитовый, 3 – Соловьёвский, 4 – Уркиминский, 5 – Желтулакский, 6 – Талгинский, 7 – Успеновский, 8 – Золотогорский, 9 – Иликано-Унахинский, 10 – Моготский, 11 – Унья-Бомский, 12 – Маломырский, 13 – Харгинский, 14 – Ясенский, 15 – Октябрьский, 16 – Чагойанский); 8 – места находок крупных и весьма крупных самородков золота и их номера по таблице; 9 – граница Амурской области

зоны (рис. 1). Имеющиеся сведения о самородках и россыпях, в которых они найдены, содержатся в таблице.

**Северная часть провинции.** Южно-Якутская металлогеническая зона [4]. Сологу-Чайдахский узел представляет собой вулканоплутоническую структуру центрального типа [2]. Она сложена раннеархейскими метаморфическими образованиями, перекрытыми в центре структуры вулканитами раннего мела, а на периферии прорванными гранитоидными интрузиями мезозойского возраста. В пределах узла известно

небольшое месторождение Колчеданный Утес золото-сульфидно-кварцевой формации, ряд проявлений золото-сульфидно-кварцевой, золото-полиметаллической, золото-серебряной и золото-сульфидной формации, а также скарнового типа. Россыпи небольшие, из них добыто около 0,55 т Au. Два крупных самородка примерно одного веса были найдены при отработке россыпей Крутогорка (195 г) и Караялах-Макит (194 г). В россыпи р. Крутогорка самородок с включениями лимонита. Кроме того, в россыпи найден самородок весом 27 г, представляющий собой

## Крупные и весьма крупные самородки в россыпях Приамурской провинции

Но- мер п/п	Россыпь (добыча; крупность золота)	Название и вес самородка (г)	Форма самородка, включения минералов	Проба самородка (россыпного золота), ‰
<b>Северная часть</b>				
Южно-Якутская металлогеническая зона				
<i>Сологу-Чайдахский узел</i>				
1	Крутогорка (0,014 т; среднее)	195	С пленками лимонита	(800)
2	Караялах-Макит (0,044 т; крупное)	194	Округлой формы с ямчатыми углублениями	(824)
<b>Центральная часть</b>				
Янканская металлогеническая зона				
<i>Березитовый узел</i>				
3	Кенгурак Бол. (0,177 т; 1,04 мм)	1800		(842)
4	Монголи (6,021 т; мелкое и среднее)	2000; 500	Форма огурца с кристалликами кварца и пирита	888 (898)
5	Колбачи (0,802 т; мелкое и среднее)	105		(856)
6	Мадалан Малый (0,419 т; мелкое)	«40 лет победы на Востоке» – 562,7	Хорошо окатан, без включений других минералов	(899–930)
7	Петропавловский (1,0 т; 1,02 мм)	605	В сростках с дымчатым кварцем	850 (850)
8	Хайктинское месторождение (3,5 т; мелкое)	«Машенька» – 1060; три самородка более 300, два – 400, один – 190	Плоский треугольной формы, окатанный, без посторонних включений	(865–888)
9	Хайкта (2,693 т; мелкое и среднее)	100–500 – 12 самородков		(862–888)
<i>Соловьёвский узел</i>				
10	Приисковый (0,2 т; крупное)	400		(910)
Джелтулакская металлогеническая зона				
<i>Уркиминский узел</i>				
11	Онон (7,186 т; среднее)	700; 101	Слабо окатаны с примазками лимонита	(872)
12	Уркима (8,784 т; мелкое и среднее)	320		(803–926)
<i>Джелтулакский узел</i>				
13	Джелтулак Бол. (3,539 т; 1,97 мм)	288; 109	Грушевидной формы с налетами «нового золота», включения кварца	922, нового золота – 973 (877–923)
<i>Талгинский узел</i>				
14	Колпаковский (0,296 т; 0,78 мм)	200; 270	Округлой формы в сростках с кварцем, графитом и сульфидами	(861)
<i>Успенковский узел</i>				
15	Гилой (1,197 т; мелкое, среднее и крупное)	10000		(860)
16	Миллионный (4,109 т; крупное)	600		(892)
17	Утумук Третий (0,313; мелкое и среднее)	112		(880–935)
18	Утумук (0,503 т; 1,75 мм)	«Найденыш» – 2090		(920)
<i>Золотогорский узел</i>				
19	Петровская россыпь (2,419 т; мелкое)	110		962,5 (945–988)
<i>Иликано-Унахинский узел</i>				
20	Угагли (0,878 т; мелкое и среднее)	250		(794–855)
<i>Моготский узел</i>				
21	Горациевский (13,152 т; 1,05 мм)	200	Амебовидной формы с включениями кварца	943 (950–987)

Но- мер п/п	Россыпь (добыча; крупность золота)	Название и вес самородка (г)	Форма самородка, включения минералов	Проба самородка (россыпного золота), ‰
22	Радостный (0,713 т; мелкое и сред- нее)	164		(917)
23	Джигда (2,168 т; 0,98 мм)	153	Гроздьевидные сростки, сце- ментированные кварцем и по- левыми шпатами	(884)
<b>Джагды-Селемджинская металлогеническая зона</b> <i>Унья-Бомский узел</i>				
24	Унья, устье р. Маган (4,2 т; крупное и сред- нее)	«Унья-Бомский чемпи- он» – 716,5	Уплощенный двухлепестковый дендритоид	(891)
25	Бом (3,95 т; крупное)	2056,2; 238		(880)
26	Счастливый (0,354 т; 2,36 мм)	430; 560	В сростках с кварцем	(876)
27	Джескогон (0,473 т; крупное)	110; 312	Форма яйцеобразная с вкрап- лениями кварца, карбоната, полевого шпата и сульфидов	(852–921)
28	Сирик-Макит (5,556 т; 0,4–6,6 мм)	149,3; 400		(868–929)
29	Дугда (0,101 т; 0,44 мм)	128		(921–925)
<i>Маломырский узел</i>				
30	Успенский (0,633 т; среднее)	370		(796–835)
<i>Харгинский узел</i>				
31	Эльга Бол. (8,1 т; мелкое и среднее)	415	Овальной вытянутой формы с треугольными выступами, углубления выполнены лимо- нитом	(950)
32	Ингалим (0,45 т; мелкое и среднее)	Четыре самородка по 1 кг каждый		(897)
33	Догалдын (1,782 т; среднее)	387	По форме похож на уральский самородок «Заячьи уши»	(830)
<b>Южная часть</b> Северо-Буреинская металлогеническая зона <i>Ясненский узел</i>				
34	Гарь-2 (3,3 т; 0,28–3,9 мм)	«Амурский чемпион-1» – 6990; «Амурский чем- пион-2» – 6140,0; самородок весом 2137 г в Алмазном фонде РФ; 100–814 (10 самородков), более 100 (30 самород- ков); 2733; 2510; 1517; 1500; 430; 325	Пластинчатая с шероховатой, колючей поверхностью. Куски кварцевой жилы, насы- щенные мелкими выделениями золота	992 (778–946)
35	Ясный (0,4 т; крупное)	160		920 (890–950)
<i>Октябрьский узел</i>				
36	Маристый (1,8 т; 0,3–4,0 мм)	500		(850–900)
37	Седуновский (9,5 т; 0,3–1,0 мм)	1600		(875–930)
<b>Чагоян-Быссинская металлогеническая зона</b> <i>Чагоянский узел</i>				
38	Елтуш (0,1 т; от 1–3 до 7 мм, среднее 1,36 мм)	100		881 (797–957)
39	Чукан Малый (0,3 т; от 1–3 до 7 мм, среднее 1,29 мм)	100; 140	Обломок окварцованного песчаника, пропитанный вклю- чениями золота	861,5–911,5 (752–952)
40	Малютка (0,1 т; от 2–5 до 10 мм, среднее 1,57 мм)	100	Гроздьевидные сростки, сцемен- тированные кварцем, карбона- том и сульфидами	835,7 (757–948)

обломок скарна, пронизанный золотом. В россыпи р. Караялах-Макит самородок имеет округлую форму с ямчатой поверхностью (рис. 2). Судя по пробе золота из россыпей, самородки обладают средней пробой (800–824 ‰). Наличие обломка скарна с золотом позволяет предположить, что самородки в россыпях этого узла были образованы за счет разрушения проявлений скарнового типа. Ближайшим аналогом может быть скарновое месторождение Рябиновое, расположенное на юго-востоке Алданского щита (Хабаровский край). Оно приурочено к зоне скарнов на контакте небольшой интрузии монцититоидов раннего мела, прорывающей известняки нижнего кембрия. Золото в рудах нередко крупное высокопробное (985–998 ‰) с примесью Ag до 1,28 % и Cu до 0,36 % [6].

**Центральная часть провинции.**

**Янканская металлогеническая зона.** Соловьёвский РРУ представляет собой интрузивно-купольное поднятие, сложенное метаморфическими породами докембрийского возраста и осадочными толщами палеозоя и мезозоя, прорванными интрузиями и дайками раннего мела [3]. В пределах узла находится среднее по запасам золоторудное месторождение Кировское золото-сульфидно-кварцевой формации, а также ряд проявлений золото-кварцевой, золото-сульфидной, золото-сурьмяной и золото-ртутной формаций. Среди россыпей выделяется Джалинда, берущая начало из района Кировского месторождения (добыто около 130 т Au). Крупный самородок весом 400 г найден в небольшой россыпи руч. Приисковый. Золото в россыпи крупное, высокой пробы (910 ‰), наблюдаются частые сростки золотин с кварцем. В долине ручья имеется одноименное проявление золото-кварцевой формации. Наряду с высокой пробой золота в россыпи и сростками его с кварцем, это позволяет предположить золото-кварцевый источник происхождения крупного самородка.

Березитовый узел представляет собой интрузивно-купольное поднятие, сложенное метаморфическими и интрузивными образованиями докембрия, прорванными интрузиями палеозойского и мезозойского возраста. В его пределах находится среднее по запасам золоторудное месторождение Березитовое золото-полиметаллической формации, а также ряд проявлений золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-полиметаллической и золото-ртутной формаций. Россыпи тяготеют к периферии узла (добыто около 50 т Au). Полтора десятка крупных самородков и весьма крупный самородок «Машенька» извлечены в россыпях р. Хайкты, берущей начало из района Березитового золото-полиметаллического месторождения. Самородок «Машенька» весом 1060 г имеет округлую форму, на его поверхности видны пленки гидроксидов железа (рис. 3). Вероятно, самородки образовались за счет эрозии рудных тел Березитового месторождения. На это указывает умеренно высокая проба золота из россыпей, содержащих самородки, а также наличие

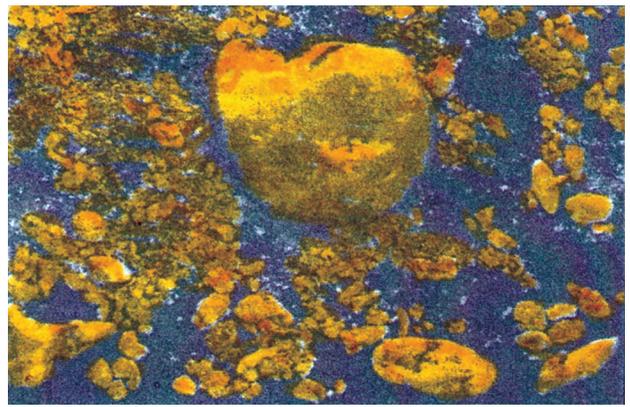


Рис. 2. Крупный самородок из россыпи Караялах-Макит в окружении мелких и россыпного золота

включений турмалина – одного из характерных минералов руд Березитового месторождения.

Содержащие весьма крупные и крупные самородки россыпи Кенгурак Большой, Монголи, Колбачи и Петропавловский расположены в северной части Березитового узла на удалении от золото-полиметаллического месторождения. Вблизи россыпей имеется серия рудопроявлений золото-кварцевой, реже золото-сульфидно-кварцевой, формаций. Самородки обладают умеренно высокой пробой и включениями зерен кварца. Предполагается, что они образованы за счет эрозии оруденения золото-кварцевой формации.

Крупный самородок «40 лет победы на Востоке» весом 562,7 г найден в южной части Березитового золотоносного узла в небольшой россыпи Мадалан Малый с мелким хорошо окатанным

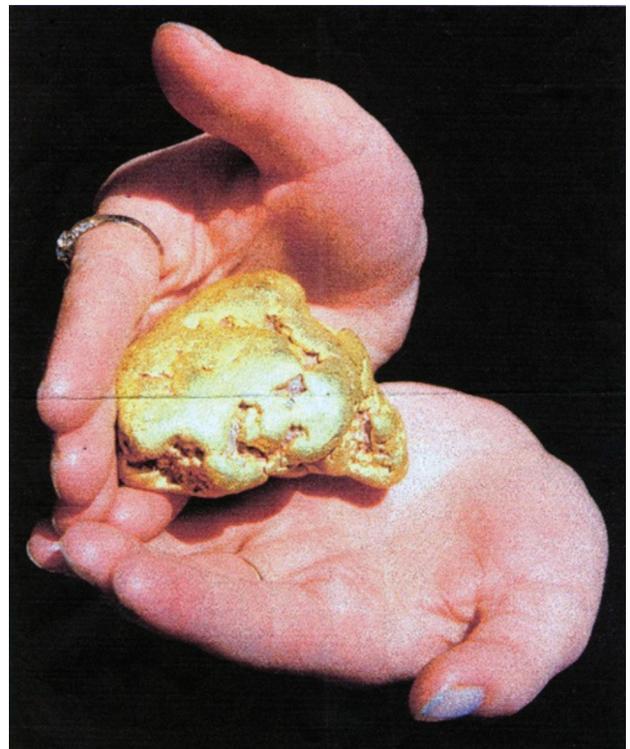


Рис. 3. Самородок «Машенька» весом 1060 г

золотом высокой (927 ‰) пробы. Самородок хорошо окатан и не содержит включений других минералов. По-видимому, этот самородок был перемещен в водном потоке на значительное расстояние от коренного источника.

*Джелтулакская металлогеническая зона.* Уркиминскому узлу отвечает интрузивно-купольное поднятие центрального типа, сложенное главным образом метаморфическими и интрузивными комплексами архейского возраста [3]. В небольшом количестве находятся интрузии палеозоя, а также интрузии гранодиорит-порфиоров раннего мела. Широко развиты дайки пестрого состава раннего мела. На площади узла небольшое месторождение Одолго и многочисленные проявления золото-кварцевой формации. Самородки весом 700 и 101 г встречены в россыпи р. Онон. Россыпь расположена в северо-восточной части узла, где известны проявления золото-кварцевой формации (добыто около 7 т Au). Золото средней крупности комковидной, пластинчатой и проволочковидной форм, нередко в сростках с кварцем и с примазками лимонита. Средняя проба его 872 ‰. Два самородка весом 101 и 700 г слабо окатаны с примазками лимонита. Происхождение их связано с эрозией верхних частей проявлений золото-кварцевой формации, известных в долине р. Онон. Еще один самородок весом 320 г был найден в россыпи р. Уркима. Из этой россыпи извлечено более 8 т Au средней крупности и умеренно высокой пробой (876 ‰). Золотины часто обнаруживаются в сростках с кварцем, иногда с пленками лимонита. В бассейне р. Уркима находятся месторождение Одолго и проявления золото-кварцевой формации. Можно предположить, что этот самородок, как и первые два, образовался за счет эрозии верхней части золото-кварцевого оруденения.

Джелтулакский узел представляет собой часть рифтовой структуры Джелтулакского глубинного разлома. Он выполнен метаморфическими породами позднеархейского и раннепротерозойского возраста. Борты рифта сложены раннеархейскими метаморфитами. Возраст интрузивных образований, занимающих значительную часть площади, колеблется в широких пределах от архея до мезозоя. Золотое оруденение и россыпи тяготеют к центральной рифтовой части узла. Здесь отмечается ряд проявлений золото-кварцевой, реже золото-сульфидно-кварцевой формаций и золотосодержащей шеелит-сульфидной. Из россыпей добыто 5,6 т Au. Самородки весом 109 и 288 г обнаружены в россыпи р. Джелтулак Большой. Из россыпи извлечено 3,5 т преимущественно крупного (средняя крупность 1,97 мм) золота и мелких самородков. Проба россыпного золота 877–923 ‰. Самородок весом 288 г грушевидной формы с налетами «нового» золота, в нем отмечаются включения кварца. Проба золота 922, «нового» золота 973. Поскольку в долине россыпи имеются проявления золото-кварцевой формации, то предполагается образование крупного и мелких

самородков россыпи за счет разрушения верхней части золото-кварцевого оруденения.

Талгинский узел занимает тектонический блок, вытянутый в северо-западном направлении и расположенный между зонами Джелтулакского и Пригилюйского разломов. Он сложен метаморфитами архея, прорванными интрузивами от раннеархейского до раннемелового возраста. В его пределах располагаются проявления преимущественно золото-кварцевой, реже золото-сульфидно-кварцевой и золото-полиметаллической формаций. Из россыпей узла добыто более 21 т Au, а в небольшой россыпи руч. Колпаковский – около 300 кг Au. Наряду с крупным золотом 861 пробы наблюдается масса мелких и два крупных самородка весом 200 и 270 г. Их форма округлая, в сростках с кварцем, графитом и сульфидами. Самородки находятся в плотике россыпи, представленном графитистыми и сульфидизированными сланцами. Предполагается близкое расположение источника сноса самородков и крупного золота, представленного богатым золото-кварцевым оруденением.

Успенский узел занимает блок юго-восточного окончания зоны Джелтулакского разлома. Он сложен метаморфическими образованиями докембрия, прорванными интрузиями архейского, раннепротерозойского, палеозойского и мезозойского возраста. В пределах узла располагается Успенское золоторудное месторождение и проявления золото-кварцевой формации, реже встречаются проявления золото-полиметаллической и золото-сульфидной формации. Из россыпей поднято более 24 т Au. Часто встречаются мелкие самородки, а также четыре крупных весом 112, 600, 2090 и 10000 г. Из найденных на сегодняшний день в Приамурье самородков самый крупный (10 кг) извлечен из россыпи р. Гилюй, недалеко от устья руч. Миллионного. В россыпи добыто более 1 т Au мелких, средних и крупных классов. Проба Au составляет 860–940 ‰. Самородок найден в ранние годы освоения россыпей Приамурья, поэтому, несмотря на уникальный вес, никаких сведений о нем не сохранилось. Самый крупный самородок весом 600 г был обнаружен в россыпи руч. Миллионный, из которой извлечено более 4 т Au. Золото крупное чешуйчатой, пластинчатой и гороховидной форм. Наблюдаются сростки с кварцем и полевыми шпатами. Средняя проба его 892 ‰. Два крупных самородка весом 2090 г («Найденыш») и 112 г обнаружены в россыпях р. Утумук и руч. Утумук-3. Россыпи мелкие, из них добыто 0,5 и 0,3 т Au соответственно. Золото в россыпи Утумук крупное (1,75 мм), иногда в сростках с кварцем и полевыми шпатами, Утумук-3 – мелкое и средней крупности. Проба золота высокая, в россыпи Утумук – 920 ‰, Утумук-3 – 880–935 ‰. Судя по высокой пробе золота в россыпях, частых сростках золотины с кварцем, предполагается происхождение самородков за счет эрозии верхней части проявлений золото-кварцевой формации, широко развитых в пределах узла.

Золотогорский узел занимает западное окончание Дамбукинского блока раннеархейских метаморфитов, прорванных интрузиями раннеархейского и раннепротерозойского возраста, а также многочисленными дайками раннего мела. В пределах узла находится месторождение Золотая Гора золото-кварцевой формации, проявления золото-кварцевой, реже золото-полиметаллической формации и ряд россыпей золота. Из россыпей узла добыто более 18 т Au. Крупный самородок весом 110 г обнаружен в Петровской россыпи, из которой извлечено около 2,4 т Au. Золото преимущественно мелкое, пластинчатое и таблитчатое, хорошо окатанное. Проба его исключительно высокая (945–988 ‰). Происхождение самородка за счет размыва оруденения золото-кварцевой формации подтверждается находками в рудах месторождения Золотая Гора мелких высокопробных самородков [1].

Иликано-Унахинский узел представляет собой блок зоны Пригилюйского разлома, ограниченный поперечными разломами северо-восточного простирания. Он сложен метаморфическими образованиями архея, прорванными интрузиями раннего архея, раннего протерозоя и позднего мезозоя. В пределах узла имеются проявления золото-кварцевой, реже золото-серебряной формации. Из россыпей узла добыто около 27 т Au. В небольшой россыпи р. Уагли кроме мелких найден крупный самородок весом 250 г. Золото в россыпи мелкое и средней крупности, пластинчатой и комковидной форм, окатанное. Средняя проба его 817 ‰. В рудопроявлениях золото-кварцевой формации отмечается самородное золото как низкой (714–759 ‰), так и средней (844–856 ‰) проб. К первой группе принадлежат проявления Северное, Иликан Большой и Иликан Малый, ко второй – Язюнов клад. Поэтому образование самородка в россыпи р. Уагли объясняется эрозией золото-кварцевого оруденения.

Моготский узел занимает восточную часть Дамбукинского блока, имеет трапецевидную форму и сложен метаморфитами раннего архея, прорванными интрузиями докембрийского, палеозойского и позднемезозойского возраста. В пределах узла имеются многочисленные богатые россыпи золота, из которых извлечено более 130 т Au. Нередко встречаются самородки. Три из них достигают крупных размеров: 200 г – руч. Горациевский, 164 г – руч. Радостный и 153 г – р. Джигда. Россыпь руч. Горациевский крупная (добыто более 13 т Au). Золото в ней преимущественно крупное до мелких самородков. Форма золотин пластинчатая и комковидная. Золото и самородки нередко в сростках с кварцем. Проба золота исключительно высокая (950–987 ‰). Россыпь руч. Радостный, притока руч. Горациевского, небольшая (0,7 т) с мелким и средним по крупности высокопробным (917 ‰) золотом, иногда в сростках с кварцем. Россыпь р. Джигда сравнительно небольшая (2,1 т). Золото крупное до мелких самородков, самый крупный

весил 153 г. Золотины комковидной и проволочковидной форм, слабо окатанные, иногда с включениями пирита. Проба золота средняя – 884 ‰. Источником крупных самородков, как и основной части золота россыпей, служило оруденение золото-кварцевой формации, широко развитое на площади узла. Золото в золото-кварцевых проявлениях по составу и другим типоморфным признакам отвечает золоту и самородкам из россыпей [3].

*Джагды-Селемджинская металлогеническая зона.* Унья-Бомский РПУ, в россыпях которого находилось много самородков золота, в том числе 10 крупных, представляет собой амагматическую зону Уньинского надвига, сложенного слабометаморфизованными породами позднего палеозоя и мезозоя [3]. В пределах узла широко развиты проявления золото-кварцевой формации и богатые россыпи золота. Из россыпей добыто более 31 т Au. Крупные самородки отмечаются в шести россыпях: Унья (самородок «Унья-Бомский чемпион» весом 716,5 г), Бом (самородки по 2056,2 и 238 г), Счастливый (430 и 560 г), Сирик-Макит (149,3 и 400 г), Дугда (128 г). Из россыпи р. Уньи извлечено более 4 т Au. Золото крупной и средней фракции, часто встречаются мелкие самородки весом от 5–20 до 70 г. Форма золотин пластинчатая и комковидная, проба высокая (888–895 ‰). Примесь ртути до 1–5 % и более характерна не только для золотин средней и крупной фракций, но и небольших самородков. Самородок «Унья-Бомский чемпион» имеет форму уплощенного двухлепесткового дендритоида (рис. 4). В богатой россыпи р. Бом, из которой поднято 3,95 т Au, извлечено два самородка весом 2056 и 238 г и около сотни самородков до 100 г. Золото в россыпи преимущественно крупное, часто встречаются мелкие самородки. Форма золотин уплощенная, амебообразная. Проба высокая (880 ‰). Россыпь руч. Счастливый небольшая (добыто 0,354 т Au). Золото в ней преимущественно крупное с мелкими самородками. Два крупных самородка обладают весом 560 и 430 г и несколько самородков – до 80 г. Форма золотин комковидная, крючковатая и пластинчатая. Средняя проба золота 875 ‰. Россыпь руч. Джескогон богатая (добыто 2,4 т), золото в основном крупных фракций до мелких самородков весом 10–50 г (рис. 5). Форма золотин пластинчатая и комковидная, нередко кристаллическая, часто отмечаются сростки с кварцем. Проба золота 852–921 ‰. В другой богатой россыпи по р. Сирик-Макит было поднято два крупных самородка весом 400 и 149,3 г и около 20 самородков – до 60 г. Золото преимущественно крупное до мелких самородков, часто с включениями кварца. Проба высокая (868–929 ‰). В долине р. Дугда расположена небольшая россыпь, из которой извлечено около 100 кг золота, в том числе крупный самородок весом 128 г. Золото в россыпи мелкое и средней крупности, хорошо окатанное, лепешковидной и пластинчатой форм. Проба золота наиболее

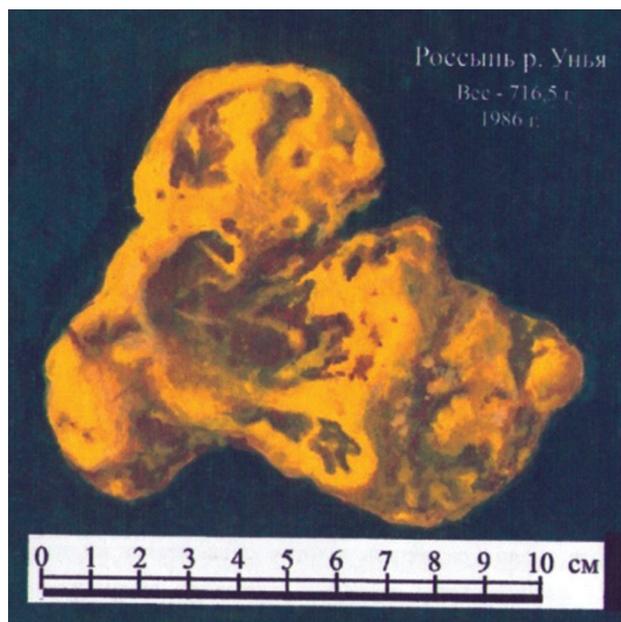


Рис. 4. Самородок «Унья-Бомский чемпион» весом 716,2 г

высокая в россыпях узла (921–925 ‰). Золото и самородки поступали в россыпи узла за счет разрушения проявлений золото-кварцевой формации. Об этом свидетельствует однотипная проба золота в проявлениях и россыпях, а также высокая примесь ртути как в россыпном, так и рудном золоте [9].

Маломырскому РРУ отвечает северо-восточный угол пересечения Южно-Тукурингского и Удыхинского региональных разломов, сложенный вулканогенно-осадочными породами позднего палеозоя. Породы собраны в крупную антиклинальную структуру, прорванную по



Рис. 5. Самородки кристаллической формы с гранями совместного роста кристаллов золота, пирита и кварца из россыпи руч. Джескогон (Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, Москва, <http://www.fmm.ru>)

периферии интрузиями гранитоидов мелового возраста. В пределах узла расположены месторождения Маломыр золото-сульфидной формации и Кварцитовое золото-кварцевой, а также золото-кварцевые проявления. Из россыпей узла извлечено около 5 т Au. В небольшой россыпи руч. Успенский (добыто 0,6 т Au) обнаружен крупный самородок весом 370 г. В этой россыпи золото средней крупности пластинчатой, чешуйчатой, комковидной и крючковатой форм. Наблюдаются сростки золотин с кварцем. Проба золота в интервале 796–835 ‰, средняя – 820 ‰. Золото этой россыпи и самородок образовались за счет размыва оруденения золото-кварцевой формации, представителем которой в узле является месторождение Кварцитовое. На этом месторождении золото крупное и достигает размера 1,8 мм. Проба его близка к пробе россыпного золота и составляет 700–870 ‰, в среднем 778 ‰.

Харгинскому РРУ отвечает крупная грабен-синклиналичная структура северо-восточного простирания. Ядро ее сложено породами златоустовской свиты среднекарбонového возраста, а крылья – осадочными породами среднедевонского и раннекарбонového возраста. Синклиналь осложнена выступами раннепалеозойского фундамента, сложенными зеленосланцевыми породами афанасьевской свиты нижнего палеозоя. Породы прорваны небольшими интрузиями палеозойского и позднемезозойского возраста. В пределах узла известны среднее по запасам месторождение Албын, мелкие – Харгинское, Афанасьевское, Ингагли, Унгличикан и Ясное, проявления золото-кварцевой формации, а также многочисленные россыпи золота. Из россыпей узла добыто 11 т Au. Часто отмечаются самородки от мелких и средних до крупных. Выявлено шесть крупных самородков: два весом 387 и 415 г и четыре по 1 кг. Последние находились в небольшой россыпи руч. Ингалим (добыто 0,45 т Au). Золото в россыпи мелкой и средней крупности лепешковидной и комковидной форм. Средняя проба – 897 ‰. Самородок весом 387 г извлечен из россыпи руч. Казанский. Из россыпи поднято 1,7 т Au средней крупности уплощенной, палочковидной и комковидной форм. Его средняя проба 830 ‰. Самородок весом 415 г обнаружен в богатой россыпи р. Большая Эльга вблизи устья руч. Афанасьевский (рис. 6).



Рис. 6. Самородок весом 415 г из россыпи Большая Эльга

Самородок слабо окатан, имеет овально вытянутую форму с треугольными выступами. Углубления выполнены лимонитом. Из россыпи добыто 14,6 т Au. Золото преимущественно крупное до мелких самородков, пластинчатой и чешуйчатой формы, проба 750–950 ‰, средняя 872 ‰. Первичными источниками образования самородков в Харгинском узле могут быть только месторождения и проявления золото-кварцевой формации, присутствующие на площади узла, в том числе и вблизи россыпей с самородками.

**Южная часть провинции. Северо-Буринская металлогеническая зона.** Ясенский узел представляет собой поднятый блок докембрийских метаморфических и интрузивных образований, а также перекрывающих их терригенных толщ юры, окруженный рыхлыми осадками неоген-раннечетвертичного возраста [2]. В пределах узла находятся проявления золото-сульфидно-кварцевой, золото-кварцевой и золото-сульфидной формаций, а также богатые россыпи золота. Из россыпей добыто 15 т Au. Из двух россыпей узла извлечено значительное количество мелких, средних и 50 крупных самородков. Почти все крупные находились в россыпи Гарь-2, и лишь один весом 160 г в россыпи руч. Ясный. Россыпь руч. Ясный богатая (добыто 9 т Au). Золото мелкое и среднее по размеру неправильной, округлой, дендритовидной и пластинчатой форм. Окатанность слабая. Наблюдаются сростки золотин с кварцем, иногда с турмалином. Проба золота высокая 890–950 ‰, средняя – 920 ‰. Встречаются самородки мелких и средних размеров и один крупный весом 160 г. Форма самородков пластинчатая и дендритовидная (рис. 7).

Из россыпи руч. Гарь-2 извлечено 3,3 т Au. Золото преимущественно крупное до самородков. Форма золотин комковидная, пластинчатая, дендритовидная, проволоковидная и крючкова-тая, проба его в пределах 778–946 ‰, средняя – 925 ‰. Самородки были сосредоточены на небольшом по площади участке долины, примерно 80 × 100 м. Всего было поднято 665 самородков золота весом от 10 до 6990 г, общим весом 79 кг [5]. Большая часть самородков представляла собой брекчии, состоящие из обломков жильного кварца, сцементированных крупными выделениями самородного золота. Вес самых крупных самородков: «Амурский чемпион-1» – 6990 г, «Амурский чемпион-2» – 6140 г. Всего отобрано 49 крупных самородков. Самородки имели явно выраженный рудный облик с кавернозно-бугристой поверхностью, комковидную или пластинчатую форму (рис. 8, 9). Поверхность самородков была настолько шероховатой и буквально колючей на ощупь, что при осмотре осыпались мелкие остроугольные золотинки. Некоторые крупные самородки представляли собой неокатанные куски кварцевой жилы мощностью 10–15 см, насыщенные мелкими выделениями высокопробного золота [7]. Проба самородков составляет 992 ‰, примесь Ag – 0,61 ‰, мышьяка – 0,02 ‰ [5]. Проба золота самородков



Рис. 7. Самородки золота пластинчатой и дендритовидной формы из россыпи руч. Ясный

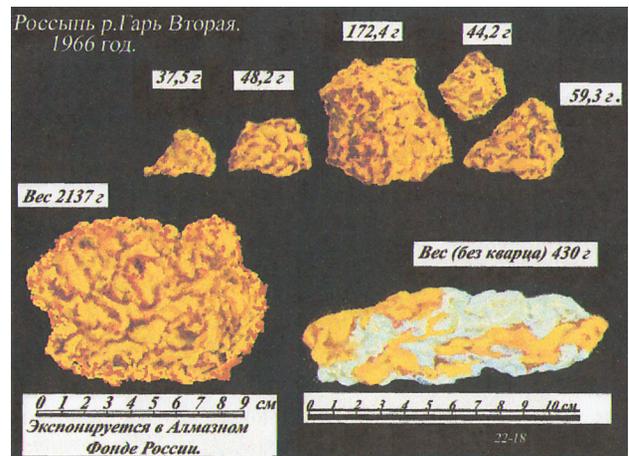


Рис. 8. Муляжи самородков золота из россыпи р. Гарь-2

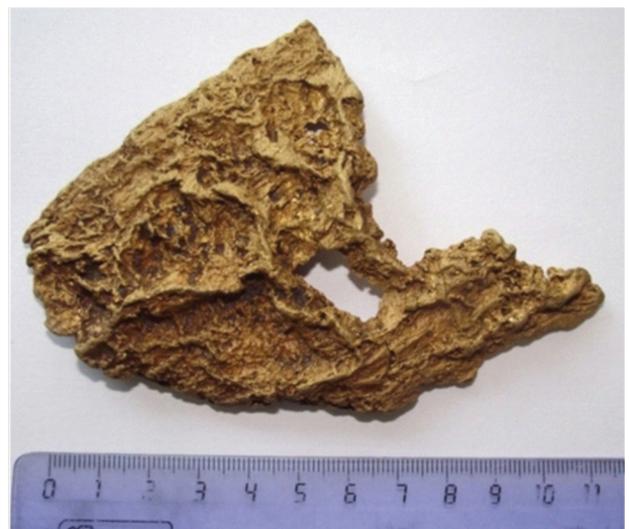


Рис. 9. Самородок пластинчатой треугольной формы весом 325 г из россыпи р. Гарь-2

несколько выше, чем средняя по россыпи. Очевидно, что самородки золота в сростках с кварцем представляли собой в коренном залегании единое золото-кварцевое гнездо, сопоставимое с самым крупным в мире самородком «Плита Холтермана» (Австралия), масса которого вместе с кварцем составляла 235,5 кг, золота — 83,2 кг. Вблизи россыпи расположено проявление Каракатица, представленное золотоносными кварцевыми и кварц-карбонатными жилами. Вмещающими породами служат серпентиниты, филлитовидные сланцы и песчаники раннего палеозоя, прорванные серией даек диоритовых порфириров раннего мела. Образование самородков за счет размыва кварцевых и кварц-карбонатных жил этого проявления очевидно. Уникальность Ясненского узла в том, что он является слабоэродированным выступом докембрийских и мезозойских пород в окружении рыхлых неоген-четвертичных осадков. То есть в его пределах вскрыта самая верхняя часть золоторудной колонны с уникальным гнездом самородков, состоящим из «червонного» золота 995 пробы.

Октябрьскому РРУ отвечает слабоэродированное интрузивно-купольное поднятие, сложенное главным образом интрузиями палеозойского, пермо-триасового и раннемелового возраста. В центральной части узла находятся проявления золото-кварцевой и золото-ртутной формаций, а также скарнового типа, на периферии — золото-сульфидно-кварцевой и золото-кварцевой формаций. Повсеместно располагаются богатые россыпи, из которых извлечено более 73 т Au. Отмечаются различные по весу самородки от мелких до крупных. Самый крупный из них весом 1600 г был извлечен из россыпи руч. Седуновский. Из этой россыпи поднято 9,5 т Au. Размер золотин 0,3–1,0 мм, форма лепешковидная и пластинчатая. Проба золота от 875 до 930 ‰, средняя — 900 ‰. Другой крупный самородок весом 500 г найден в россыпи руч. Маристый. Россыпь так же богатая (добыто 16,8 т Au), золото размером от 0,3 до 4 мм, пластинчатое и чешуйчатое, окатанное и слабо окатанное. Проба золота высокая от 850 до 900 ‰, средняя — 875 ‰. Вблизи россыпей с крупными самородками расположены проявления золота Весеннее, Лиственный Сопка и Вехнемаристое золото-кварцевой формации, а также Лиственное золото-сульфидно-кварцевой. Проявления представлены кварцевыми и сульфидно-кварцевыми жилами. Проба золота на проявлении Весеннее — 800–850 ‰ [8]. Поэтому самородки, в том числе крупные, поступали в россыпи вследствие эрозии верхней части оруденения золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой формации.

*Чагоян-Быссинская металлогеническая зона.* Чагоянскому РРУ отвечает полихронное интрузивно-купольное поднятие. Оно сложено крупными многофазовыми интрузивами ранней юры и раннего мела. В центральной приядерной части поднятия отмечается останец кровли, сложенный карбонатными и терригенными породами раннего

палеозоя, смятыми в крупную антиклинальную складку меридионального простирания. На площади узла имеется Чагоянское золото-полиметаллическое месторождение и ряд проявлений преимущественно золото-кварцевой, а также золото-серебряной, золото-ртутной формаций и скарнового типа. Из россыпей узла добыто 7 т Au. Крупные самородки найдены в россыпях Елтуш, Чукан Малый и Малютка. Они расположены в северо-западной части узла, на правом берегу р. Зеи, где кроме россыпей имеется ряд проявлений золото-кварцевой формации. Россыпи мелкие, из них извлечено по 0,1 т (Елтуш, Малютка) и 0,3 т (Чукан Малый) золота. Золото преимущественно крупное, часто встречаются мелкие самородки, в том числе в сростках с кварцем. Средняя проба золота во всех трех россыпях однотипная и составляет: Елтуш — 881 ‰, Чукан Малый — 880 ‰, Малютка — 879 ‰. Крупные самородки весом по 100 г каждый обнаружены в россыпях руч. Елтуш (проба 881 ‰) и Малютка (835,7 ‰), а в россыпи Чукан Малый найдено несколько крупных самородков весом от 100 до 140 г (проба 861,5–911,5 ‰). Один из самородков в россыпи Чукан Малый представлял собой обломок интенсивно окварцованного песчаника, пропитанного включениями золота весом 187 г, золота 80–100 г. Наиболее вероятно происхождение самородков за счет размыва оруденения золото-кварцевой формации, развитого в бассейне этих ручьев.

**Обсуждение результатов.** Таким образом, в Приамурской провинции за период эксплуатации россыпей с 1858 по 2019 г. было обнаружено учтенных 100 крупных и 17 весьма крупных самородков золота. Они установлены в 16-ти рудно-россыпных узлах Приамурской провинции. Большая их часть (12 узлов) сосредоточена в центральной наиболее продуктивной части провинции в составе Янканской, Желтулакской и Джагды-Селемджинской зон. Три узла с самородками находятся в южной части провинции, два из них в Северо-Буреинской зоне и один в Чагоян-Быссинской. В северной части провинции подобные самородки встречались в Сологу-Чайдахском узле Южно-Якутской зоны.

В этой части провинции два самородка весом около 200 г каждый обнаружены в небольших россыпях Сологу-Чайдахского узла. Образование их связано с эрозией проявлений редкого для провинции скарнового типа. На это указывает находка в россыпи руч. Крутогорка небольшого самородка, представленного обломком скарна с включениями золота. Судя по пробе золота в россыпях, проба самородков скарнового типа средняя (800–824 ‰).

На западном фланге центральной части провинции в россыпях Березитового и Соловьёвского узлов Янканской зоны находилось 26 крупных и весьма крупных самородков, 25 из них выявлено в Березитовом узле. Самородки из россыпей бассейна р. Хайкта, по всей вероятности, образовались за счет размыва золото-полиметаллического

месторождения Березитовое. Самородки в других частях узла имеют признаки происхождения за счет эрозии золото-кварцевого оруденения. В Соловьёвском узле крупный самородок россыпи руч. Приисковый также обязан своим происхождением оруденению золото-кварцевой формации. Следует отметить, что в самой крупной россыпи Приамурья по р. Джалинда (добыто 130 т Au), берущей начало из района Кировского золото-сульфидно-кварцевого месторождения, крупных самородков не обнаружено.

В Желтулакской зоне центральной части провинции крупные и весьма крупные самородки отмечены в шести узлах: Уркиминском, Талгинском, Успенском, Золотогорском, Иликанно-Унахинском и Моготском. Всего в них выявлено 15 таких самородков, в том числе наиболее крупный в Приамурье весом 10 кг. Самородки находятся преимущественно в крупных россыпях с золотом мелких и средних классов в основном высокой и средней пробы. В качестве первичного источника образования самородков в перечисленных узлах выступает наиболее развитое оруденение золото-кварцевой формации. Об этом свидетельствуют типоморфные особенности золота в россыпях, в том числе в самородках и золото-кварцевых месторождениях, частые сростки россыпного золота, мелких, а иногда и крупных самородков с кварцем.

В Джагды-Селемджинской зоне, расположенной на восточном фланге провинции, большинство самородков сосредоточено в Унья-Бомском и Харгинском узлах, один самородок обнаружен в Маломырском узле. Унья-Бомский район уникален тем, что в умеренно высокопробном россыпном золоте, самородках и рудном золоте находится значительная примесь ртути (как правило, до 1–5 %). Это объясняется амагматичностью структуры узла и эродированностью на уровне верхней части рудной колонны [9]. В пределах зоны обнаружено 10 крупных и весьма крупных самородков золота, один из которых – весом 2 кг. Кроме того, в ряде россыпей наблюдалась большая масса мелких и средних самородков как по размеру, так и весу. В большинстве россыпей (например, по руч. Джескогон) мелкие и средние самородки составляют основную фракцию извлеченного золота. Среди самородков Харгинского золотоносного узла находятся четыре весьма крупных и два крупных. Один из них по форме похож на уральский самородок «Заячьи Уши». Самородки встречены преимущественно в богатых россыпях с золотом мелких и средних классов, обладающим средней и высокой пробой. Предполагается золото-кварцевый источник образования самородков в россыпях. Крупный самородок Маломырского узла образован за счет размыва золото-кварцевого месторождения Кварцитовое. На этом месторождении при добыче отмечалось крупное по размерам золото, близкое по составу золоту из россыпи руч. Маломыр, где был найден крупный самородок.

В южной части провинции подавляющее большинство крупных и весьма крупных самородков сосредоточено в россыпи Гарь-2 Ясенского узла Северо-Буреинской зоны. Здесь добыто семь весьма крупных и 42 крупных самородка. Как было сказано выше, среди них были найдены самородки «Амурский чемпион-1» весом 6990 г и «Амурский чемпион-2» – 6140 г. Большинство самородков находится в сростках с кварцем, а некоторые представляют собой обломки кварцевых жил с вкраплениями золота. Наличие в Ясенском узле уникального скопления самородков объясняется тем, что узел является слабоэродированным выступом докембрийских и мезозойских пород в окружении рыхлых неоген-четвертичных осадков. В его пределах вскрыта самая верхняя часть золоторудной колонны с уникальным гнездом самородков, состоящих из «червонного» золота 992 пробы.

В Октябрьском узле с обилием богатых россыпей крупных самородков обнаружено всего два весом 1600 и 500 г. Они, вероятнее всего, образованы за счет эрозии преобладающего в пределах узла оруденения золото-кварцевой или золото-сульфидно-кварцевой формаций. В Чагоян-Быссинской зоне крупные самородки отмечаются в Чагоянском узле. Они находились в небольших россыпях с крупным умеренно высокопробным золотом. Крупное золото и самородки образовались за счет оруденения золото-кварцевой формации. На это указывает обилие золото-кварцевых проявлений в районе россыпей, а также то, что один из самородков представлен окварцованной породой с вкрапленностью золота.

Таким образом, в Приамурской провинции самородкообразующими применительно к крупным и весьма крупным самородкам служат золото-кварцевая, в меньшей мере золото-полиметаллическая формация и еще меньше скарновый тип оруденения. За счет оруденения золото-серебряной и золото-сульфидно-кварцевой формаций образуются только самородки мелких и средних классов крупности.

**Заключение.** В результате исследования крупных и весьма крупных самородков, добытых из россыпей Приамурской провинции с 1858 г., сделаны следующие выводы. Основной самородкообразующей формацией является золото-кварцевая. За счет эрозии месторождений и проявлений этой формации образована основная часть крупных и весьма крупных самородков. Меньшую роль играет золото-полиметаллическая формация, в результате размыва месторождений которой в россыпи поступило около двух десятков самородков Березитового узла. Два самородка образовались за счет проявлений скарнового типа в россыпях Сологу-Чайдахского узла. Большинство рудно-россыпных узлов, содержащих крупные и весьма крупные самородки, приурочены к центральной наиболее

продуктивной части провинции. Наибольшее количество самородков сосредоточено в россыпи Гарь-2 Ясненского узла южной части провинции. Предполагается, что они слагали единое золото-кварцевое гнездо, сопоставимое по весу золота с самым крупным самородком мира – «Плита Холтермана». В россыпях Унья-Бомского узла обнаружено десять крупных и весьма крупных самородков, а также масса средних и мелких. Из некоторых россыпей этого узла добывались преимущественно мелкие и средние самородки. Уникальным является состав рудного, россыпного золота и самородков узла, содержащего значительную примесь ртути (до 1–5 % и более).

1. Месторождения рудного золота Приамурской провинции / под ред. В. А. Степанова. – Благовещенск: АмГУ, 2017. – 150 с.

2. Мельников А. В., Степанов В. А. Рудно-россыпные узлы южной части Приамурской золотоносной провинции. – Благовещенск: АмГУ, 2013. – 222 с.

3. Мельников А. В., Степанов В. А. Рудно-россыпные узлы Приамурской золотоносной провинции. Ч. 2: Центральная часть провинции. – Благовещенск: АмГУ, 2014. – 300 с.

4. Мельников А. В., Степанов В. А. Рудно-россыпные узлы Приамурской золотоносной провинции. Ч. 3: Северная часть провинции. – Благовещенск: АмГУ, 2015. – 256 с.

5. Моисеенко В. Г., Карнаух Ю. А., Краснов Г. Ф. К вопросу о генезисе самородков золота месторождения Гарь-II // Вопросы золотоносности Дальнего Востока. – Благовещенск: ДВНЦ, 1971. – С. 132–136.

6. Палажченко В. И., Степанов В. А., Данилов А. А. Ассоциация минералов в золотоносных скарнах месторождения Рябиновое (Хабаровский край) // Докл. РАН. – 2005. – Т. 401, № 6. – С. 808–813.

7. Родионов В. Н. Амурские самородки золота. – Благовещенск: Амурская типография, 2008. – 44 с.

8. Самородки золотые. Инструкция по отбору золотых самородков на золотодобывающих предприятиях СССР и передаче их в государственный фонд СССР: инструкция Министерства цветной промышленности СССР и Министерства финансов СССР. Введена в действие 15 декабря 1979 г. № И48-1-79. – Доступ из справочной правовой системы «КонсультантПлюс».

9. Степанов В. А., Моисеенко В. Г., Мельников А. В. Уникальный рудно-россыпной район Приамурья с высоко ртутистым золотом // Докл. РАН. – 2017. – Т. 472, № 6. – С. 681–685.

1. Mestorozhdeniya rudnogo zolota Priamurskoy provincii [Deposits of ore gold in the Amur province]. Ed. by V. A. Stepanova. Blagoveshhensk: AmGU. 2017. 150 p.

2. Melnikov A. V., Stepanov V. A. Rudno-rossypnye uzly yuzhnoy chasti Priamurskoy zolotonosnoy provincii [Ore-placer nodes of the southern part of the Amur gold-bearing province]. Blagoveshhensk: AmGU. 2013. 222 p.

3. Melnikov A. V., Stepanov V. A. Rudno-rossypnye uzly Priamurskoy zolotonosnoy provincii. Ch. 2: Central'naya chast' provincii [Ore-placer nodes of the Amur gold-bearing province. Pt. 2: Central part of the province]. Blagoveshhensk: AmGU. 2014. 300 p.

4. Melnikov A. V., Stepanov V. A. Rudno-rossypnye uzly Priamurskoy zolotonosnoy provincii. Ch. 3: Severnaya chast' provincii [Ore-alluvial nodes of the Amur gold-bearing province. Part 3: Northern part of the province]. Blagoveshhensk: AmGU. 2015. 256 p.

5. Moiseenko V. G., Karnauh Yu. A., Krasnov G. F. To the question of the genesis of gold nuggets of the Gar-II deposit. *Problems of gold content in the Far East*. Blagoveshhensk: DVNC. 1971. Pp. 132–136. (In Russian).

6. Palazhchenko V. I., Stepanov V. A., Danilov A. A. Association of minerals in gold-bearing skarns of the Ryabinovoye deposit (Khabarovsk Territory). *Dokl. RAN*. 2005. Vol. 401. No 6, pp. 808–813. (In Russian).

7. Rodionov V. N. Amurskie samородki zolota [Amur gold nuggets]. Blagoveshhensk: Amurskaya tipografiya. 2008. 44 p.

8. Samородki zolotye. Instrukciya po otboru zolotykh samородkov na zolotodobyvayushhih predpriyatiyah SSSR i peregache ih v gosudarstvennyy fond SSSR: instrukciya Ministerstva cvetnoy promyshlennosti SSSR i Ministerstva finansov SSSR. Vvedena v deystvie 15 dekabrya 1979 g. No I48-1-79 [Gold nuggets. Instructions for the selection of gold nuggets at the gold mining enterprises of the USSR and their transfer to the state fund of the USSR: instructions of the Ministry of the color industry of the USSR and the Ministry of Finance of the USSR. Put into effect on December 15, 1979, N I48-1-79]. Dostup iz spravochnoy pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».

9. Stepanov V. A., Moiseenko V. G., Melnikov A. V. A unique ore-placer region of the Amur Region with high mercury gold. *Dokl. RAN*. 2017. Vol. 472. No 6, pp. 681–685. (In Russian).

*Мельников Антон Владимирович* – канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, Институт геологии и природопользования ДВО РАН (ИГиП ДВО РАН). Пер. Рёлочный, д. 1, г. Благовещенск, Амурская обл., 675000, Россия. <Melnikov\_Anton1972@mail.ru>

*Степанов Виталий Алексеевич* – доктор геол.-минерал. наук, профессор, гл. науч. сотрудник, Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН (НИГТЦ ДВО РАН). Северо-Восточное шоссе, д. 30, г. Петропавловск-Камчатский, 683002, Россия. <vitstepanov@yandex.ru>

*Melnikov Anton Vladimirovich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, Institute of Geology and Nature Management FEB RAS (IG&NM FEB RAS). 1 Per. Relochnyy, Blagoveshensk, 675000, Russia. <Melnikov\_Anton1972@mail.ru>

*Stepanov Vitaliy Alekseyevich* – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Chief Researcher, Scientific Research Geotechnological Center FEB RAS (SRGC FEB RAS). 30 Severo-Vostochnoye shosse, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683002, Russia. <vitstepanov@yandex.ru>

Д. Г. МИЗИРЯК, А. Г. МАРЧЕНКО (ООО «Теллур Северо-Восток»)

## **Выявление геолого-структурных условий локализации медно-молибденового и золотого оруденений в Монголийском рудном поле на основе расшифровки структурного рисунка аномальных геохимических полей**

Предложен авторский методический подход к геолого-структурной интерпретации аномальных геохимических полей. На основе интерпретации моно- и полиэлементных аномальных геохимических полей создана геолого-структурная схема изученной части Монголийского рудного поля. Охарактеризованы геодинамические обстановки образования медно-молибденовой с золотом и золоторудной минерализаций, сделан вывод о разных этапах их формирования. Предложены геолого-структурные критерии выделения перспективных участков и локализации рудных зон и тел.

*Ключевые слова:* медь, молибден, золото, аномальные геохимические поля, геолого-структурные условия, структурный рисунок, геодинамические обстановки, Монголийское рудное поле, Селенго-Становая складчато-блоковая область.

D. G. MIZIRIAK, A. G. MARCHENKO (Tellur North-East LLC)

## **Identification of geostructural conditions for the localization of the copper-molybdenum and gold mineralization in the Mongoli ore field based on the interpretation of anomalous geochemical field structural patterns**

In the paper, the author's methodical approach to the interpretation of anomalous geochemical fields in terms of structural geology is suggested. The geostructural map of the studied part of the Mongoli ore field was compiled based on the interpretation of mono- and polyelemental anomalous geochemical fields. Geodynamic environments of formation of the Cu-Mo with minor Au mineralization and the Au mineralization are described. A conclusion is made about their multi-stage formation. Geostructural criteria for the identification of promising areas, ore zones and bodies are proposed.

*Keywords:* copper, molybdenum, gold, anomalous geochemical fields, geostructural conditions, structural pattern, geodynamic environment, Mongoli ore field, Selenga-Stanovoi fold-block region.

*Для цитирования:* Мизиряк Д. Г., Марченко А. Г. Выявление геолого-структурных условий локализации медно-молибденового и золотого оруденений в Монголийском рудном поле на основе расшифровки структурного рисунка аномальных геохимических полей // Региональная геология и металлогения. — 2020. — № 83. — С. 88–100.

**Введение.** За последние годы произошло практически полное исчерпание фонда легкооткрываемых рудных месторождений, резко возросла роль комплексных поисковых работ при открытии новых объектов. При этом применяемые до сих пор методики геологической интерпретации данных геохимии и геофизики основаны, как правило, на простой логической формуле: аномальное геохимическое или геофизическое поле — аномалообразующий объект — рудное тело, — которая не позволяет в полной мере раскрыть потенциал комплексных работ. Рудные тела, особенно это относится к золоторудным, часто слабо проявлены в геохимических и геофизических полях, что может обуславливать низкую эффективность их непосредственного выявления геохимическими и геофизическими методами, а на полузакрытых и закрытых территориях даже выходящие на поверхность эрозии рудные тела, перекрытые рыхлыми отложениями, в большинстве случаев не могут быть обнаружены

при проведении геологопоисковых маршрутов. Главным образом результативность поисковых работ может быть повышена за счет структурно-геологической интерпретации аномальных геохимических и геофизических полей, нацеленной на выявление структурно-геодинамических признаков оруденения и потенциальных рудовмещающих зон, благоприятных для локализации искомого оруденения.

Проблема устаревания методических основ проведения поисковых геохимических и геофизических работ, интерпретации данных и прогнозирования на их основе обсуждалась в ряде работ [5; 11; 16]. Существует два основных подхода: создание структурно-вещественных моделей на основе количественной интерпретации аномалообразующих объектов либо качественная интерпретация геохимических и геофизических полей. В практике преобладает второй подход. Предлагаются расшифровка структуры геохимического поля рудного объекта через создание моделей

геохимической зональности объекта, выделение «кластеров» со схожим геохимическим спектром [5; 16], системный анализ геологических поисковых критериев и их отображения в геофизических полях, использование геофизических критериев выделения рудных объектов [11], анализ структур аномальных геохимических полей (АГХП) как основа прогнозирования рудных объектов [1; 14; 18]. Известны также примеры использования для решения этих задач алгоритмов распознавания образов.

Авторами предлагается оригинальный геолого-структурный подход. Методика основана на концепции структурного рисунка территории [12]. Под ним понимается графическое отображение разноранговых и разновозрастных структурных парагенезисов, образующих закономерно построенную геологическую структуру (структурный парагенезис) территории. Структурный рисунок закономерно отражается в геохимических и геофизических полях, поэтому он может быть дешифрован на их основе при привлечении априорных геологических данных о геологическом строении территории и подтверждающих геолого-структурных наблюдений. Необходимо использовать тектонофизическую модель дискретной среды, согласно которой геологическая среда рассматривается как сплошная структурированная, состоящая из дискретных элементов определенной геометрии и свойств, связанных в единое целое [10]. Такая модель может быть исследована на предмет динамической перестройки среды в ответ на внешние воздействия и следовательно позволяет учитывать при моделировании точечные, линейные, плоскостные и объемные концентраторы деформаций растяжения, к которым могут быть приурочены рудные зоны разной морфологии, находящиеся в различных геолого-структурных обстановках в пределах рудного поля.

Цель работы – показать возможности геолого-структурного подхода в геологической интерпретации данных поисковой геохимии при изучении реальных геологических объектов ранга рудного поля не только для оконтуривания АГХП, создаваемых рудовмещающими зонами и рудными телами. Геолого-структурный подход к интерпретации данных поисковой геохимии (как и геофизики) позволяет получать на ранних стадиях изучения рудных объектов критически важную информацию о геологическом строении территории даже в неблагоприятных ландшафтно-геоморфологических обстановках, что обуславливает обоснованный выбор сети последующих поисковых и разведочных работ, установление структурных позиций известных и прогнозируемых рудовмещающих зон и рудных тел, аргументированные предположения о геодинамической обстановке рудообразования, а в ряде случаев – прояснение некоторых моментов геологической эволюции рудного поля.

Объектом научно-методического исследования послужило Монголийское перспективное

рудное поле, расположенное в Тындинском районе Амурской области, исходными материалами – данные рекогносцировочных геолого-поисковых маршрутов и литогеохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния в центральной части рудного поля (22 км<sup>2</sup>). Уточнение геолого-структурной схемы Монголийского рудного поля, а также характеристика структурно-геодинамических условий локализации оруденения в пределах его изученной части являлись основными задачами.

**Геологическое строение Монголийского рудного поля.** Монголийское рудное поле – составная часть одноименного рудно-россыпного узла, который располагается в области активизации Селенгино-Становой складчато-блоковой системы на южном краю Могочинского выступа архейско-протерозойского фундамента (рис. 1). Монголийский узел приурочен к системе региональных долгоживущих сдвиговых разломов восток-северо-восточного простирания значительной амплитуды (до 75 км) при преобладании левосторонних подвижек, смещающих и раскрывающих более древние системы разрывных нарушений субмеридионального и северо-западного простираний. Для разломов восток-северо-восточной системы характерны крутые углы падения на юг.

Располагается Монголийское рудное поле в центральной части узла, в надиакальной части Ольдойского выхода Хайктинского массива позднеюрских гранитоидов амуджиканского комплекса [7; 8]. Рудное поле отличается сложным мозаично-блоковым строением с существенным различием свойств и состава пород, слагающих различные блоки. В геологическом строении принимают участие блоки, сложенные раннеархейскими гнейсами, кристаллосланцами, амфиболитами могочинской метаморфической серии, тела раннеархейских метагаббро кенгуракского комплекса, гранитоидов позднестанового комплекса раннего протерозоя (?), субщелочные лейкократовые гранитоиды нерчуганского комплекса раннего триаса, небольшие тела и рои даек 2-й и 3-й фаз амуджиканского комплекса юрского возраста.

Россыпи Монголийского узла были открыты во второй половине XIX в. Суммарно из россыпей добыто около 9 т золота, обработка их продолжается в настоящее время. Первые сведения о коренной золотоносности узла относятся к началу XX в. (Шахта Мосина), в 1930-е годы были открыты медно-молибденовые рудопроявления. Однако дальнейшие поисковые работы на коренное оруденение, выполненные в 1930–1980-е годы (В. Т. Кадеш, 1954; А. Ф. Андреев, 1961; А. С. Вольский, 1971; С. Б. Нестеров, 1985; М. И. Копылов, 1986), не привели к открытию промышленно значимых рудопроявлений золота, меди и молибдена.

В ландшафтно-геоморфологическом отношении территория рудного узла представляет собой

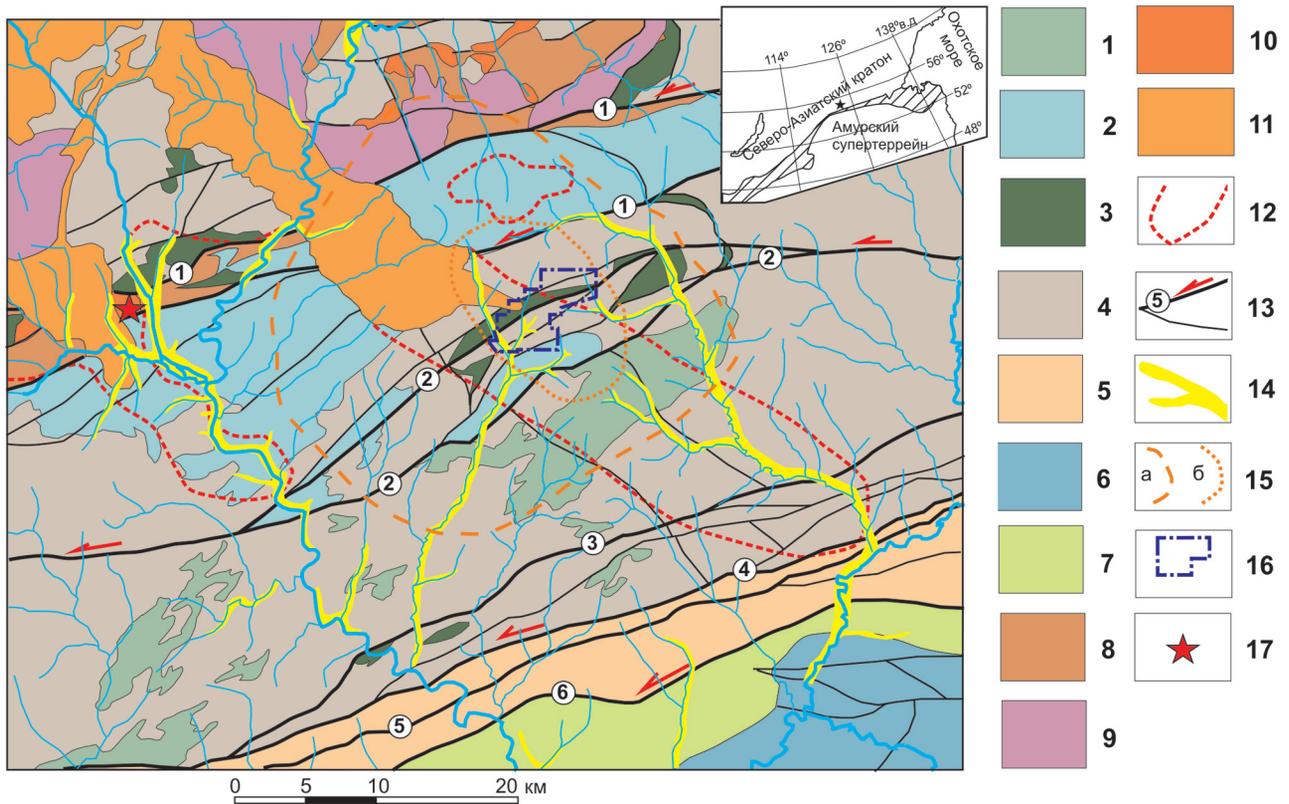


Рис. 1. Геолого-структурная схема Монгольского рудно-россыпного узла (по [7; 8] с добавлениями авторов)

1–4 – архейско-раннепротерозойский выступ кристаллического фундамента: 1 – усть-гилюйская метаморфическая толща (AR<sub>1</sub>): гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты, глиноземистые гнейсы и кварциты, 2 – могочинская метаморфическая толща (AR<sub>1</sub>): гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты, пироксениты, эклогитоподобные породы, 3 – кенгуракский комплекс метагабброидов (vAR<sub>1</sub>), 4 – позднестановой комплекс нерасчлененный (PR<sub>1</sub>?): гнейсовидные гранитоиды, полосчатые гнейсо-граниты, диориты, сиениты, монциониты, теневые мигматиты; 5 – структуры Монголо-Охотского складчатого пояса (S–J); 6 – структуры Аргуно-Мамынского массива, северная окраина Амурского супертеррейна (S–K); 7 – наложенная Уруша-Ольдойская впадина (K<sub>2</sub>–N<sub>1</sub>); 8–12 – позднепалеозойские и мезозойские наложенные структуры тектоно-магматической активизации: 8 – трахиандезит-трахириолитовая вулканогенно-осадочная формация (P<sub>2</sub>), 9 – риолит-трахириолитовая вулканогенная формация (T<sub>1–2</sub>), 10 – субщелочные лейкограниты, граносиениты нерчуганского комплекса (T<sub>1–2</sub>), 11 – Хайктинская интрузия субщелочных гранитов-гранодиоритов-граносиенитов амуджиканского комплекса (J<sub>3</sub>), 12 – контуры роев даек – сателлитов Хайктинского массива над нескрытыми частями интрузии; 13 – главные и второстепенные разломы (1 – Южно-Ольдойский, 2 – Монгольский, 3 – Урка-Ольдойский, 4 – Урка-Крестовский, 5 – Шахтаунский, 6 – Южно-Тукуринский), красными стрелками показаны направления смещений по главным разломам; 14 – отработываемые россыпи золота; 15 – контуры Монгольского золото-медно-молибденового рудно-россыпного узла (а) и перспективного рудного поля (б); 16 – контур участка работ; 17 – Березитовое золото-сульфидно-кварцевое месторождение. На врезке штриховкой отмечено положение Монголо-Охотского складчатого пояса

сильно заросшее выровненное таежное низкогорье с перепадами высоты до 300–400 м. Обнажения коренных пород крайне редки, значительная часть площади полностью задернована. Такая обстановка резко снижает эффективность геологических поисковых и съемочных работ, требует массивного применения легких горных работ для картирования. При этом склоновое смещение вторичных ореолов рассеяния рудных и петрогенных элементов, развитых в элювиально-делювиальных отложениях, относительно невелико (как правило, до нескольких десятков метров), и в ряде случаев им можно пренебречь.

По данным предшествующих работ, рудопроявления Монгольского рудного поля приурочены к северо-восточным и субширотным структурам (С. Б. Нестеров, 1986), представлены кварцевыми жилами, жильными зонами, зонами

дробления и кварцевого прожилкования, сопровождаются зонами гидротермально-метасоматических изменений пород (березитизация, сульфидизация, окварцевание) до 20 м мощностью.

Структурно-геодинамическая позиция золоторудных тел Монгольского рудного узла определяется значительными напряжениями в геологической среде, возникавшими при смещениях по крупным региональным сдвигам восток-северо-восточного простирания (см. рис. 1). Геологическая среда рудно-россыпного узла и входящего в его состав Монгольского рудного поля резко неоднородна, разделена на множество блоков, сложенных различающимися по составу породами. На участках неоднородностей геологической среды разных уровней концентрируются напряжения и, как следствие, основные дизъюнктивные деформации среды.

**Методика исследования.** Для построения геолого-структурной схемы изученной части Монгольского рудного поля были использованы моноэлементные и полиэлементные АГХП, построенные на основе данных литогеохимической съемки по вторичным ореолам, при которой был опробован иллювиальный горизонт почв по сетям  $100 \times 100$  и  $200 \times 200$  м, анализировалась фракция  $< 1$  мм рыхлых отложений. Анализ проб выполнялся в лаборатории ООО «АЛС Чита-Лаборатория»: на золото – методом пробирной плавки (навеска 50 г) с окончанием методом оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES), на серебро – методом атомно-абсорбционной спектрометрии с разложением проб в царской водке, на остальные девять породообразующих (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S, Ti) и 23 микроэлемента (As, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Ga, La, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sc, Sr, Th, Tl, U, V, W, Zn) – методом ICP-OES с разложением проб смесью азотной, хлорной, плавиковой и соляной кислот. По содержаниям элементов были построены как моноэлементные, так и полиэлементные геохимические карты, последние – в виде карт изолиний значений факторов, рассчитанных с помощью факторного анализа геохимических данных (значения факторов представляют собой полиэлементные показатели, вычисленные как взвешенные суммы стандартизованных значений логарифмов содержаний элементов соответствующей ассоциации, в которых факторные нагрузки играют роль весовых коэффициентов).

При построении геолого-структурной схемы по материалам литогеохимической съемки с учетом результатов рекогносцировочных геолого-поисковых маршрутов на картах-разноскопах содержания элементов и картах изолиний выделялись блоки и линеаменты, т. е. площадные и линейные структуры.

В качестве основы геолого-структурной интерпретации АГХП использовались три положения:

1. Площадные структуры АГХП рассеяния образуются при разрушении породных блоков, различных по химическому составу и, соответственно, по физико-механическим свойствам, а также мощных зон тектонической и метасоматической проработки пород на участках пересечения разноориентированных дизъюнктивных структур, в тенях давления жестких компетентных блоков и зонах влияния глубинных разломов.

2. Линейные структуры АГХП рассеяния образуются при разрушении линейных дайковых и минерализованных образований, которые приурочены к тектоническим нарушениям и их оперению, в том числе пород, залегающих в зонах тектонических нарушений, но не испытавших существенной гидротермально-метасоматической проработки. Любые дизъюнктивные нарушения имеют закономерно построенную инфраструктуру [4; 9; 13; 17; 20], составленную из иерархически соподчиняющихся магистральных разрывных нарушений, структур смыкания (как правило, дуплексного типа), структур оперения, в том

числе выполненных рудными и интрузивными телами, активизированных и приспособленных элементов более ранней разломной сети.

3. Анализ пространственных рисунков моно- и полиэлементных АГХП с использованием выделения разнотипных площадных и линейных элементов (блоков и линеаментов) позволяет расшифровать закономерности тектоногенеза территории, образования структурных парагенезисов и разломной инфраструктуры.

Применялся четырехэтапный порядок выделения основных структурных элементов, которые выявлялись в следующей последовательности:

1) основные и второстепенные блоки, соответствующие породам разного состава;

2) блоки, отвечающие наложенным процессам: площадные гидротермально-метасоматические поля, мощные тектонические зоны, дайковые поля и др.;

3) линеаменты, предположительно отвечающие основной и оперяющей дизъюнктивной сети. Базой для их выделения и дешифрирования являются ориентировка и внутренняя структура вытянутых породных блоков, в том числе испытавших воздействие наложенных процессов, ориентировка линейных полос моно- и полиэлементных АГХП элементов-индикаторов зон повышенной проницаемости;

4) линеаменты, выраженные в моно- и полиэлементных АГХП, отвечающие гидротермально-метасоматическим образованиям, которые выделяются на структурной основе уже выявленных блоков и линеаментов.

Выделенные линеаменты, отвечающие элементам разломных парагенезисов, анализировались по своему положению относительно магистрального разрывного нарушения, в данном случае – Монгольского разлома. Дизъюнктивам присваивались индексы, согласно известной компилятивной схеме Хэнкока [22], на которой собраны вместе и обозначены все возможные вторичные нарушения для зоны правого простого сдвига.

С точки зрения прогноза оруденения в пределах Монгольского рудного поля наибольший интерес представляют зоны напряжений относительно растяжения в обстановке сдвига (зоны транстенсии).

При выявлении основных структурных элементов АГХП учитывалось, что химические элементы в рыхлых отложениях подвержены гипергенной миграции: механическому переносу в составе обломочного материала и глинистых частиц, растворенному переносу поверхностным стоком и грунтовыми водами с последующим возможным осаждением на ландшафтных геохимических барьерах, что вызывает некоторое смещение вторичных ореолов рассеяния от их коренных источников. Кроме того, принималось во внимание, что некоторые химические элементы могут одновременно входить в две или несколько ассоциаций и следовательно участвовать в разных структурных элементах рисунка АГХП рудного поля.

**Результаты исследования.** Наибольшие значения коэффициентов вариации содержаний элементов и максимальных коэффициентов концентрации в пробах рыхлых отложений демонстрируют молибден, золото и медь, что отражает специализацию рудной минерализации в пределах изученной площади.

В результате проведения факторного анализа совокупности данных по рыхлым отложениям выделяется три главных фактора и соответствующие им три ведущие элементные ассоциации (таблица). Фактор 1 имеет максимально высокие положительные нагрузки на базифильные элементы: Mg, Sc, Ni, Co, Cr, Fe, V, Zn – и однозначно интерпретируется как показатель накопления в рыхлом покрове продуктов выветривания и дезинтеграции основных пород. Фактор 2 отражает главным образом ассоциацию La, Ba и As, которым сопутствуют Pb, P, K, Th, а антагонистом является Ca. Фактору 3 соответствует ассоциация Be, Na, Al, Sr, к которым тяготеет U, а противоположную тенденцию демонстрирует Ti. Элементный состав этих ассоциаций свидетельствует об их петрогенности, отражающей изменчивость состава подстилающих рыхлые отложения пород. В свою очередь, корреляционные связи Au, а также Cu и Mo с другими халькофильными элементами во вторичных ореолах, несмотря на значительные диапазоны изменения их содержаний, оказались недостаточно сильными для того, чтобы образовать тесные рудогенные ассоциации, которые могли бы выделиться в виде главных факторов.

В пределах покрытой литогеохимической съемкой части Монголийского рудного поля можно выделить несколько площадных комплексных АГХП, отвечающих породным блокам разного состава (рис. 2).

Наиболее отчетливо выделяются положительные АГХП базифильных элементов (Mg, Sc, Ni, Cr, Co, V, Fe и др.), которым отвечает полоса северо-восточного – восток-северо-восточного простирания, протягивающаяся через весь участок и включающая блоки 1 и 2 (рис. 2, А).

Породный блок 1 интерпретируется как включающий серию сближенных тел метагбброидов кенгуракского, а также гибридных диоритоидов позднестанового комплексов в лежачем северном боку Монголийского разлома. Интрузии расчленены разновозрастными разнонаправленными дизъюнктивами на отдельные блоки и тектонические клинья меньшего размера. Метагбброиды в различной степени гранитизированы, интенсивно динамометаморфизованы до милонитов и бластомилонитов. Сложная внутренняя структура блока 1 хорошо проявлена на картах значений факторов 1 и 2, а также отдельных базифильных элементов. Выделенные в пределах блока по наиболее высоким значениям фактора 1 породные блоки 2 соответствуют наименее гранитизированным и метаморфизованным телам метагбброидов. Границы и ориентировка этих блоков отражают положение разрывных нарушений.

**Факторные нагрузки по результатам факторного анализа данных по рыхлым отложениям**

Химический элемент	Факторы		
	1	2	3
lg Au			
lg Ag			
lg Al	0,49		0,59
lg As		<b>0,62</b>	
lg Ba	-0,37	<b>0,68</b>	
lg Be	0,36		<b>0,72</b>
lg Bi			
lg Ca	<b>0,68</b>	-0,47	
lg Cd			
lg Co	<b>0,88</b>		
lg Cr	<b>0,87</b>		
lg Cu	<b>0,72</b>		
lg Fe	<b>0,87</b>		
lg Ga			
lg K	-0,74	0,38	
lg La		<b>0,81</b>	
lg Mg	<b>0,94</b>		
lg Mn	<b>0,68</b>		
lg Mo	0,38		
lg Na	-0,51		<b>0,64</b>
lg Ni	<b>0,90</b>		
lg P	0,60	0,39	
lg Pb		0,47	
lg S	0,43		
lg Sb			
lg Sc	<b>0,91</b>		
lg Sr			0,57
lg Th		0,36	
lg Ti	0,56		-0,37
lg Tl			
lg U			0,36
lg V	<b>0,87</b>		
lg W			
lg Zn	<b>0,79</b>		
Vec, %	29,6	8,5	6,8

Примечание: жирным выделены нагрузки, превышающие по абс. величине 0,60; нагрузки, абс. величина которых менее 0,30, не показаны.

Крупный породный блок 4, расположенный на юге участка, рассматривается как область залегания пород «пестрого» состава – отдельных субпластовых (?) тел метагбброидов кенгуракского комплекса, субпластовых тел метаморфогенных гранитоидов позднестанового (?) комплекса в гнейсо-амфиболит-кристаллосланцевой толще. Блок представляет собой совмещение незначительно проявленного АГХП базифильных элементов и АГХП Na-Sr-Be-Al гранитоидной ассоциации. Эта интерпретация подтверждена результатами рекогносцировочных маршрутов. Следует отметить крайне сложное строение АГХП в блоке 4. Имеется три основных направления изменчивости АГХП литофильных элементов: субширотно-северо-восточное

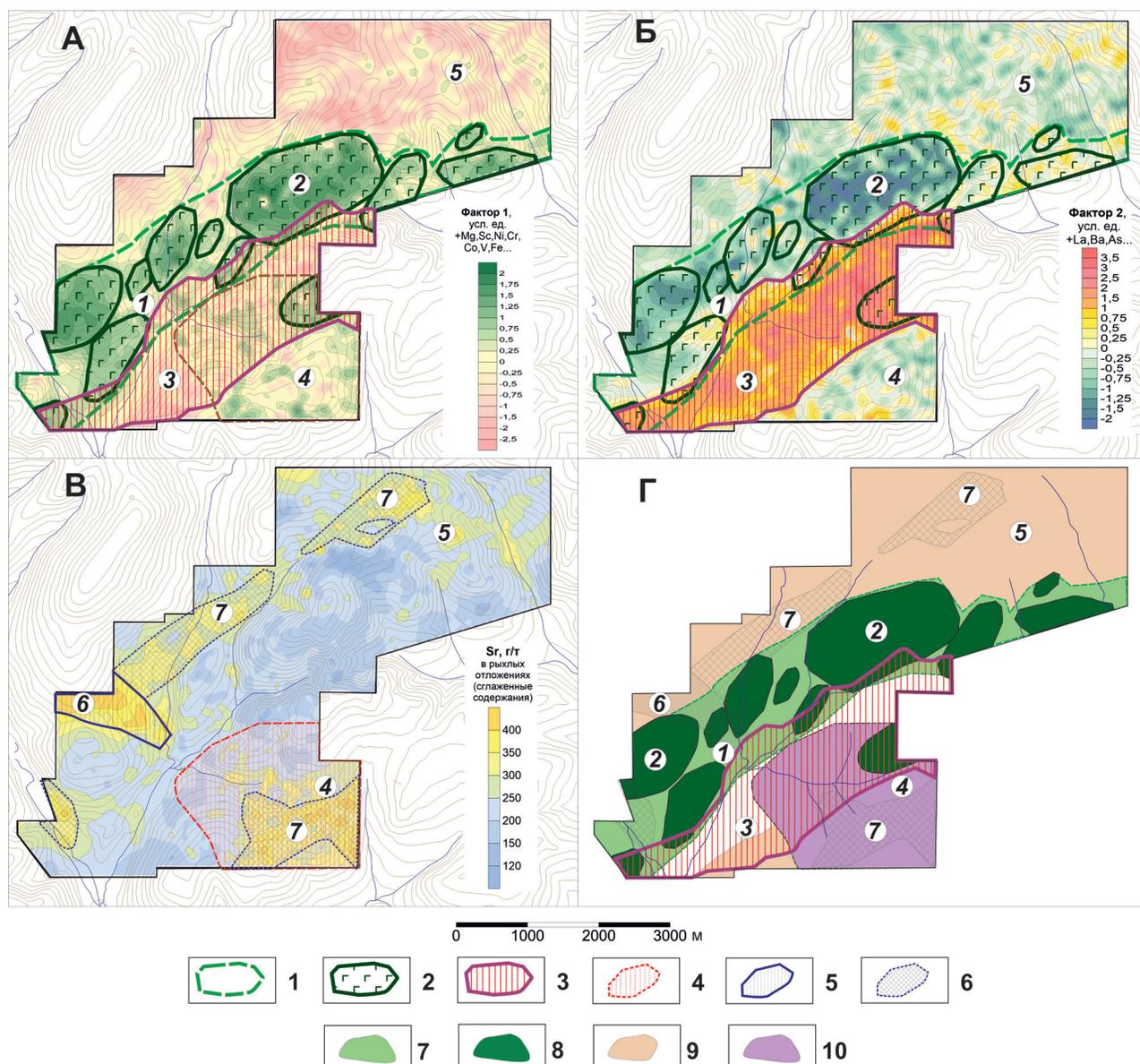


Рис. 2. Площадные АГХП и их геологическая интерпретация: на карте изолиний фактора 1 (А), фактора 2 (Б), содержаний Sr (В), Г – общая схема блоковой составляющей структурных рисунков АГХП

1 – полоса развития метагабброидов и гибридных диоритоидов; 2 – отдельные тела метагабброидов, наименее подвергшиеся метасоматическим процессам и гранитизации; 3 – центральная часть Монголийского разлома и приразломные диафориты; 4 – блок «пестрого» состава с отдельными телами габброидов, гранитоидов в гнейсо-кристаллосланцевой толще; 5 – апикальная часть Хайктинского массива субшелочных гранитоидов амуджиканского комплекса; 6 – площадь развития дайковых образований среднего и кислого составов амуджиканского комплекса; 7 – полоса развития метагабброидов кенгуракского и гибридных диоритоидов позднестанового комплекса; 8 – отдельные тела метагабброидов, наименее подвергшиеся метасоматическим процессам и гранитизации; 9 – блок гранитоидов позднестанового и лейкогранитов нерчуганского комплексов; 10 – блок «пестрого» состава с отдельными телами метагабброидов, гранитоидов в гнейсо-кристаллосланцевой толще. Цифры в кружках – породные блоки (описание в тексте)

и субмеридиональное для АГХП базифильной (фактор 1) и гранитоидной ассоциаций, северо-западное для АГХП Sr и Na. При этом максимальные содержания гранитоидной ассоциации в рыхлых отложениях как бы облекают максимумы базифильной ассоциации, а аномалии Sr и в меньшей степени Na пересекают их.

Породный блок 5, охватывающий обширную территорию на севере и северо-востоке участка, соответствует полям распространения

гранитоидов позднестанового (?) и лейкогранитов нерчуганского (?) комплексов.

Блок 6 на западе участка характеризуется как площадь Ольдойского выхода на поверхность субшелочных гранитоидов амуджиканского комплекса. В его пределах развито АГХП северо-западного простирания существенно стронциевой специализации при меньшем вкладе Na и Ba. Схожие по спектру элементов АГХП, но меньшей интенсивности, отвечают полям развития даек

и малых тел амуджиканского комплекса кислого и среднего составов (блоки 7), имеют преобладающую северо-восточную и осложняющую северо-западную ориентировку. Наложённые на гранитоидный блок 5 дайковые поля протягиваются с юго-запада на северо-восток несколько севернее блоков 2, с северо-запада на юго-восток на продолжении Ольдойского выхода и с юго-запада на северо-восток в пределах «пестрого» габбро-гранит-гнейсо-кристаллосланцевого блока 4. Наличие дайковых образований как кислого, так и среднего-основного составов подтверждено маршрутными наблюдениями в виде делювиальных глыбовых развалов

На блоки 1, 2 и 4 наложены контрастные АГХП La-Ba-As-Sb ассоциации, выделяющиеся аномалиями значений фактора 2. Это блок 3, который рассматривается как зона диафторитов и диафторитизированных пород, протягивающаяся по центральной части Монголийского разлома. Линейные аномалии меньшей интенсивности за пределами блока 3, скорее всего, следует трактовать как дизъюнктивы той же системы, но менее подвергшиеся диафторезу. Исходя из характера взаимоотношения геохимических полей, самым молодым наложенным процессом является диафторез, но при этом гранитоиды амуджиканского комплекса были подвержены ему в меньшей степени, чем прочие породы.

Основной мотив структурного рисунка площади определяется Монголийской системой разломов восток-северо-восточного простирания (аз. СВ 60°–75°) и системами ее оперения северо-восточного и субширотного простираний (аз. СВ 35°–45° и В 80°–105°). Реликты субмеридиональной Средне-Иличинской системы дизъюнктивов хорошо заметны в деталях внутреннего рисунка габброидных блоков 1 и 2 и «пестрого» блока 4, а также по ориентировке гидросети и линеаментам, дешифрируемым по аэро- и космоснимкам. Ее элементы фрагментированы либо приспособлены к близортогональной восток-северо-восточной сдвиговой тектонике. Наличие Средне-Иличинской системы разломов, близортогональной к Монголийской, несомненно, оказывало серьезное влияние на геологическое развитие территории, формирование структурных парагенезисов, локализацию магматизма и оруденения. Линеаменты, отвечающие дизъюнктивам этих направлений, отчетливо видны на моно- и полиэлементных картах как петрогенных (рис. 3), так и рудных (рис. 4) элементов.

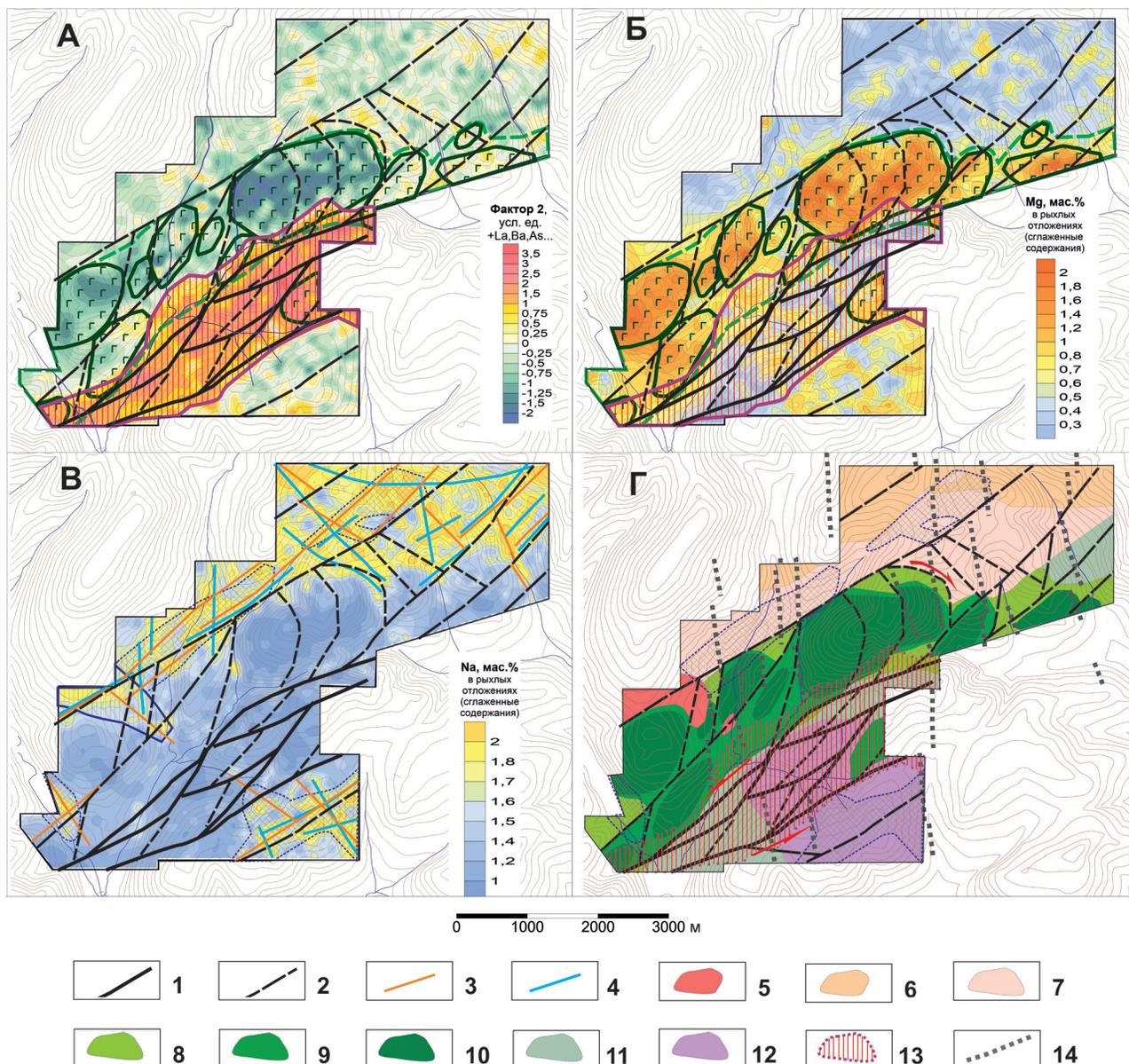
На основной восток-северо-восточный мотив структурного рисунка АГХП исследованной части Монголийского рудного поля отчетливо наложен запад-северо-западный (аз. прост. 300°–320°) с восток-северо-восточным оперением (аз. прост. 65°–80°), отвечающий раскрытию структур при внедрении субщелочных гранитоидов амуджиканского комплекса, ориентировке Ольдойского выступа Хайктинского массива (блок 6) и дайковых полей (блоки 7). Он наиболее проявлен в АГХП Sr (рис. 2, В), в меньшей

степени Na (рис. 3, В), а также Ba, K, Mg (рис. 3, Б).

На основе выделенных блоково-породных и линейно-дизъюнктивных элементов структурного рисунка АГХП и их геологической интерпретации построена предварительная геолого-структурная схема площади (рис. 3, Г), где отчетливо выделяется Монголийская система разломов восток-северо-восточного простирания со структурами оперения, отвечающими левосторонним сдвигам. Системы оперения северного лежащего и южного висящего боков сдвиговой зоны резко различаются, что, скорее всего, связано с резким различием физико-механических свойств пород. Линзовидно-ромбовидная структура в юго-восточной части центральной зоны диафторитов, исходя из левосдвиговой кинематики разломов, интерпретируется как дуплекс растяжения на изгибе сдвиговой зоны [9], который, вероятнее всего, образовался под влиянием более компетентного габброидного блока в лежащем крыле сдвиговой зоны. В наиболее массивном теле метагабброидов и на его северо-восточном окончании отмечается серия дуговидных структур, что можно интерпретировать как серию взбросо-сдвигов в блоке основных пород, образовавшуюся при деформациях сдвига с кручением компетентного жесткого блока в лежащем боку сдвиговой зоны.

При рассмотрении линеаментов АГХП Cu и Mo обнаруживается значительное сходство структурных рисунков, но наиболее интенсивные аномалии пространственно совпадают только частично (рис. 4). В свою очередь, вторичные литогеохимические ореолы золота обуславливают три главные площадные аномалии: северную, центральную и южную (рис. 4, В). Медь формирует обширное аномальное поле в центре участка, которое в своей северо-восточной части перекрывается с северной аномалией золота, но в целом смещено от нее на юго-запад. Аномальные поля молибдена частично совмещены с полями меди, но в целом смещены еще больше в юго-западном направлении. В пределы центральной и южной аномалий золота попадают только некоторые слабые аномалии меди и молибдена. Латеральная геохимическая зональность с главными аномалиями молибдена в центре, смещенными от них на фланги аномалиями меди и еще дальше на периферию — аномалиями золота может либо отражать наличие общей рудообразующей системы золото-медь-молибден-порфирового типа, в пределах которой располагаются отдельные рудопроявления указанных металлов, либо являться результатом наложения нескольких разновозрастных этапов минерализации в пределах единой крупной проницаемой зоны. Последнее, как будет показано ниже, более вероятно.

В АГХП Cu и Mo можно выделить три основных структурных элемента: протяженные невысокой интенсивности линеаменты субмеридионального простирания, интенсивная аномалия в пределах габброидного блока и менее интенсивная — в центральной части поля диафторитов,



**Рис. 3.** Линеаменты АГХП, отвечающие дизъюнктивной сети, на картах изолиний фактора 2 (А), содержаний Mg (Б) и Na (В), Г – геолого-структурная схема

1, 2 – линеаменты, отвечающие: 1 – основной дизъюнктивной сети сдвиговой кинематики, 2 – оперяющей дизъюнктивной сети; 3, 4 – линеаменты, построенные по карте изолиний содержаний Sr (3) и Na (4); 5 – апикальная часть Хайктинского массива субщелочных гранитоидов амуджиканского комплекса ( $\epsilon\gamma T_3a$ ); 6 – лейкограниты нерчуганского (?) комплекса раннего триаса ( $\epsilon\gamma T_1n?$ ); 7 – гранитоиды позднестанового комплекса раннего протерозоя ( $\delta\gamma PR_1p?$ ); 8 – полоса развития гибридных диоритоидов позднестанового комплекса ( $q\delta PR_1p?$ ); 9 – полоса развития метагабброидов кенгуракского комплекса ( $vAR_1$ ); 10 – отдельные тела метагабброидов, наименее подвергшиеся метасоматическим процессам и гранитизации; 11 – гнейсо-кристаллосланцевая толща ( $mAR_1$ ); 12 – блок пестрого состава: отдельные тела габброидов ( $vAR_1$ ), гранитоидов ( $\gamma PR_1p?$ ,  $\epsilon\gamma T_1n?$ ,  $\epsilon\gamma J_3a$ ) в гнейсо-кристаллосланцевой толще ( $mAR_1$ ); 13 – центральная часть Монголийского разлома и приразломные диафториты; 14 – линеаменты, снятые с космоснимков, отвечающие субмеридиональной Средне-Иличинской системе разрывных нарушений. Прочие условные обозначения к схемам интерпретации см. на рис. 2

в предполагаемом дуплексе изгиба Монголийского разлома. Линеаменты субмеридионального простирания в западной и восточной частях изученной площади, вероятно, отвечают проницаемым зонам Средне-Иличинской системы разрывных нарушений. Аномалию в блоке метагабброидов можно описать как комбинацию интенсивных, часто кулисообразных, северо-восточных структур 2-го порядка (аз. прост.  $40^\circ-60^\circ$ )

с часто наблюдаемым оперением 3-го порядка северо-западного простирания (аз. прост.  $300^\circ-320^\circ$ ) при наличии менее интенсивных, ограничивающих северо-восточные структуры, линеаментов субмеридионального простирания. Аномалия в пределах дуплекса растяжения представляет собой комбинацию северо-восточных структур (аз. прост.  $40^\circ-60^\circ$ ) и северо-западного оперения (аз. прост.  $310^\circ-350^\circ$ ).

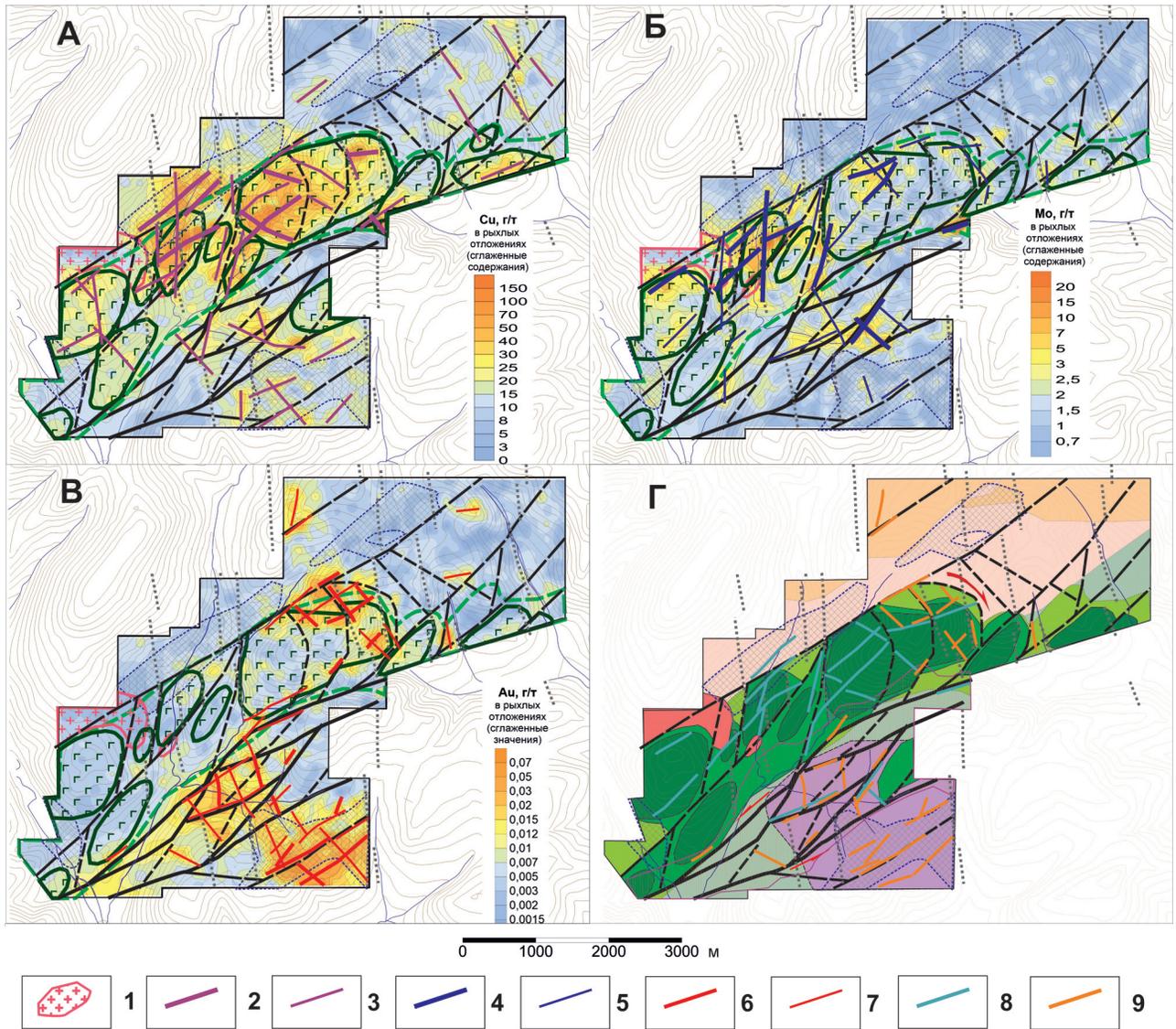


Рис. 4. Линеаменты АГХП, отвечающие гидротермально-метасоматическим образованиям, на картах содержаний Cu (А), Мо (Б), Au (В), Г – генерализованные линеаменты медно-молибденовой и золоторудной минерализации на геолого-структурной схеме

1 – апикальная часть Хайктинского массива субшелочных гранитоидов амуджиканского комплекса ( $\epsilon\gamma J_3a$ ); 2, 3 – линеаменты основные (2) и второстепенные (3), выделенные по АГХП Cu; 4, 5 – линеаменты основные (4) и второстепенные (5), выделенные по АГХП Мо; 6, 7 – линеаменты основные (6) и второстепенные (7), выделенные по АГХП Au; 8, 9 – генерализованные линеаменты медно-молибденовой (8) и золоторудной (9) минерализации. Прочие усл. обозн. к схемам интерпретации см. на рис. 2, к геологической – на рис. 3

Линеаменты АГХП Cu и Mo отвечают минерализации, образовавшейся в обстановке относительной левосдвиговой транспрессии (сдвиг + сжатие) лежащего бока Монгольской системы разломов. Происходила активизация элементов ортогональной Средне-Иличинской системы разломов по трансформному типу в центральной части метагэбброидного блока. Эти элементы функционировали в режиме правого сдвига, вследствие чего в его пределах возникли три различных обстановки рудолокализации (рис. 5, А).

1) На юго-западе, в домене 1, раскрывались восток-северо-восточные структуры, субпараллельные главному разлому, по механизму

взбросо-сдвига (Y-тип, здесь и далее – типы по схеме Хэнкока [22]).

2) В центральной части образовался клиновидный домен 2 между активизированными палеосдвигами Средне-Иличинской системы, где открывались кулисообразные трещины отрыва восток-северо-восточного простирания при активности и проницаемости субмеридиально-северо-северо-восточных структур (R'-тип?). Домен находился в обстановке относительного растяжения, наибольшей проницаемости структур и наибольшей деформированности среды. К нему приурочены максимальные содержания Mo и Cu в рыхлых отложениях. В его пределах известно (А. С. Вольский, 1971; С. Б. Нестеров,

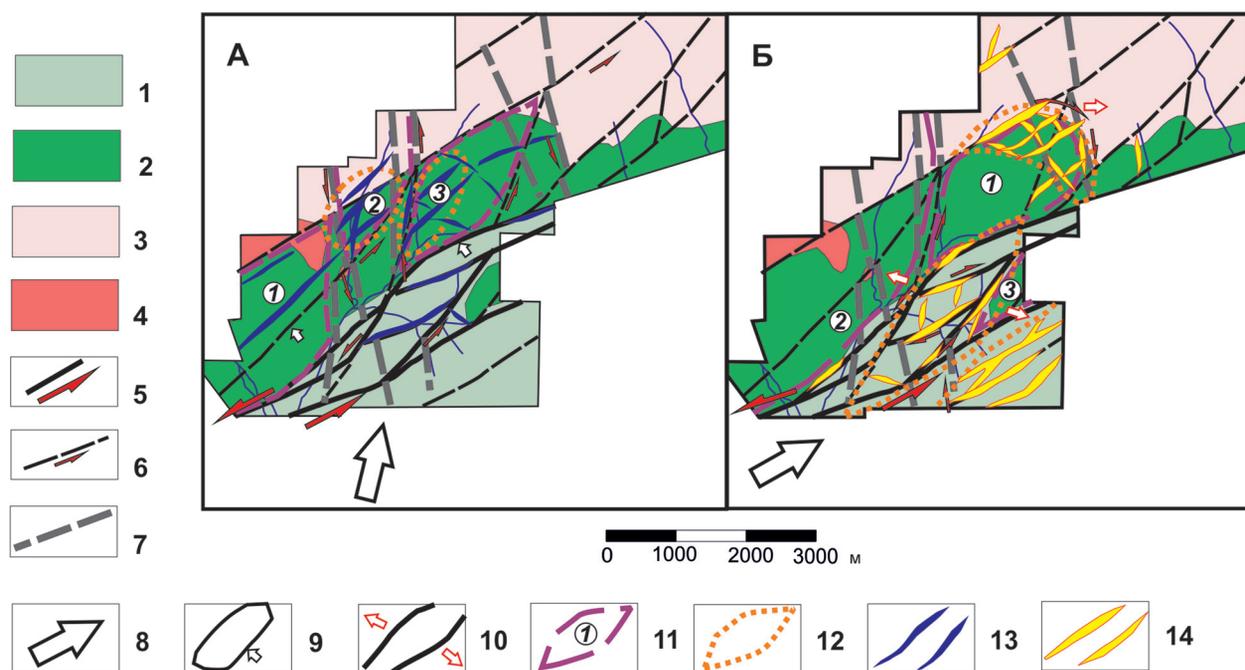


Рис. 5. Геолого-структурная и геодинамическая позиция генерализованных линеаментов медно-молибденовой (А) и золоторудной (Б) минерализаций

1 – гнейсо-кристаллосланцевая толща с отдельными телами гранитоидов и метагабброидов; 2 – полоса развития метагабброидов кенгуракского ( $vAR_1$ ) и гибридных диоритоидов позднеэстанового комплексов ( $q\delta PR_{1p}?$ ); 3 – лейкограниты нерчуганского (?) комплекса раннего триаса ( $\epsilon\gamma T_{1n}?$ ) и гранитоиды позднеэстанового комплекса раннего протерозоя ( $\delta\gamma PR_{1p}?$ ); 4 – апикальная часть Хайктинского массива субщелочных гранитоидов амуджиканского комплекса ( $\epsilon\gamma J_3a$ ); 5, 6 – линеаменты, отвечающие: 5 – основной дизъюнктивной сети сдвиговой кинематики, и направление смещений, 6 – оперяющей дизъюнктивной сети, и направление смещений (6); 7 – линеаменты, выделенные по космоснимкам, отвечающие субмеридиональной Средне-Иличинской системе разрывных нарушений; 8 – региональные направления основного сжимающего напряжения ( $\sim\sigma_1$ ) на этапах формирования Cu-Mo (А) и Au-рудной (Б) минерализаций; 9, 10 – направления локальных: сжатия ( $\sim\sigma_2$ ) (9) и растяжения ( $\sim\sigma_3$ ) (10); 11 – отдельные блоки пород, оказывающие значительное влияние на рудокализацию (домены); 12 – наиболее перспективные участки распространения Cu-Mo и Au-рудной минерализации; 13, 14 – предположительно, соответствующие перспективным рудным зонам и телам генерализованные линеаменты минерализаций: Cu-Mo (13) и Au-рудной (14)

1986; В. О. Ильченко и др., 2016) одно из наиболее перспективных рудопоявлений – зона Восточная, представляющая собой кварцевую жилу мощностью до 6 м северо-восточного простирания и протяженностью около 700 м (при ширине блока около 800 м) с содержаниями Cu и Mo до 1 %, Au до 2 г/т, а также ряд других более мелких Cu-Mo рудопоявлений кварцево-жильного и жильно-прожилкового типов в зонах восток-северо-восточного и северо-северо-восточного простираний.

3) В восточной части, в домене 3 метагабброидов, произошло кручение блока против часовой стрелки, при этом северо-восточные структуры раскрывались по типу трещин скола-отрыва при активности трещин отрыва северо-западного простирания. В предполагаемой геодинамической обстановке в юго-западной части блока должна была присутствовать обстановка относительного растяжения при повышенной проницаемости структур на их пересечениях и высокая деформированность среды. Именно к юго-западной части блока 3 приурочены высокие содержания Mo и Cu в рыхлых отложениях, а также несколько известных (А. С. Вольский, 1971; С. Б. Нестеров, 1986) Au-Cu-Mo рудопоявлений,

представляющие собой кварцевые жилы и зоны дробления северо-восточного и северо-западного простираний.

Заметим, что локализация Cu-Mo минерализации в пределах дуплекса изгиба отвечает геодинамической обстановке транспрессии, при которой наиболее проницаемыми структурами будут вторичные трещины отрыва.

Рисунок АГХП Au (см. рис. 4, В) существенно отличается от рисунков АГХП Cu и Mo, что является аргументом в пользу разорванных во времени этапов формирования медно-молибденового с золотом и собственно золотого оруденений. В рисунке АГХП Au можно выделить комбинацию восток-северо-восточных структур (аз. прост.  $60^\circ$ – $80^\circ$ ) с северо-западными и северо-северо-западными структурами (аз. прост.  $300^\circ$ – $330^\circ$  и  $330^\circ$ – $355^\circ$ ), образующую три главные аномалии, существенно различающиеся по геолого-структурной обстановке. При этом все три аномалии золота приурочены к локальным структурам относительного растяжения, обладают четкой, закономерно построенной внутренней структурой.

Линеаменты АГХП Au соответствуют минерализации, образовавшейся в геодинамической обстановке активных левосдвиговых деформаций

при заметной роли деформаций кручения отдельных компетентных блоков пород за счет тектонической активизации межпородных контактов и элементов субмеридиональной палеосети разрывных нарушений. При этом возникли следующие три геодинамические обстановки локализации потенциальных золотоносных зон и золоторудных тел (рис. 5, Б).

1) Северная аномалия Au расположена на северо-восточном контакте массивного тела метагабброидов (блок 1 на рис. 5, Б), где при деформации сдвига с кручением возникла локальная область относительного растяжения (транстенсии) по типу тени давления деформационного фронта сдвигообразования. По вторичным сколам (аз. прост.  $330^{\circ}$ – $350^{\circ}$ ) X-типа, в основном в оперяющих сдвигах Y-типа (аз. прост.  $50^{\circ}$ – $60^{\circ}$ ), формировались локальные раздвиги и зоны дробления. При этом обстановка относительного растяжения наблюдалась по всем контактам тел метагабброидов. Эти контакты трассируются аномально повышенными содержаниями Au в рыхлых отложениях.

2) Центральная аномалия Au приурочена к дуплексу растяжения на изгибе магистрального сместителя Монголийского разлома. При активных сдвиговых деформациях наиболее активны структуры, отвечающие сколам Риделя R'-типа (аз. прост.  $350^{\circ}$ ) и локальным обстановкам растяжения на изгибах основных разрывных нарушений. Такая обстановка соответствует активному растяжению зоны и увеличению ее объема при невозможности удлинения из-за зажатости между компетентными блоками [21], в данном случае – метагабброидов (блоки 2 и 3 на рис. 5, Б). Именно такой структурный рисунок образуют линеаменты АГХП Au в пределах дуплекса растяжения центральной сдвиговой зоны.

3) Южная аномалия Au приурочена к породному блоку «пестрого» состава и не оконтурена с юга и востока. Как отмечено выше, в гнейсоамфиболит-кристаллосланцевой толще залегают субпластовые тела метагабброидов и метаморфогенных гранитоидов, прорванные многочисленными дайками кислого и среднего составов. При такой разнице в физико-механических свойствах пород вдоль их контактов будут наблюдаться разрывные нарушения, маломощные тела более хрупких пород – подвергаться объемному катаклазу, а вдоль контактов дайковых тел – отмечаться полости отслоения и зоны линейного катаклаза. Именно в такой обстановке образовалось достаточно сложное по своей структуре АГХП Au, в котором наблюдаются линеаменты восток-северо-восточного простирания (аз. прост.  $60^{\circ}$ – $80^{\circ}$ ), отвечающие оперяющим сдвигам Y-типа, субпараллельным главному разлому, при наличии разнонаправленного оперения северо-восточного (аз. прост.  $40^{\circ}$ – $50^{\circ}$ , R'-тип), северо-западного (аз. прост.  $310^{\circ}$ – $330^{\circ}$ , либо X-тип, либо активизация контактов дайковых тел) и северо-северо-западного до субмеридионального простираний (аз. прост.  $350^{\circ}$ – $10^{\circ}$ , R'-тип).

В целом можно сказать, что выделенные линеаменты АГХП медно-молибденовой и золоторудной минерализаций отвечают структурам оперения левосдвиговой зоны восток-северо-восточного простирания, активным в различных геодинамических обстановках, при явном влиянии ранней субмеридиональной сети и неоднородностей геологической среды.

О том, что золоторудная и золотосодержащая медно-молибденовая минерализация формировались на разных этапах геологического развития территории, свидетельствует наличие двух типов кварца: крупнокристаллического серого с гнездовой вкрапленностью сульфидов и окварцованных тектонических брекчий на кварцевом цементе. Для кварца первого типа характерны устойчиво высокие содержания меди и молибдена (до 1–3 %) при низких, на уровне 0,1–1,5 г/т, содержаниях золота; для кварца второго типа – крайне низкие содержания меди и молибдена (на уровне 1–10 г/т) и тоже невысокие, как правило, содержания золота (0,1–1 г/т), хотя иногда отмечаются весьма высокие концентрации (до 300 г/т) и видимое золото. Не исключено, что медно-молибденовая минерализация старше последних фаз внедрения гранитоидов амуджиканского комплекса и поэтому частично ими уничтожена. Об этом косвенно свидетельствуют найденные вблизи апикальной части Хайктинской интрузии развалы ороговикованного со структурами сульфидной пропарки жильного кварца с медно-молибденовой минерализацией, а также характер и взаимоотношения АГХП Cu, Mo и Sr. Следует отметить, что структурная позиция Ольдойского выхода Хайктинского массива позднейших гранитоидов амуджиканского комплекса отвечает обстановке правого сдвига по системе северо-восточных разломов, что также свидетельствует о наличии временного разрыва между внедрением последних фаз гранитоидов, развитием медно-молибденовой и золоторудной минерализаций.

Геолого-структурная схема Монголийского рудного поля, созданная на основе структурных рисунков АГХП, согласуется с геологическими схемами и картами предшественников (А. С. Вольский, 1971; С. Б. Нестеров, 1986) и общей геологической обстановкой по государственным геологическим картам масштабов 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000 [7; 8]. Геодинамические следствия из геолого-структурной схемы рудного поля согласуются с основными этапами тектонического развития юго-восточной части Селенго-Становой складчато-блоковой области. Данная территория характеризуется ступенчатым наложением нескольких этапов тектонического развития, магматизма и рудообразования [2; 3; 7; 8; 19]. Хотя выделение отдельных этапов и их абсолютные датировки являются дискуссионными, исследователями региона отмечается чередование разных геодинамических обстановок – активной и трансформной континентальных окраин – в позднем палеозое и мезозое [6; 15].

**Заключение.** В Монголийском золото-медно-молибденовом рудном поле присутствует не менее двух разорванных во времени этапов рудообразования: медно-молибденовый с золотом и золоторудный. Исходя из структурного рисунка АГХП, эти два типа рудной минерализации формировались в различных геодинамических обстановках активной и трансформной континентальной окраин соответственно.

На основе интерпретации структурных рисунков АГХП предполагается несколько различных структурных обстановок локализации медно-молибденового и золотого оруденений, связанных со сложным разломно-блоковым геологическим строением площади, с существенным различием свойств и состава пород, слагающих различные блоки, в условиях значительных динамических напряжений геологической среды. Наиболее существенное воздействие оказывали крупные блоки компетентных пород (интрузивные массивы основного состава), разломные парагенезисы как синрудные, так и дорудные, и блоки пород с резким различием физико-механических свойств отдельных породных тел (гнейсы и кристаллические сланцы – габброиды – гранитоиды). Исходя из геолого-структурной интерпретации АГХП, для медно-молибденовой минерализации характерно преобладающее влияние подвижности отдельных компетентных блоков, тогда как для золоторудной минерализации – кинематика смещений по разломам и физико-механические свойства пород.

Наше исследование показывает высокую эффективность предлагаемого авторами геолого-структурного подхода к расшифровке структурного рисунка АГХП на основе тектонофизической модели структурированной геологической среды. Однако этот подход можно использовать только при анализе проб на широкий круг элементов, включая не только ограниченный набор рудогенных элементов-индикаторов, но и петрогенные элементы.

При продолжении геологоразведочных работ в Монголийском рудном поле необходимо обращать внимание на рассмотренные здесь геолого-структурные обстановки. Вероятнее всего, потенциальные золоторудные месторождения будут иметь очень сложное строение рудных тел, представляющих собой прожилково-окварцованные тектонические брекчии и зоны дробления восток-северо-восточного простирания в сочетании с зонами кварцевого прожилкования и маломощными кварцевыми жилами в трещинах отрыва близмеридионального простирания.

1. Абисалов Э. Г. Интерпретация и оценка вторичных литохимических ореолов рассеяния (структурно-геометрический подход) // Разведка и охрана недр. – 2008. – № 4–5. – С. 41–45.

2. Авченко О. В. Локальный метаморфизм рудно-метасоматических образований Березитового месторождения / О. В. Авченко, А. С. Вах, В. Г. Сахно, В. А. Степанов,

Е. А. Ноздрачев, О. И. Шарова // Докл. РАН. – 2010. – Т. 432, № 2. – С. 203–209.

3. Вах А. С. Первые U-Pb данные (SHRIMP-II) о возрасте цирконов из гранитоидов и рудоносных пород Березитового золото-полиметаллического месторождения / А. С. Вах, О. В. Авченко, С. А. Сергеев, С. Л. Пресняков // Докл. РАН. – 2011. – Т. 438, № 5. – С. 659–664.

4. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Прикладной аспект / К. Ж. Семинский, А. С. Гладков, О. В. Лунина, М. А. Тугарина. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. – 291 с.

5. Ворошилов В. Г. Аномальные структуры геохимических полей гидротермальных месторождений золота: механизмы формирования, методика геометризации, типовые модели, прогноз масштабности оруденения // Геология рудных месторождений. – 2009. – № 1. – С. 3–19.

6. Геодинамика, магматизм и металлогения востока России: в 2 кн. Кн. 1 / ред. А. И. Ханчук. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – 572 с.

7. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Становая. Лист N-51-XVI (Тахтамыгда). Объяснительная записка / З. П. Козак, К. Д. Вахтомин, А. С. Давыдов, С. Н. Беликов, М. Н. Шилова. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2004. – 196 с. + 3 вкл.

8. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-51 – Сквородино (M-51). Объяснительная записка / Н. Н. Петрук, М. Н. Шилова, С. А. Козлов и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2009. – 448 с. + 4 вкл.

9. Знаменский С. Е., Знаменская Н. М. Рудовмещающие трансформные дуплексы золото-кварцевых и золото-сульфидно-кварцевых месторождений Южного Урала // Литосфера. – 2011. – № 1. – С. 94–105.

10. Кирмасов А. Б. Основы структурного анализа. – М.: Научный мир, 2011. – 368 с.

11. Кунаев М. С., Садыков Д. Ш. Анализ геофизических характеристик ряда МПИ Казахстана. – Алматы, 2007. – 384 с.

12. Лукьянов А. В. Пластические деформации и тектоническое течение в литосфере. – М.: Наука, 1991. – 144 с.

13. Митрохин А. Н., Уткин В. П., Неволин П. Л. Морфология, кинематика и динамика опережающих разрывов как поисково-разведочные критерии оценки жильных и штокверковых тел // Вестник ТГУ. – 2014. – № 83. – С. 221–226.

14. Мовчан И. Б., Яковлева А. А. Прогноз эндогенных оруденений по материалам поверхностных измерений // Наука и Современность. – 2010. – № 2–1. – С. 88–95.

15. Парфенов Л. М. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии / Л. М. Парфенов, Н. А. Берзин, А. И. Ханчук, Г. Бадарч, В. Г. Беличенко, А. Н. Булгатов, С. И. Дриль, Г. Л. Кириллова, М. И. Кузьмин, У. Ноклеберг, А. В. Прокопьев, В. Ф. Тимофеев, О. Томуртоого, Х. Янь // Тихоокеанская геология. – 2003. – Т. 22, № 6. – С. 7–41.

16. Питутько В. М., Мкртычян А. К., Юркевич Л. Г. Теория и практика интенсивной технологии геохимических работ при прогнозировании и поисках золоторудных месторождений. – СПб.: Нестор-История, 2014. – 424 с.

17. Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига / С. И. Шерман, К. Ж. Семинский, С. А. Борняков и др. – Новосибирск: Наука (СО), 1991. – 262 с.

18. Соколов С. В. Структуры аномальных геохимических полей и прогноз оруденения. – СПб.: Наука, 1998. – 154 с.

19. Сорокин А. А. Корреляция процессов рудообразования на золото-полиметаллическом месторождении Березитовое западной части Селенгино-Станового

супертеррейна и региональных тектономагматических событий / А. А. Сорокин, В. В. Пономарчук, А. В. Травин, Л. И. Рогулина, А. В. Пономарчук // Геология и геофизика. — 2014. — Т. 55, № 3. — С. 432–448.

20. Уткин В. П. Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. — М.: Наука, 1989. — 166 с.

21. Яковлев Ф. Л. Анализ деформированного состояния зон сдвига в связи с типами вторичных нарушений: постановка проблемы // Геодинамика и тектонофизика. — 2011. — № 2–1. — С. 68–82.

22. Hancock P. L. Brittle microtectonics: principles and practice // Journal of Structural Geology. — 1985. — Vol. 7, N 3–4. — P. 437–457.

1. Abisalov E. G. Interpretation and assessment of secondary lithochemical dispersion halos (structural-geometric approach). *Razvedka i okhrana nedr.* 2008. No 4–5, pp. 41–45. (In Russian).

2. Avchenko O. V., Vakh A. S., Sakhno V. G., Stepanov V. A., Nozdachev E. A., Sharova O. I. Local metamorphism of ore-metasomatic formations of the Berezitovoye deposit. *Dokl. RAN.* 2010. Vol. 432. No 2, pp. 203–209. (In Russian).

3. Vakh A. S., Avchenko O. V., Sergeev S. A., Presnyakov S. L. The first U-Pb data (SHRIMP-II) on the age of zircons from granitoids and ore-bearing rocks of the Berezitovoye gold-polymetallic deposit. *Dokl. RAN.* 2011. Vol. 438. No 5, pp. 659–664. (In Russian).

4. Seminskiy K. Zh., Gladkov A. S., Lunina O. V., Tugarina M. A. Vnutrennyaya struktura kontinental'nykh razlomnykh zon. Prikladnoy aspekt [Internal structure of continental fault zones. Applied aspect]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo». 2005. 291 p.

5. Voroshilov V. G. Anomalous structures of geochemical fields of hydrothermal gold deposits: formation mechanisms, geometrization technique, standard models, forecast of the scale of mineralization. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy.* 2009. No 1, pp. 3–19. (In Russian).

6. Geodinamika, magmatizm i metallogeniya vostoka Rossii: v 2 kn. Kn. 1 [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the east of Russia: in 2 vols. Book 1]. Ed. by A. I. Khanchuk. Vladivostok: Dal'nauka 2006. 572 p.

7. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Izdanie vtoroje. Seriya Stanovaya. List N-51-XVI (Takhtamygda). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1:200,000. Second edition. Stanovaya series. Sheet N-51-XVI (Takhtamygda). Explanatory note]. Ed. by Z. P. Kozak, K. D. Vakhtomin, A. S. Davydov, S. N. Belikov, M. N. Shilova. St. Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI. 2004. 196 p. + 3 vkl.

8. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000 (tret'ye pokolenie). Seriya Dal'nevostochnaya. List N-51 — Skovorodino (M-51). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1:1,000,000 (third generation). Far East series. Sheet N-51 — Skovorodino (M-51). Explanatory note]. Ed. by

N. N. Petruk, M. N. Shilova, S. A. Kozlov i dr. St. Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI. 2009. 448 p. + 4 vkl.

9. Znamenskiy S. E., Znamenskaya N. M. Ore-hosting transpressive duplexes of gold-quartz and gold-sulfide-quartz deposits of the Southern Urals. *Litosfera.* 2011. No 1, pp. 94–105. (In Russian).

10. Kirmasov A. B. Osnovy strukturnogo analiza [Fundamentals of structural analysis]. Moscow: Nauchnyy mir. 2011. 368 p.

11. Movaev M. S., Sadykov D. Sh. Analiz geofizicheskikh kharakteristik ryada MPI Kazakhstana [Analysis of geophysical characteristics of a number of mineral resources in Kazakhstan]. Almaty. 2007. 384 p.

12. Luk'yanov A. V. Plasticheskie deformatsii i tektonicheskoe techenie v litosfere [Plastic deformations and tectonic flow in the lithosphere]. Moscow: Nauka. 1991. 144 p.

13. Mitrokhin A. N., Utkin V. P., Nevolin P. L. Morfologiya, kinematika i dinamika operayushchikh razryvov kak poiskovo-razvedochnye kriterii otsenki zhil'nykh i shtokverkovykh tel. *Vestnik TGU.* 2014. No 83, pp. 221–226. (In Russian).

14. Movchan I. B., Yakovleva A. A. Prognoz endogennykh orudneniy po materialam poverkhnostnykh izmereniy. *Nauka i Sovremennost'.* 2010. No 2–1, pp. 88–95. (In Russian).

15. Parfenov L. M., Berzin N. A., Khanchuk A. I., Bardach G., Belichenko V. G., Bulgatov A. N., Dril' S. I., Kirillova G. L., Kuz'min M. I., Nokleberg U., Prokop'ev A. V., Timofeev V. F., Tomurtogoo O., Yan Kh. Model of the formation of orogenic belts in Central and North-East Asia. *Tikhookenskaya geologiya.* 2003. Vol. 22. No 6, pp. 7–41. (In Russian).

16. Pitul'ko V. M., Mkrtych'yan A. K., Yurkevich L. G. Teoriya i praktika intensivnoy tekhnologii geokhimicheskikh rabot pri prognozirovani i poiskakh zolotorudnykh mestorozhdeniy [Theory and practice of intensive technology of geochemical works in forecasting and prospecting for gold deposits]. St. Petersburg: Nestor-Istoriya. 2014. 424 p.

17. Razlomoobrazovanie v litosfere. Zony sdviga [Fault formation in the lithosphere. Shear zones]. Ed. by: S. I. Sherman, K. Zh. Seminskiy, S. A. Borneyakov i dr. Novosibirsk: Nauka (SO). 1991. 262 p.

18. Sokolov S. V. Struktury anomal'nykh geokhimicheskikh poley i prognoz orudneniya [Structures of anomalous geochemical fields and forecast of mineralization]. St. Petersburg: Nauka. 1998. 154 p.

19. Sorokin A. A., Ponomarchuk V. V., Travin A. V., Rogulina L. I., Ponomarchuk A. V. Correlation of ore formation processes at the Berezitovoe gold-polymetallic deposit in the western part of the Selengino-Stanovoy superterrane and regional tectonomagmatic events. *Geologiya i geofizika.* 2014. Vol. 55. No 3, pp. 432–448. (In Russian).

20. Utkin V. P. Sdvigove dislokatsii, magmatizm i rudoobrazovanie [Shear dislocations, magmatism and ore formation]. Moscow: Nauka, 1989. 166 p.

21. Yakovlev F. L. Analysis of the deformed state of shear zones in connection with the types of secondary disturbances: problem statement. *Geodinamika i tektonofizika.* 2011. No 2–1, pp. 68–82. (In Russian).

22. Hancock, P. L. 1985: Brittle microtectonics: principles and practice. *Journal of Structural Geology.* 7. 3–4. 437–457.

Мизиряк Дмитрий Георгиевич — вед. геолог, ООО «Теллур Северо-Восток»<sup>1</sup>. <miziryak@mail.ru>

Марченко Алексей Григорьевич — доктор геол.-минерал. наук, профессор, ген. директор, ООО «Теллур Северо-Восток»<sup>1</sup>. <a-marchenko@yandex.ru>

Miziriak Dmitriy Georgievich — Leading Geologist, Tellur North-East LLC<sup>1</sup>. <miziryak@mail.ru>

Marchenko Aleksey Grigor'evich — Doctor of Geological and Mineralogical Science, Professor, General Director, Tellur North-East LLC<sup>1</sup>. <a-marchenko@yandex.ru>

<sup>1</sup> ООО «Теллур Северо-Восток». Ул. Союза Печатников, 8, офис 17, Санкт-Петербург, 190068, Россия. Tellur North-East LLC. 8 Ul. Soyuza Pechatnikov, of. 17, St. Petersburg, 190068, Russia.

## Советские геологи на XX сессии Международного геологического конгресса (Мехико, 1956)

XX сессия Международного геологического конгресса в Мексике в 1956 г. — первая крупная международная встреча для советских геологов после Второй мировой войны и первый многочисленный выезд советских геологов за рубеж. Советская делегация из 58 человек участвовала в работе конгресса и экскурсиях. Очно представлено 37 докладов, а в трудах сессии опубликованы тезисы 142 докладов. Активное участие в работе Совета конгресса позволило провести ряд важных решений, в том числе о подготовке Тектонической и Металлогенической карт мира. Отечественные ученые вошли в состав большинства комиссий конгресса. Участие в мексиканской сессии МГК стало началом успешной интеграции советских геологов в мировое геологическое сообщество и явилось катализатором дальнейшего развития геологической науки.

*Ключевые слова:* Международный геологический конгресс, XX сессия МГК, Мехико, геологи.

L. R. KOLBANTSEV (TSNIGR Museum, VSEGEI)

## Soviet geologists at the 20th International Geological Congress (Mexico City, 1956)

The 20th International Geological Congress in Mexico in 1956 is the first major international meeting for Soviet geologists after World War II and the first travel abroad of a large delegation of Soviet geologists. The Soviet delegation of 58 people participated in the work of the Congress and excursions with 37 oral presentations and 142 abstracts published in the Congress Proceedings. Active participation in the work of the Congress Council made it possible to make a number of important decisions, including the preparation of Tectonic and Metallogenic maps of the world. Soviet scientists were included in the majority of the commissions of the Congress. Participation in the Mexican session of the IGC was the beginning of the successful integration of Soviet geologists into the world geological community and was a catalyst for further development of geoscience.

*Keywords:* International Geological Congress, 20th IGC, Mexico City, geologists.

*Для цитирования:* Колбанцев Л. Р. Советские геологи на XX сессии Международного геологического конгресса (Мехико, 1956) // Региональная геология и металлогения. — 2020. — № 83. — С. 101–114.

**Введение.** В сентябре 1956 г. в городе Мехико прошла XX сессия Международного геологического конгресса (МГК). Эта сессия стала особенной для советских геологов, поскольку была первой крупной международной встречей после XVII сессии 1937 г. в Москве. Из-за Второй мировой войны конгресс не собирался 11 лет. После войны состоялись две сессии: XVIII — в Лондоне, 1948 г. и XIX — в Алжире, 1953 г. В них участвовало только по 10 представителей СССР, причем пятеро из десяти были сотрудниками советского посольства.

После смерти И. В. Сталина в 1953 г. новое советское руководство во главе с Н. С. Хрущёвым признало и осудило культ личности и репрессии сталинского периода и стремилось ослабить режим жесткой диктатуры в стране. В то же время советское руководство приветствовало мексиканскую революцию 1911–1917 гг., курс мексиканского правительства на национализацию нефтяной и других отраслей промышленности и рассматривало Мексику как прогрессивную

страну, которая противостоит североамериканскому империализму. Такой политический и идеологический контекст сделал возможным участие в XX сессии МГК большой делегации советских геологов.

Таким образом, впервые после московской сессии 1937 г. появилась возможность широко и полноценно представить достижения советской геологии, которых за почти 20 лет напряженного и плодотворного труда накопилось немало, и непосредственно познакомиться с направлениями и результатами работ, новейшими методиками зарубежных коллег, завести очные знакомства, наладить контакты и т. д.

Уже в апреле 1955 г. Президиум Академии наук СССР создал Комитет из 16 человек для подготовки к XX сессии МГК. Позже к его работе подключилось и Министерство геологии и охраны недр СССР. Комитет провел 20 заседаний, на которых утверждались темы докладов, а также материалы для выставки: новые геологические и тектонические карты, книги, геологический

и стратиграфический словари [24]. Всего было рассмотрено 450 заявок на выступления, 155 из них отобрано для представления Оргкомитету МГК: 113 – на секционные заседания и 42 – в тематические симпозиумы. В итоговых документах XX сессии опубликованы тезисы 142 докладов советских исследователей, что составляет 17,5 % от всех опубликованных тезисов [2; 37].

Была также организована официальная делегация под руководством академика Д. И. Щербакова. В нее вошли 13 геологов и пятеро технических специалистов для обслуживания выставки. Делегация объединила представителей союзной и республиканских академий наук и научно-исследовательских институтов Министерства геологии и охраны недр СССР (табл. 1). Всего в мексиканской сессии участвовали 58 человек, большинство из них были выдающимися геологами.

В составе советской делегации преобладали московские геологи; были представлены союзные республики и крупнейшие центры геологической науки того времени – Ленинград и Свердловск (ныне Санкт-Петербург и Екатеринбург): академики АН СССР Д. И. Щербаков (глава делегации), А. Г. Бетехтин, А. П. Виноградов и Д. С. Коржинский, академики АН Азербайджанской ССР М. М. Алиев, Белорусской ССР К. И. Лукашѐв, Узбекской ССР Х. М. Абдуллаев, Украинской ССР Н. П. Семененко. От Министерства геологии и охраны недр СССР участвовали заместитель министра Н. А. Беляевский (ранее сотрудник ВСЕГЕИ, заместитель главы

делегации), директор ВСЕГЕИ Л. Я. Нестеров, В. В. Щербина (ВИМС, Москва) и А. А. Ямнов (Аэрогеология, Москва, позже – заведующий сектором геологии ЦК КПСС). От Министерства цветной металлургии – Б. М. Косов и нефтяной промышленности – А. Н. Мустафинов. Секретарем делегации назначен К. М. Обыден, переводчиками – Е. А. Бетехтина и М. В. Кремнев [2].

Участники, не вошедшие в официальную делегацию, направлялись в Мексику как научные туристы по путевкам единственного отечественного туроператора в то время – «Интурист». Таким образом, «по личной инициативе» на сессии присутствовали [3]: Н. Г. Беляевская, А. А. Богданов, И. О. Брод, Г. Б. Бокий, К. А. Власов, Е. М. Великовская, И. И. Горский, М. В. Кленова, З. Н. Коржинская, Г. Ф. Крашенинников, В. А. Магницкий, М. В. Муратов, Е. А. Радкевич, М. А. Фаворская, В. В. Федынский, В. Е. Хаин, Н. И. Хитаров и Е. Т. Шаталов – из Москвы; В. Д. Наливкин, С. П. Соловьѐв и С. В. Яковлева – Ленинграда; А. В. Сидоренко и К. П. Сидоренко – Апатитов; С. И. Иванов – Свердловска; Б. И. Пийп – Петропавловска-Камчатского; Я. Н. Белевцев и С. П. Родионов – Киева; О. С. Вялов и В. С. Соболев – Львова; А. С. Повареных – Кривого Рога; М. А. Кашкай и Ш. Ф. Мехтиев – Баку; К. Л. Бабаев – Ташкента; П. Д. Гамкрелидзе, Г. А. Гвахария, Г. М. Заридзе, Г. А. Твалчрелидзе – Тбилиси.

Выезд за границу в 50-х годах XX века был событием исключительным, тем более в такую далекую и экзотическую страну в Западном полушарии. Поэтому уже само путешествие произвело на геологов глубокое впечатление, о чем поведали в опубликованных отчетах Д. И. Щербаков, А. А. Богданов и О. С. Вялов [4; 9; 26; 27].

Официальная делегация направлялась в Мехико по маршруту: Хельсинки – Копенгаген – Стормфиорд (Южная Гренландия) – Виннипег (Канада) – Лос-Анджелес – Мехико. Руководитель делегации подробно описывает ландшафты, геологические структуры и горные породы, над которыми пролетал самолет: Баффинова Земля и Гудзонов залив, Великие равнины и национальный парк «Бэдлендс», Скалистые горы и Большое Соленое озеро – и даже указывает на «видимые под крылом» новые урановые рудники в штате Юта. Неожиданное препятствие в Лос-Анджелесе: виза выписана для посещения Нью-Йорка, а не Калифорнии. Несколько часов задержки, пока таможенные чиновники связываются с Вашингтоном... Зато встреча в Мексике «без всяких формальностей и таможенного досмотра» [26; 27].

Группа профессоров Московского университета двигалась другим путем. По сообщению А. А. Богданова, они летели по маршруту Москва – Прага – Париж – Ирландия – Нью-Йорк – Чикаго – Мехико. Этот путь сопровождался длительными остановками в Праге (3 дня), Париже (сутки) и Нью-Йорке (день), что позволило ученым познакомиться с Прагой

Таблица 1  
Состав советской делегации на XX сессии МГК  
[2; 32]

Организация	Делегаты	Прочие участники
Академия наук СССР, в том числе:		
Москва	4	8
Ленинград	—	2
Свердловск	—	1
Академии наук союзных республик:		
Азербайджанской	1	2
Белорусской	1	0
Грузинской	—	4
Узбекской	1	1
Украинской	1	4
Министерство геологии и охраны недр	5	5
Всесоюзное минералогическое общество		2
Московский государственный университет		10
Переводчики		2
Технические сотрудники	5	0
<b>Итого:</b>	<b>18</b>	<b>40</b>



**Рис. 1. Прием Президентом Мексиканской Республики делегатов МГК в Историческом музее.** Все фото, кроме рис. 6, из архива группы истории геологии Геологического института РАН (далее ГИГ)

и геологическим строением окрестностей города, в том числе осмотреть знаменитые разрезы баррандова палеозоя и договориться о более подробном знакомстве с геологией Чехословакии, которое и состоялось сразу после окончания мексиканской сессии МГК; увидеть Париж и побывать на кафедре геологии Парижского университета вместе с профессором этой кафедры Н. Н. Меншиковым; совершить трехчасовую экскурсию по Нью-Йорку в сопровождении сотрудников советского посольства [4; 9].

**XX сессия МГК** проходила с 3 по 11 сентября 1956 г. в Мехико. Это была вторая мексиканская сессия, первый раз Мехико принимал конгресс в 1906 г. По количеству участников сессия была многочисленней всех предыдущих, по официальным данным, было зарегистрировано 4039 человек из 113 стран мира, но очное участие в работе сессии приняли 2525 делегатов, представлявших 85 стран, в том числе США (1126 делегатов), Мексику (414), Францию (144), Канаду (109) и т. д. По воспоминаниям А. А. Богданова, «состав участников сессии был крайне пестрый. Наряду с относительно небольшим числом крупных ученых присутствовало множество лиц, интересующихся геологической наукой весьма умеренно. Многие, видимо, приехали для того, чтобы людей и Мексику посмотреть и себя показать. На заседаниях сессии и комиссий регулярно присутствовало человек 500–600, остальные же 2000 занимались, очевидно, своими делами» [4].

Официальное открытие состоялось 4 сентября 1956 г. в Национальной аудитории Мехико с участием президента Мексики Адольфо Руиса Кортинеса при большом стечении делегатов, представителей деловых, научных и общественных кругов мексиканской столицы, членов дипломатического корпуса и т. д. Президентом XX сессии МГК был избран геофизик Национальной нефтяной компании Антонио Гарсиа Рохас, генеральными секретарями — мексиканские геологи-нефтяники Эдуард Гузман и Хенардо

Гонзалес Рейна. Вице-президентами конгресса стали главы всех правительственных делегаций, а также семь старейших мексиканских геологов — участников X сессии, проходившей в Мексике 50 лет назад.

После окончания церемонии открытия президент Мексиканской Республики А. Р. Кортинес устроил прием для всех членов конгресса в здании Национального исторического музея (старинный замок Чапультепек, который когда-то был резиденцией испанских вице-королей и императора Максимилиана I, рис. 1).

Заседания конгресса происходили в одном из зданий Национального автономного университета, в 10 км от центра города. Здесь же развернулась и выставка новых геологических карт и книг. Одновременно заседали 16 научных секций: по вулканизму, нефтяной геологии, гидрогеологии засушливых районов, тектонике и осадконакоплению, палеонтологии и прикладной геологии, петрологии и минералогии, инженерной и рудничной геологии, геохимии и изотопии и др. Кроме того, на тематических симпозиумах обсуждались предварительно составленные и частично опубликованные сборники статей, посвященные отдельным актуальным проблемам: месторождениям нефти и газа, марганца; результатам геохимических исследований; меловой системе и корреляции меловых отложений. Наряду с этим работали 13 постоянных комиссий, обществ и ассоциаций, организованных конгрессом [2; 4; 9].

Всего было представлено 830 докладов. В отличие от предыдущих сессий, большое внимание уделялось вопросам геохимии и изотопной геологии, которым посвящалось около 140 докладов. Это было связано с интенсивным развитием геохимических методов и их широким использованием как для решения теоретических вопросов рудообразования, так и разработки новых путей поиска рудных месторождений [24; 28].

Советские геологи участвовали в работе большинства секций. Х. М. Абдуллаев,

Тематика научных секций XX сессии МГК и количество представленных докладов

Название секции	Количество докладов		
	всего принято	советских геологов	в том числе очно доложены *
Вулканология кайнозоя	42	4	1
Мезозой Западного полушария и его корреляция	15	0	—
Нефтяная геология	25	4	1 + 1
Гидрогеология засушливых районов	21	8	0
Связи между тектоникой и седиментацией	43	8	3
Современные представления о генезисе месторождений	60	22	5 + 1
Палеонтология, таксономия и эволюция	45	9	1
Изверженные породы, их генезис и связь с тектоникой	43	14	2
Прикладная геофизика	36	7	3
Микропалеонтология	33	8	0
Петрология и минералогия	33	7	2 + 1
Геохимия, геохимические методы, изотопная геология	48	11	3
Генезис древних и современных рифов	14	3	1
Инженерная и рудничная геология	38	4	0
Геология морских и прибрежных районов	28	4	1 + 1
Различные вопросы общей геологии	73	10	3 + 4
<b>Симпозиумы</b>			
Месторождения нефти и газа	46	Нет	—
Месторождения марганца	61	6	2
Палеогеография и нижняя граница кембрийской системы	49	?	?
Меловая система и ее корреляционные схемы	78	8	0
Геохимические исследования	62	5	1
<b>Всего:</b>	<b>935</b>	<b>142</b>	<b>29 + 8</b>

\* Приплюсованы выступления, тезисы которых не опубликованы в [31; 37].

Н. А. Беляевский, Д. С. Коржинский, А. Н. Мустафинов, В. Д. Наливкин и Д. И. Щербаков председательствовали на нескольких заседаниях. Активность геологов СССР демонстрируют данные из табл. 2, где показаны тематическое многообразие, распределение по секциям опубликованных тезисов и очно представленных докладов. Однако цифры, собранные в этой таблице на основе официального издания тезисов и воспоминаний участников, не вполне точны, поскольку не все тезисы выступлений были опубликованы [37]. С другой стороны, по сообщению О. С. Вялова, на заседаниях нередко звучали дополнительные выступления, не значившиеся в программе [9].

Всего советские геологи очно представили 37 докладов на 12 из 15 секций и на двух из пяти симпозиумов. Кроме научных заседаний советские геологи активно и весьма плодотворно участвовали в работе Совета конгресса и его постоянных комиссий (особенно в области геологической картографии и внутреннего строения Земли), а также выставки, где были представлены современные геологические книги, словари и новейшие геологические карты территории СССР и его частей.

**Работа Совета конгресса и международных комиссий.** На заседаниях Совета конгресса рассматривались общие проблемные вопросы и анализировались доклады различных международных комиссий: об уставе геологического конгресса, о геологической карте мира и другие проблемы геологической науки (абсолютный возраст Земли, стратиграфия, тектоника, петрология, металлогения, генезис нефти и т. д.). Обсуждались предложения национальных делегаций по изменениям и уточнениям к программе будущих сессий, определялись новые направления исследований. Многие решения Совета конгресса остаются актуальными и в настоящее время.

По предложению советской делегации, принято решение о включении в программу следующей сессии вопросов об осадочных и вулканогенных формациях; о тектонических структурах и их происхождении; о теоретической базе металлогении; о методах поисков полезных ископаемых; о геологии и запасах залежей угля; о тектонике континентов и др. [2; 4].

Наиболее важным стало предложение советской делегации об организации работ по созданию

Тектонической и Металлогенической карт мира. Совет конгресса решил создать в Комиссии по геологической карте мира две специальные подкомиссии: соответственно по тектонической и металлогенической картам. На Комиссию по геологической карте мира конгресс возложил обязанности по систематизации палеогеографических данных. Важность учреждения этих двух подкомиссий для развития в СССР региональных тектонических и металлогенических обобщений отметил Е. Т. Шаталов [23]. Комиссия по геологической карте мира и ее подкомиссии успешно и плодотворно действуют и сегодня при постоянном активном участии геологов нашей страны [10; 13].

Были приняты предложения и других национальных делегаций, в том числе:

- об организации на предстоящей сессии МГК специальных секций по геологии атомного сырья (предложение Мексики), вопросам классификации залежей полезных ископаемых и геологии офиолитов (оба предложения Франции), прикладной геологии (предложение Франции и СССР). Для симпозиумов были рекомендованы темы о происхождении нефти, геологии и мировых ресурсах угля, тектонике континентов, абсолютной геохронологической шкале и методах ее составления;

- об образовании Международной ассоциации гидрогеологов, Комиссии по геологической терминологии на испанском языке, а также Комиссии по изучению засушливых и полузасушливых районов мира;

- по представлению делегатов Чехословакии и Румынии, решено возобновить деятельность Карпатской ассоциации геологов, которая в дальнейшем должна заниматься изучением не только Карпат, но и Балкан, вследствие чего она впредь должна именоваться Балкано-Карпатской ассоциацией. Членами ассоциации могут быть страны, на территории которых проходят Карпатская и Балканская горные цепи.

Карпатская ассоциация создана в 1922 г. по постановлению XIII сессии МГК, ее первый съезд состоялся в 1925 г. во Львове и Бориславе, второй – в Бухаресте, 1927 г. и третий – в Праге, 1931 г. Заседания сопровождались большими экскурсиями в Карпаты. К каждому съезду публиковались общие геологические очерки и геологические путеводители экскурсий. Это требовало значительной подготовки, суммирования и обобщения материалов, поэтому каждый съезд являлся важным событием в жизни геологов проводящей страны. После 1931 г. деятельность ассоциации замерла, но в послевоенные годы обнаружилась желательность возобновления ее работы. Очередной (четвертый) съезд было намечено провести в 1958 г. в СССР во Львове или Киеве.

Совет конгресса рассматривал также вопросы обновления и усиления состава международных организаций. Активная позиция советской делегации способствовала включению отечественных геологов в комиссии конгресса, в том числе:

- в Комиссию по геологической карте мира – Н. А. Беляевский;

- в Подкомиссию по тектонической карте мира – Н. С. Шатский (председатель) и А. А. Богданов (секретарь);

- в Комиссию по изучению земной коры – В. М. Магницкий и В. Е. Хаин;

- в Комиссию по метеоритам – А. П. Виноградов, А. Г. Бетехтин, В. Г. Фесенков, Д. С. Коржинский, Е. Л. Кринов, Е. А. Бурксер;

- в Стратиграфическую комиссию – Б. К. Лихарев и Н. К. Овечкин;

- в Комиссию по изучению пустынных и полупустынных районов – В. Л. Кунин и А. Л. Сидоренко;

- в Комитет по изучению глин – И. И. Гинзбург и Ф. В. Чухров;

- в Международную ассоциацию гидрогеологов – Г. В. Богомоллов;

- в Международный палеонтологический союз – И. И. Горский.

Одна из самых продуктивных форм деятельности МГК происходит через международные тематические комиссии и ассоциации, образованные и сформированные конгрессом. Комиссии проводят работы указанной проблематики между сессиями и отчитываются перед конгрессом. Предметом обсуждения комиссий становятся наиболее актуальные в данный момент научные направления.

В период XX сессии МГК наибольшей активностью отмечена деятельность следующих постоянных комиссий конгресса, объединений и обществ [2]:

*Ассоциация геологических учреждений Африки и Комиссия по международной геологической карте Африки* – основное внимание уделяла вопросам геохронологии докембрия и изучению структуры Африканского континента;

*Стратиграфическая комиссия с подкомиссиями по стратиграфическому словарю и стратиграфической терминологии* – рассмотрела вопросы разработки принципов стратиграфических подразделений и стратиграфической терминологии. Ко времени открытия сессии издано 20 стратиграфических словарей по отдельным странам и 17 находятся в разных стадиях подготовки. Советская делегация представила Стратиграфический словарь СССР и передала в Комиссию его экземпляр;

*Комиссия по международной геологической карте мира* – заслушала сообщения вице-президентов о ходе работ по составлению карты в Европе, Азии, Африке, Австралии и Океании, а также в Северной и Южной Америке и решила провести очередное заседание в 1958 г. в Париже для активизации своей работы;

*Комиссия по составлению геологической карты Европы* – рассмотрела состояние подготовки полистной геологической карты Европы в м-бе 1 : 1 500 000 (к XX сессии МГК составлено 12 листов этой карты). По мнению Е. Т. Шаталова, вся работа по карте сосредоточена в Ганновере

и ориентирована исключительно на составление нескольких листов Юго-Западной Европы. Никакой работы по восточной части карты практически не проводится. В целях устранения такого ненормального положения, а также для расширения работы и составления геологической карты всей Европы принято решение о созыве совещания геологов заинтересованных стран в Стокгольме в 1957 г. [23];

*Комиссия по изучению земной коры* — доложила Совету конгресса о проводимых ею работах по упорядочению геологической терминологии и внесла предложение начать коллективную международную работу по составлению обобщающего труда типа «Лица Земли» Э. Зюсса (составление геологических сводок по всем странам мира);

*Комиссия по присуждению премии имени Л. Спендиарова* — под председательством главы советской делегации академика Д. И. Щербакова вынесла решение о ее присуждении мексиканскому профессору Национального университета президенту Мексиканского геологического общества Мануэлу Альваресу за его плодотворные геологические исследования ряда районов Мексики.

Премия имени безвременно погибшего молодого русского геолога Леонида Спендиарова была учреждена в 1897 г. на петербургской сессии МГК и традиционно присуждалась за выдающиеся работы в области геологии на всех сессиях МГК одному из геологов страны-организатора [15; 21; 35]. Свидетельство о присуждении премии Л. Спендиарова приведено в статье М. Масадиего и О. Пуше, посвященной мексиканской сессии МГК [36];

*Международный комитет по изучению глин* — заслушал несколько научных сообщений, в том числе доклад С. Кайе о синтезе глинистых минералов железа и краткий обзор состояния работ по изучению глин в СССР. Французская делегация представила проект детальной классификации глинистых минералов, основанной в первую очередь на структурных признаках. С критикой проекта выступил В. С. Соболев, по мнению которого следует с осторожностью подходить к выделению еще недостаточно доказанных структурных групп слоистых и ленточных силикатов, в частности волокнистые разновидности могут оказаться слоистыми, как хризотил или палыгорскит [19];

*Международный палеонтологический союз* — наметил направления будущих работ по созданию крупных монографий межконтинентального охвата, палеонтологического словаря, расширенного издания основ палеонтологии и др.;

*Комиссия по метеоритам* — рассмотрела вопрос о расширении ее состава, приняла предложения советского ученого Е. Д. Кринова об организации бюро срочных сообщений о падениях метеоритов, проведении учета научных центров, занимающихся изучением метеоритов, и создании каталога метеоритов.

### **Выставка геологических карт и литературы.**

На выставке демонстрировались достижения национальных геологических служб 27 стран в области геологической картографии, новейшая геологическая литература, а также была представлена современная геофизическая аппаратура.

Советский Союз экспонировал геологические карты СССР м-ба 1 : 5 000 000 и 1 : 2 500 000, Тектоническую карту СССР в м-бе 1 : 5 000 000, атлас палеогеографических карт европейской части СССР, карту Сибирской платформы м-ба 1 : 1 500 000, только что выпущенную карту Кавказа м-ба 1 : 500 000 и ряд тектонических карт. Было также продемонстрировано свыше 200 книг по разным отраслям геологических знаний, в том числе Геологический и Стратиграфический словари, вышедшие из печати в 1955 и 1956 гг.

Напомним, что очное знакомство с литературой и картами было единственным способом получения информации в то время, когда не было не только Интернета, но даже и единой телевизионной сети. Поэтому приобщение к иностранной литературе было чрезвычайно важным аспектом научной работы, свидетельством чего, в частности, явилась специальная встреча делегаций СССР и США, организованная по инициативе американских геологов и посвященная вопросам обмена научной литературой. Все советские экспонаты, представленные на выставке, были переданы в дар Геологическому институту университета в Мехико [2].

Итоговые впечатления от работы сессии, комиссий и обзор выставки геологических карт сформулировал Е. Т. Шаталов, участник конгресса в качестве заместителя министра геологии СССР, позже ставший директором ВСЕГЕИ [23]:

1. Подавляющее большинство стран Европы: Франция, Англия, Испания, Норвегия, Чехословакия, Польша — производит детальное картирование с изданием соответствующих карт в масштабе порядка 1 : 50 000, а иногда и более крупном. Полистное картирование и издание карт производят и многие страны Африки: Родезия, Мадагаскар, Танганьика и др., а также Австралия.

Подъем в последние годы геологического картирования в СССР дал пока положительные результаты только в издании ряда сводных карт страны и отдельных районов. Необходимого резкого усиления составления и издания полистных геологических карт м-ба 1 : 200 000 еще не достигнуто. Вместе с тем для нужд горной промышленности требуются уже детальные геологические карты в м-бе 1 : 50 000 и более крупном, и в ряде старых и лучше изученных горнорудных районов (Урал, Алтай, Кавказ и др.) их можно и должно издавать; к этой работе практически еще не приступили.

В связи с этим следует напомнить, что на происходивших в Праге и Варшаве совещаниях геологов стран народной демократии и СССР было решено на предстоящей в 1957 г. очередной встрече рассмотреть геологические карты м-ба 1 : 200 000, составляемые по новым, принятым на

этих совещаниях, требованиям, а также основные методические вопросы по подготовке к изданию полистных геологических карт м-ба 1 : 50 000.

2. Обращает внимание интенсивность и детальность геологического изучения Африки, в том числе и центральных ее частей; кроме издания новой геологической карты Африки это подтверждается и подготовленным макетом ее тектонической карты, а также и систематическими детальными геологическими съемками территории ряда африканских стран.

Аналогичная работа в Азии не проводится. Составляемая Экономической комиссией Азии и Дальнего Востока (ЭКАДВ) карта носит, во-первых, локальный характер, охватывая только юго-восточную часть Азии, а во-вторых, составляется без привлечения геологов Китайской Народной Республики. Представляется целесообразным организовать составление и издание геологической карты Азии (а лучше Евразии) в Советском Союзе силами коллективов заинтересованных организаций (ВСЕГЕИ, ГИН АН СССР, МГУ и других высших учебных заведений), конечно, в тесном контакте с геологами КНР, Индии и других азиатских стран. Следует отметить, что учебная геологическая карта Евразии м-ба 1 : 6 000 000, составленная под руководством академика Н. С. Шатского, вызвала чрезвычайный интерес на выставке в Мехико.

3. Ряд методических сторон геологического картирования зарубежных стран следует изучить более пристально для возможного использования их в нашей практике. В первую очередь — методы детального картирования дайковых и метаморфических пород, а также целесообразность выделения самостоятельных легенд для отдельных районов карт, введения «технической легенды», составления геофизических карт совместно с геологическими и издания их на отдельных восковках с соответствующим полиграфическим оформлением и другие вопросы.

Очевидно, надо решительно перейти на составление и быстрое издание полистных геологических карт м-бов 1 : 200 000 и 1 : 50 000, листы которых были бы увязаны по состоянию наших знаний на год издания и в дальнейшем по мере углубления этих знаний и детализации исследований переиздавались через 3—5 лет.

4. Следует внести предложение об обязательности выставки геологических карт для всех сессий конгресса и стран его участников, которым необходимо будет представить также и доклады, отражающие методику и состояние геологического картирования.

**Культурная программа.** Кроме собственно научной организаторы предложили участникам большую программу сопутствующих мероприятий от торжественных официальных приемов (в их числе была церемония возложения венков к памятнику героям борьбы за независимость Мексики 5 сентября и большой прием в советском посольстве, рис. 2, 3) до приглашений на вечер фольклора,

балет и даже бой быков. В кинозале здания университета демонстрировались документальные фильмы о геологии. Особенно большое впечатление произвели снятые с замечательным мастерством цветные фильмы — о подводной геологической съемке, об извержениях гавайских вулканов Мауна-Лоа и Килауэа и о рождении и развитии мексиканского вулкана Парикутин. Фильмы снимались в основном ночью, поэтому «огненно-жидкое состояние магмы, появление затвердевшей корки, образование брекчии и все другие процессы зритель мог отчетливо наблюдать, что имело важное значение для понимания магматических процессов, которые очень трудно наглядно передать путем описания или рассказа» [1; 9].

Во время сессии и перед ней устраивались короткие экскурсии в окрестности Мехико. Очень интересной была поездка на развалины старинного центра ацтекской культуры Теотиуакан (в 50 км от Мехико) с его пирамидами Луны и Солнца, дорогой мертвых, храмом бога дождя Тлалок, храмом бога Куэтцальсоатль — змея с головой, покрытой перьями, и др. Развитие этой культуры относится к периоду между IV и X вв. нашей эры. В качестве строительного материала употреблялся пористый базальт, часто украшенный хорошо сохранившейся резьбой [9].

В перерывах между заседаниями происходило много официальных и неофициальных встреч геологов разных стран, на которых обсуждались вопросы настоящего и будущего геологии, намечались направления развития науки, возможности сотрудничества и обмена информацией (рис. 4). Так, американские геохимики Е. Ингерсон, Т. С. Лёверинг (США), Г. В. Уоррен (Канада), Р. Молина (Мексика) и др. пригласили своих коллег А. П. Виноградова, Д. С. Коржинского, К. А. Власова, В. В. Щербину и Н. И. Хитарова на завтрак для обсуждения перспектив научной геохимической тематики, вопросов рудной и изотопной геохимии, биогеохимических методов поисков и т. д. [24].

**Полевые геологические экскурсии.** Организаторы сессии разработали и подготовили более 20 полевых геологических экскурсий для знакомства делегатов с различными аспектами геологии Мексики и ее горнодобывающей отраслью. В экскурсиях участвовало 50—60 человек, а в одной из них — около 150 человек. Экскурсантам вручили геологическую карту Мексики м-ба 1 : 200 000 и детальное описание маршрутов, составленное на испанском, английском и французском языках [30; 33; 34]. По отзывам участников, маршруты экскурсий были хорошо продуманы, транспортные условия, питание и ночлег организованы прекрасно [1; 19].

Советские геологи приняли участие в нескольких полевых экскурсиях до и после сессии: А-2 — по рудным полиметаллическим месторождениям Северной и Центральной Мексики; А-9 — широтное пересечение страны вкост простирания основных структур через Вулканическую Сьерру



Рис. 2. Делегация СССР возлагает венок к памятнику освобождения. Слева направо: Н. А. Беляевский, Л. Я. Нестеров, президент XX сессии МГК Антонио Гарсия Рохас

Рис. 3. На приеме в Посольстве СССР в Мексике. 9 сент. 1956 г. Слева направо: А. А. Богданов, В. Е. Хаин, Д. И. Щербаков, доктор Р. У. Фейрбридж с женой (США)



Рис. 4. В кафе в перерыве между заседаниями: У. Д. Жонстен из США (спиной), Г. П. Салас (директор Мексиканского геологического института), А. А. Богданов, М. В. Муратов



Рис. 5. Во время нефтяной экскурсии у пирамид Майя. Слева направо: В. Д. Наливкин, Ш. Ф. Мехтиев, И. О. Брод, А. А. Богданов, В. В. Федынский и местные дамы с зонтиками

и Кордильеры, от города Веракрус через Мехико к Акапулько; и в двух экскурсиях, посвященных геологии и разработке нефтяных месторождений, вдоль побережья Мексиканского залива и на полуостров Юкатан (А-10 и С-12).

До начала сессии была проведена 14-дневная экскурсия А-2 по рудным районам Северной Мексики, протяженностью более 2100 км, от пограничного с США города Сьюдад-Хуарес до Мехико, по Центральному нагорью Мексики, с постепенным набором высоты с севера на юг от 600 до 2000–2500 м над уровнем моря. В экскурсии приняли участие около 150 геологов, в том числе 23 представителя СССР. Подробные описания самого путешествия, геологических особенностей местности и рудных месторождений оставили Г. Б. Бокий и Е. Т. Шаталов, С. П. Родионов и Я. М. Белевцев, С. П. Соловьёв, Д. И. Щербаков [5; 14; 20; 24; 25]. Участники осмотрели главные полиметаллические месторождения и рудные районы Мексики – Санта-Эвлалия, Найка (штат Чиуауа), Парраль, Серро-де-Меркадо, Сан-Мартен (в районе Сомбререто), Фреснильо, Сакатекас и Гуанохуато (всего 12 полиметаллических и золото-серебряных и одно железорудное месторождение), познакомились с их геологической позицией, а также с характером поисково-разведочных и эксплуатационных работ на полиметаллические руды. Эти месторождения обеспечивали Мексике третье место в мире (без СССР) по добыче свинца и второе по добыче серебра. Вместе с тем недавно открытые урановые месторождения показаны не были, что вызвало сожаление советских геологов-уранщиков [5; 24]. В конце экскурсии участники посетили нефтеперегонные заводы Саламанки – гордость мексиканской промышленности.

Две экскурсии были посвящены знакомству с восточной частью Мексики и с зоной нефтяных месторождений побережья Мексиканского залива. В них принимали участие специалисты по геологии и геофизике нефти и газа и по разработке нефтегазовых месторождений. Экскурсия А-10 направлялась к востоку и северо-востоку

от Мехико, в район нефтяных месторождений Тампико, Тукспан, Поса-Рико. Кроме знакомства с геологией региона экскурсанты осмотрели выставку, где демонстрировались макеты, отражающие структурные особенности месторождений нефти и газа. Участвовали: А. А. Богданов, И. О. Брод, Ш. Ф. Мехтиев, В. Д. Наливкин, В. В. Федынский, причем В. В. Федынский посетил каротажную службу в Поса-Рика, познакомился с организацией и методами работ по исследованию скважин, присутствовал при производстве электрометрических измерений на одной из скважин [4; 6; 7; 12].

Вторая нефтяная экскурсия (С-12) двигалась к юго-востоку от Мехико через Техуакан, Вера-Крус, перешеек Теуантепек на полуостров Юкатан до городов Кампече и Мерида. Из-за обилия участников были организованы две группы. Экскурсантам демонстрировались разрезы олигоцен-миоценовых отложений прибрежной равнины Мексиканского залива, в пределах которой расположены крупнейшие нефтяные и серные месторождения. Непосредственно в полевой обстановке они познакомились с методикой геофизических поисков на нефть, разведки перспективных нефтеносных площадей, с организацией поисково-разведочного дела и отчетности партий, а также с техникой бурения. Кроме того, экскурсия посетила знаменитые памятники культуры народов майя и толтеков – руины Паленке и Чичен-Ица (рис. 5). Описание путешествий, характеристика геологии месторождений, методик поисков и добычи нефти и газа приводятся в статьях И. О. Брода и А. Н. Мустафинова, О. С. Вялова, Д. И. Щербакова [7; 9; 25].

Еще один небольшой маршрут, около 400 км (А-9), проходил от города Мехико в южном направлении к побережью Тихого океана (бухта Акапулько) через хребты Вулканическая и Южная Сьерра-Мадре и бассейн р. Бальсас (рис. 6).

Экскурсия была организована для ознакомления с тремя важнейшими структурными зонами Центральной Мексики: Вулканической Сьеррой, сформированной неоген-антропогенными



Рис. 6. На берегу Тихого океана. Слева направо: Е. Т. Шаталов, неизвестный, А. С. Поваренных, Е. А. Радкевич (?), С. П. Соловьёв. Фото из архива Н. С. Соловьёва

вулканогенными образованиями и богатой примерами современной вулканической активности (вулканы Попокатепетль и Истаксиуатль, а также «мини-вулкан» Парикутин, начавший извергаться в 1943 г. и за 10 лет образовавший конус высотой 400 м); бассейном (синклиноморией) Бальсас, сложенным юрско-меловыми морскими осадками и вулканогенно-обломочной континентальной молассой верхнего эоцена – олигоцена; и Южной Сьерра-Мадре – позднегерцинским поднятием, представленным метаморфическими породами, прорванными средне-меловыми гранитоидами. В экскурсии участвовали 49 человек, в том числе 16 советских геологов. Подробные описания оставили В. С. Соболев и С. П. Соловьёв, а Е. М. Великовская и В. Е. Хаин посвятили ей специальную статью [8; 9; 25].

Несмотря на большую сложность проведения (длительность и дальность многих поездок, разнообразие транспортных средств, большое число участников поездок, превышавшее иногда 100 человек, разнообразие природных условий и т. д.), все экскурсии были очень хорошо проведены оргкомитетом конгресса. Каждая возглавлялась весьма квалифицированными специалистами (геологи, археологи, географы). Все экскурсанты были снабжены путеводителями, отпечатанными на одном из трех языков (испанский, английский, французский). Осматриваемые обнажения были тщательно подготовлены для обозрения (надписи на пластах и т. д.). Весьма солидно была обставлена и этнографическая часть (народные праздники, танцы, музыка и т. д.).

Прекрасная организация поездок, внимательное и дружелюбное отношение мексиканских геологов, их старания сделать конгресс интересным и полезным для науки отмечаются многими участниками [4; 5; 9; 19; 20].

**Впечатления от участия в XX сессии МГК.** О сильном впечатлении (рис. 7), которое произвело на советских геологов участие в сессии

и экскурсиях, знакомства, общение с коллегами, могут свидетельствовать многочисленные отчеты, изданные в советских научных и популярных журналах. Двадцать два участника сессии опубликовали 26 статей, в которых описаны различные аспекты прошедшей сессии, выставки и экскурсий обычно в соответствии с научными интересами или административным положением автора.

Общий ход и статистика сессии, перечисление, обзор и анализ тем для обсуждения, прозвучавших (или только опубликованных) докладов в целом, краткое изложение экскурсий рассмотрены в работах К. Л. Бабаева, Н. А. Беляевского, О. С. Вялова, К. И. Лукашева, С. П. Родионова и Я. М. Белевцева, Д. И. Щербакова [1; 2; 9; 11; 14; 24; 25].

Многие участники охарактеризовали геологические экскурсии, особенно подробно – самую многочисленную – по рудным месторождениям (А-2): Г. Б. Бокий и Е. Т. Шаталов, С. П. Родионов и Я. М. Белевцев, С. П. Соловьёв, Д. И. Щербаков [5; 14; 20; 24; 25; 27]. Экскурсии А-9 от Мехико до Акапулько посвятили статью Е. М. Великовская и В. Е. Хаин, подробно описав геологию по маршруту, а также В. С. Соболев [8; 19]. А увлекательное путешествие на конгресс через половину земного шара – А. А. Богданов, О. С. Вялов, Д. И. Щербаков [4; 9; 26; 27].

В ряде публикаций рассматриваются более конкретные вопросы. Н. А. Беляевский сделал анализ докладов советских геологов и современных достижений мировой геологической науки [2]; А. А. Богданов описал участие в сессии и экскурсиях сотрудников МГУ, а также осветил работу комиссий и Совета конгресса [4]; И. О. Брод и М. Н. Мустафинов рассмотрели вопросы, связанные с нефтяной геологией: провели анализ докладов, охарактеризовали нефтяные экскурсии А-10 и С-12 и состояние и проблемы нефтяной промышленности Мексики [6; 7]; Н. П. Семененко осветил участие



Рис. 7. Перед вылетом в аэропорту Мехико. Слева направо: Б. И. Пийп, В. С. Соболев, А. С. Поваренных (из-за плеча), Г. В. Бокий, В. Е. Хаин, С. П. Родионов (позади), сопровождающий сотрудник советского посольства

в сессии украинских ученых (Я. М. Белевцева, О. С. Вялова, С. П. Родионова, В. С. Соболева) и вопросы, связанные с возобновлением деятельности Карпато-Балканской ассоциации, а также с геохронологией докембрия Африки [16–18]; В. А. Магницкий и В. В. Федынский сделали обзор выступлений по геофизическим вопросам, а также рассказали о знакомстве с геофизическими работами мексиканских геологов-нефтяников [12]; В. Е. Хаин посвятил статью вопросам тектоники, рассмотренным на конгрессе [22]; проблемы петрологии, минералогии и геохимии изложены в статьях В. С. Соболева, С. П. Соловьёва, Д. И. Щербакова и В. В. Щербины [19; 20; 24; 28]; работа С. В. Яковлевой посвящена вопросам геологии четвертичного периода [29]. Наконец, Е. Т. Шаталов, будущий директор ВСЕГЕИ, сделал подробный обзор и анализ картографической продукции, представленных на выставке карт и литературы, а также описал работу Комиссии по геологической карте мира [23].

**На обратном пути.** «Приключения» советских геологов не исчерпываются территорией Мексики. Как упомянуто в начале очерка, по пути на сессию, при посещении Праги, советские геологи получили приглашение от Комитета по делам геологии Чехословакии побывать в их стране на обратном пути. Это и было исполнено непосредственно после окончания XX сессии МГК. В группу вошли 13 советских специалистов по разным отраслям геологии – стратиграфии, тектонике, вулканизму, метаморфизму, рудным месторождениям, геологии угля и т. д.: К. Л. Бабаев, А. А. Богданов, П. Д. Гамкрелидзе, И. И. Горский, Г. М. Заридзе, Г. Ф. Крашенинников, М. В. Муратов, В. Д. Наливкин, Б. И. Пийп, Е. А. Радкевич, В. С. Соболев, В. Е. Хаин и Е. Т. Шаталов (рис. 8). Цель визита – ознакомление с важнейшими чертами геологии Чехословакии, установление личных контактов между чехословацкими и советскими геологами и обсуждение некоторых специальных вопросов геологии Карпат, бывших в те годы предметом дискуссии среди геологов обеих стран. Программа визита включала два раздела: а) поездки по стране, знакомство со специалистами по геологии различных районов и б) по окончании экскурсии обсуждения некоторых вопросов геологии.

Экскурсия продолжалась восемь дней в сопровождении чехословацких геологов В. Зоубека, М. Машки, Ф. Мрня. На отдельных этапах участвовали специалисты по геологии соответствующих районов: А. Матейка (Карпаты), М. Магел и Ян Быстрицкы (мезозой Центральных Карпат), О. Фузан и М. Машка (Словацкие Рудные горы), И. Свобода (Железные горы, Моравский кульд и девон), М. Шнейдер и Вл. Гавличек (баррандов палеозой), Ян Петранек (угленосные площади Моравской Остравы), Карел Жебера (четвертичные отложения Предкарпатья), В. А. Чехович и М. Кутан (эффузивы Закарпатья), А. Вахтл (каолиновые месторождения) и ряд других видных геологов. В начале каждого этапа руководитель делал обстоятельный доклад об особенностях строения подлежащей осмотру территории,



Рис. 8. Экскурсия в ЧССР: М. Машка (Чехословакия), И. И. Горский (в шляпе), Е. Т. Шаталов, М. В. Муратов, В. Е. Хаин, А. А. Богданов

продолжая и развивая его во время осмотра разрезов и обнажений.

В ходе поездок экскурсанты пересекли практически всю Чехословакию с запада на восток, осмотрели и обсудили разрезы раннепалеозойских отложений Пражского синклинория и древние комплексы его обрамления, палеозойские гранитоиды и триасовые щелочные вулканические породы района Карловых Вар, докембрийские метаморфические образования кутногорского комплекса, мезозойские отложения Верхнесилезского каменноугольного бассейна в пределах Чехии, а также флишевые толщи Магурской зоны, карбонатные образования Пьенинской зоны Западных Карпат, кристаллические породы зон Татрид и Вепорид, палеоген Муранского плато и метаморфизованный палеозой Рудных гор на территории Словакии.

Параллельно с основной группой экскурсантов часть геологов знакомилась с более специфическими объектами, близкими им по их специализации. Так В. С. Соболев и Б. И. Пийп в сопровождении доктора В. А. Чеховича в течение трех дней знакомилась с молодыми вулканическими породами Восточной Словакии, а Е. А. Радкевич и Г. М. Заридзе посетили древнейший серебро-свинцово-цинковый рудник Пршибрам.

Особый интерес и бурную дискуссию вызвали разногласия советских и чехословацких геологов в вопросе о значении и размерах (амплитудах) тектонических покровов в строении Западных Карпат. Дискуссия продолжалась на сессии докладов в Карловом университете, посвященной обсуждению результатов поездки. Свою точку зрения на строение и историю развития Карпат высказали Р. Кеттнер, В. Зоубек, М. Магел, А. Матейка, М. Машка (Чехословакия), А. А. Богданов, П. Д. Гамкрелидзе, И. И. Горский, Г. М. Заридзе, М. В. Муратов, В. Е. Хаин. Итогом дискуссии стало некоторое сближение взглядов: признано, что покровы в Карпатах существуют, но имеют лишь ограниченное распространение и амплитуду перемещения, действительный масштаб этих явлений подлежит дальнейшему уточнению.

Очное знакомство геологов, совместные полевые наблюдения и обсуждение увиденного принесли большую пользу для развития геологической мысли как советских, так и чехословацких ученых. Откровенный обмен мнениями по различным научным вопросам, искреннее желание показать все, что возможно за такой короткий срок, исчерпывающая информация о всех научных новостях, обмен научной литературой, установление дальнейших дружеских связей — вот реальные результаты поездки [3].

**Заключение.** Результаты участия большой группы советских геологов в мексиканской сессии МГК можно суммировать следующим образом:

Уровень советской геологии продемонстрирован мировому геологическому сообществу,

показаны достижения последних двух десятилетий и то, что в условиях железного занавеса этот уровень не сильно отличается от общемирового.

Крупнейшие советские геологи (в том числе А. Г. Бетехтин, Г. Б. Бокий, И. О. Брод, О. С. Вялов, И. И. Горский, Д. С. Коржинский, Е. А. Радкевич, В. С. Соболев и др.) смогли сопоставить направления и результаты своих исследований с мировыми и скоординировать свои работы с наиболее актуальными на тот момент направлениями геологической науки.

Установлены наиболее перспективные направления развития современной геологии и определены методы и пути достижения мирового уровня, в частности это касается приоритета крупномасштабного геологического картирования, чему посвящен обзор Е. Т. Шаталова [23].

Успешное участие в мексиканской сессии стало началом интеграции советских геологов в мировое геологическое сообщество, что явилось катализатором дальнейшего развития геологической науки как в Советском Союзе, так и за рубежом.

Автор глубоко признателен сотрудникам группы истории геологии Геологического института РАН И. Г. Малаховой и И. П. Второву, а также Н. С. Соловьёву (ВСЕГЕИ) за поиск и предоставление фотоматериалов, без которых этот очерк был бы неполноценным.

1. Бабаев К. Л. XX сессия Международного геологического конгресса (Информационное сообщение) // Известия АН УзССР. Сер. геол. — 1957. — № 1. — С. 89–93.

2. Беляевский Н. А. XX сессия Международного геологического конгресса (Мексика. 1956 г.) // Сов. геология. — 1957. — Сб. 57. — С. 4–21.

3. Богданов А. А., Гамкрелидзе П. Д., Горский И. И. и др. В гостях у геологов Чехословакии // Вестник Московского университета. — 1957. — № 2. — С. 3–27.

4. Богданов А. А. О XX сессии Международного геологического конгресса в Мексике // Вестник Московского университета. Сер. биологии, почвоведения, геологии, географии. — 1957. — № 1. — С. 3–16.

5. Бокий Г. Б., Шаталов Е. Т. Геологическая экскурсия по серебро-свинцовым месторождениям Мексики // Вестник Московского университета. Сер. биологии, почвоведения, геологии, географии. — 1957. — № 1. — С. 47–55.

6. Брод И. О. Нефть на XX сессии Международного геологического конгресса // Вестник Московского университета. Сер. биологии, почвоведения, геологии, географии. — 1957. — № 1. — С. 17–24.

7. Брод И. О., Мустафинов М. Н. XX сессия Международного геологического конгресса. (г. Мехико. Сент. 1956 г.) // Геология нефти. — 1957. — № 1. — С. 56–64.

8. Великовская Е. М., Хаин В. Е. Экскурсия Мехико — Акапулько // Вестник Московского университета. Серия биологии, почвоведения, геологии, географии. — 1957. — № 1. — С. 57–68.

9. Вялов О. С. Поездка на Международный геологический конгресс в Мексику // Геол. сборник (Львовское геол. об-во). — 1957. — № 4. — С. 355–360.

10. Жамойда А. И. Четверть века в Комиссии по Геологической карте Мира: записки вице-президента = The quarter of the century in the Commission for the Geological

map of the World: the notes of the vice-president. — Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. — 183 с.

11. Лукашев К. И. На XX сессии Международного геологического конгресса в Мексике. (Сент. 1956 г.) // Учен. записки (Белорус. ун-т). — 1958. — Вып. 43.

12. Магницкий В. А., Федынский В. В. Вопросы геофизики на XX сессии Международного геологического конгресса в Мексике // Вестник Московского университета. Серия биологии, почвоведения, геологии, географии. — 1957. — № 1. — С. 25–34.

13. Петров О. В., Шокальский С. П., Поспелов И. И. и др. 60 лет участия России в Комиссии по геологической карте мира — ГКМ (CGMW) // Региональная геология и металлогения. — 2016. — № 65. — С. 6–15.

14. Родионов С. П., Белевцев Я. М. XX сесія Міжнародного геологічного конгресу // Геологічний журнал. — 1956. — Т. 16. — Вып. 1. — С. 389–392 (укр.).

15. Сардак Л. Л. Международная премия имени Л. А. Спендиарова. Свидетельство очевидца // Региональная геология и металлогения. — 2004. — № 22. — С. 35–38.

16. Семененко М. П. До підсумків XX сесії Міжнародного геологічного конгресу в Мексикі // Вісник Академії Наук УРСР. — 1957. — № 3. — С. 48–49 (укр.)

17. Семененко Н. П. Вопросы геохронологии докембрия Африки (XX сессия Международного геологического конгресса в Мексике) // Геологічний журнал. — 1957. — Т. 17. — Вып. 1. — С. 3–11 (укр.); с. 11–14. (рус.)

18. Семененко Н. П. Вопросы геохронологии докембрия Африки (XX сессия Международного геологического конгресса в Мексике) // Бюллетень комиссии по определению абсолютного возраста геологических формаций. — М., 1958. — Вып. 3. — С. 33–42.

19. Соболев В. С. На Международном геологическом конгрессе в Мексике // Минералогический сборник Львовского геологического общества. — 1957. — № 11. — С. 410–418.

20. Соловьёв С. П. XX сессия Международного геологического конгресса в Мексике и работа его в области петрологии // Зап. ВМО. 2 серия. — 1957. — Ч. 86, № 1. — С. 155–164.

21. Тигранян С. Т. Премия имени Л. А. Спендиарова // История геологии: Материалы совещания. — Ереван: Издательство АН Армянской ССР, 1970. — С. 345–350.

22. Хаин В. Е. Вопросы тектоники на конгрессе в Мехико // Вестник Московского университета. Серия биологии, почвоведения, геологии, географии. — 1957. — № 1. — С. 35–38.

23. Шаталов Е. Т. Геологические карты на XX сессии Международного геологического конгресса // Вестник Московского университета. Серия биологии, почвоведения, геологии, географии. — 1957. — № 1. — С. 39–46.

24. Щербаков Д. И. XX сессия Международного геологического конгресса в Мексике // Известия АН СССР. Сер. геол. — 1956. — № 12. — С. 7–20.

25. Щербаков Д. И. На XX сессии Международного геологического конгресса в Мексике // Известия АН СССР. Сер. геогр. — 1957. — № 3. — С. 122–128.

26. Щербаков Д. И. На конгрессе геологов (К итогам XX Междунар. конгресса геологов) // Наука и жизнь. — 1956. — № 11. — С. 55–57.

27. Щербаков Д. И. На конгрессе геологов в Мексике // Природа. — 1957. — № 1. — С. 49–55.

28. Щербина В. В. XX сессия Международного геологического конгресса в Мексике // Геохимия. — 1956. — № 7. — С. 77–79.

29. Яковлева С. В. Вопросы четвертичной геологии на XX сессии Международного геологического конгресса в Мексике 3–11 сентября 1956 г. // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. — 1959. — № 23. — С. 116–120.

30. Carta Geologica de la Republica Mexicana escala 1 : 2 000 000. Congreso geologico internacional XX sesion México. — 1956. — 2 hojas.

31. 20-e Congrès géologique international Mexico, 1956. // Soc. Géol. de France. Compte rendu somm. des séances. — 1955. — N 7–8. — 169 p.

32. Congreso geológico internacional 20. México. 1956. Directorio de delegados y miembros registrados hasta el 31 de Julio 1956. 20a. session. — México, 1956. — XVIII. — 82 p.

33. Congreso geologico internacional. Vigesima sesion. Excursiones A-2 y A-5. Geología a lo largo de la Carretera Panamericana entre Ciudad Juárez, Chih. y México, D. F. Distritos Mineros de Santa Eulalia, Naica, Parral, San Francisco del Oro y Santa Bárbara, Chih. Yacimiento de Fierro del Serro de Mercado en Durango, Dgo. Distritos Mineros de Sombrerete, San Martin, Fresnillo y Zacatecas, Zac. y Guanajuato, Gto. — Mexico, 1956. — 152 p.

34. Congreso geologico internacional. Vigesima sesion. Excursiones A-9 y C-12. Geología a lo largo de la Carretera entre México, D. F. y Acapulco, Gro., via Taxco, Gro. y Chilpancingo, Gro. Geología de los alrededores de Acapulco, Gro. Los yacimientos de dolomita de El Ocotito, Gro. — Mexico, 1956. — 154 p.

35. Grigoryan G., Khomizuri G., Misakyan M. L. A. Spendiary prize // International commission on the history of geological sciences (INHIGEO) symposium: 42nd session: Yerevan. 12–18 Sept. 2017: Absctact. — Yerevan: IGS NAS Armenia, 2017. — Pp. 151–152.

36. Mazadiego Martínez L. F., Puche Riart O. The 20th International Geological Congress, Mexico 1956 // Episodes. — 2009. — Vol. 32, N 3. — Pp. 194–207.

37. XX Congreso geológico internacional. Resumenes de los trabajos presentados. — México, 1956. — 429 p.

1. Babaev K. L. XX session of the International Geological Congress (Informational message). *Izvestija AN UzSSR. Ser. geol.* 1957. No 1, pp. 89–93. (In Russian).

2. Belyaevskiy N. XX session of the International Geological Congress (Mexico. 1956). *Sov. geologiya.* 1957. Coll. 57. Pp. 4–21. (In Russian).

3. Bogdanov A. A., Gamkrelidze P. D., Gorskiy I. I. i dr. Visiting geologists of Czechoslovakia. *Vestnik Moskovskogo universiteta.* 1957. No 2, pp. 3–27. (In Russian).

4. Bogdanov A. A. About XX session of the International Geological Congress in Mexico. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. biologii, pochvovedeniya, geologii, geografii.* 1957. No 1, pp. 3–16. (In Russian).

5. Bokiy G. B., Shatalov E. T. Geological excursion to silver-lead deposits in Mexico. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. biologii, pochvovedeniya, geologii, geografii.* 1957. No 1, pp. 47–55. (In Russian).

6. Brod I. O. Oil at the XX session of the International Geological Congress. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. biologii, pochvovedeniya, geologii, geografii.* 1957. No 1, pp. 17–24. (In Russian).

7. Brod I. O., Mustafinov M. N. XX session of the International Geological Congress (Mexico City. Sept. 1956). *Geologiya nefii.* 1957. No 1, pp. 56–64. (In Russian).

8. Velikovskaya E. M., Hain V. E. Excursion Mexico City — Acapulco. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija biologii, pochvovedeniya, geologii, geografii.* 1957. No 1, pp. 57–68. (In Russian).

9. Vyalov O. S. Trip to the International Geological Congress in Mexico. *Geol. collection (Lvov Geological Society).* 1957. No 4, pp. 355–3600. (In Russian).

10. Zhamoyda A. I. Chetvert' veka v Komissii po Geologicheskoy karte Mira: zapiski vice-prezidenta [The quarter of

the century in the Commission for the Geological map of the World: the notes of the vice-president]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2007. 183 p.

11. Lukashov K. I. At the XX session of the International Geological Congress in Mexico. (Sept. 1956). *Uchen. zapiski (Belorus. un-t)*. 1958. Iss. 43. (In Russian).

12. Magnickiy V. A., Fedynskiy V. V. Questions of geophysics at the XX session of the International Geological Congress in Mexico. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya biologii, pochvovedeniya, geologii, geografii*. 1957. No 1, pp. 25–34. (In Russian).

13. Petrov O. V., Shokal'skiy S. P., Pospelov I. I. i dr. 60 let uchastiya Rossii v Komissii po geologicheskoy karte mira – KGKM (CGMW). *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2016. No 65, pp. 6–15. (In Russian).

14. Rodionov S. P., Belevcev Ja. M. XX session of the International Geological Congress. *Geologichnyy zhurnal*. 1956. Vol. 16. Iss. 1, pp. 389–392. (In Ukrainian).

15. Sardak L. L. L. A. Spendiarov International Prize. Eyewitness testimony. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2004. No 22, pp. 35–38. (In Russian).

16. Semenenko M. P. Prior to the XX session of the International Geological Congress in Mexico. *Visnik Akademii Nauk URSR*. 1957. No 3, pp. 48–49. (In Ukrainian).

17. Semenenko N. P. Issues of geochronology of the Precambrian of Africa (XX session of the International Geological Congress in Mexico). *Geologichnyy zhurnal*. 1957. Vol. 17. Iss. 1, pp. 3–11. (In Ukrainian); pp. 11–14. (In Russian).

18. Semenenko N. P. Issues of geochronology of Precambrian Africa (XX session of the International Geological Congress in Mexico). *Byulleten' komissii po opredeleniyu absol'yutnogo vozrasta geologicheskikh formaciy*. Moscow. 1958. Iss. 3. Pp. 33–42. (In Russian).

19. Sobolev V. S. At the International Geological Congress in Mexico. *Mineralogical collection of the Lvov Geological Society*. 1957. No 11, pp. 410–418. (In Russian).

20. Solov'ev S. P. XX session of the International Geological Congress in Mexico and its work in the field of petrology. *Zap. VMO. 2 seriya*. 1957. Chapt. 86. No 1, pp. 155–164. (In Russian).

21. Tigranyan S. T. Prize named after L. A. Spendiarov. *History of Geology: Materials of the meeting*. Erevan: Izdatel'stvo AN Armyanskoy SSR. 1970. Pp. 345–350. (In Russian).

22. Hain V. E. Tectonics issues at the congress in Mexico City. *Bulletin of Moscow University. Series of biology, soil science, geology, geography*. 1957. No 1, pp. 35–38. (In Russian).

23. Shatalov E. T. Geological maps at the XX session of the International Geological Congress. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya biologii, pochvovedeniya, geologii, geografii*. 1957. No 1, pp. 39–46. (In Russian).

24. Shherbakov D. I. XX session of the International Geological Congress in Mexico. *Izvestiya AN SSSR. Ser. geol.* 1956. No 12, pp. 7–20. (In Russian).

25. Shherbakov D. I. At the XX session of the International Geological Congress in Mexico. *Izvestiya AN SSSR. Ser. geogr.* 1957. No 3, pp. 122–128. (In Russian).

26. Shherbakov D. I. At the Congress of Geologists (To the results of the XX International Congress of Geologists). *Nauka i zhizn'*. 1956. No 11, pp. 55–57. (In Russian).

27. Shherbakov D. I. At the congress of geologists in Mexico. *Priroda*. 1957. No 1, pp. 49–55. (In Russian).

28. Shherbina V. V. XX session of the International Geological Congress in Mexico. *Geohimiya*. 1956. No 7, pp. 77–79. (In Russian).

29. Yakovleva S. V. Questions of Quaternary geology at the XX session of the International Geological Congress in Mexico on September 3–11, 1956. *Byull. Komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*. 1959. No 23, pp. 116–120. (In Russian).

30. Carta Geologica de la Republica Mexicana escala 1 : 2 000 000. *Congreso geologico internacional XX sesion México*. 1956. 2 hojas.

31. 20-e Congrès géologique international Mexico, 1956. *Soc. Géol. de France. Compte rendu somm. des séances*. 1955. 7–8. 169.

32. Congreso geológico internacional 20. México. 1956. *Directorio de delegados y miembros registrados hasta el 31 de Julio 1956. 20a. session*. México. 1956. XVIII. 82.

33. Congreso geologico internacional. Vigésima sesion. Excursiones A-2 y A-5. *Geología a lo largo de la Carretera Panamericana entre Ciudad Juárez, Chih. y México, D. F. Distritos Mineros de Santa Eulalia, Naica, Parral, San Francisco del Oro y Santa Bárbara, Chih. Yasimento de Fierro del Serro de Mercado en Durango, Dgo. Distritos Mineros de Sombretete, San Martin, Fresnillo y Zacatecas, Zac. y Guanajuato, Gto*. Mexico. 1956. 152.

34. Congreso geologico internacional. Vigésima sesion. Excursiones A-9 y C-12. *Geología a lo largo de la Carretera entre México, D. F. y Acapulco, Gro., via Taxco, Gro. y Chilpancingo, Gro. Geología de los alrededores de Acapulco, Gro. Los yacimientos de dolomita de El Ocotito, Gro*. Mexico. 1956. 154 p.

35. Grigoryan, G., Khomizuri, G., Misakyan, M. L. A. 2017: Spendiarov prize. *International commission on the history of geological sciences (INHIGEO) symposium: 42nd session: Yerevan. 12–18 Sept. 2017: Absract*. Yerevan: IGS NAS Armenia. 151–152.

36. Mazadiego Martínez, L. F., Puche Riart, O. 2009: The 20th International Geological Congress, Mexico 1956. *Episodes*. 32. 3. 194–207.

37. XX Congreso geológico internacional. *Resumenes de los trabajos presentados*. México. 1956. 429.

---

Колбанцев Леонид Русланович – зам. директора, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный музей им. академика Ф. Н. Чернышева (ЦНИГР музей) при ВСЕГЕИ. Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского. Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <Leonid\_Kolbantsev@vsegei.ru>

Kolbantsev Leonid Ruslanovich – Deputy Director, Academician F. N. Chernyshev Central Geological Research Museum (TSNIGR Museum) at the VSEGEI. A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute. 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <Leonid\_Kolbantsev@vsegei.ru>



В этом году отмечается 75-я годовщина Победы в Великой Отечественной войне. В честь этой знаменательной даты наш журнал публикует отрывки из ранее изданных книг воспоминаний сотрудников ВСЕГЕИ, воевавших на фронте, эвакуированных и проводивших геологические работы во всех уголках страны, оставшихся в Ленинграде и испытавших все лишения блокадного города. Эти люди просто и без излишней эмоциональности описывают мучительный и постоянный голод, ежедневные ночные обстрелы, смерть любимых и близких... В каждой семье была война, и каждый: кто взрослым, а кто ребенком – прошел свой путь к Победе.

А. В. БУЛЫЧЁВ

## На фронт

В начале марта 1942 года мы с мамой остались одни в небольшой коммунальной квартире. Кто-то из соседей умер, остальных эвакуировали на «Большую землю» по льду Ладожского озера. Я к этому времени уже не ходил, только лежал. Родственники, боясь, что меня не довезут, брать с собой не решились. Предстояло тихо умереть в пустой холодной квартире.

Еще зимой в наш дом попал немецкий снаряд, разорвавшийся выше этажом, буквально над головой. По этой причине входная дверь у нас не запиралась. Однажды днём к нам зашли женщины – бойцы МПВО, собиравшие по квартирам трупы умерших. Власти города были серьезно озабочены проблемой предотвращения возможных эпидемий. Поговорив с нами, они обещали зайти еще раз и чем-нибудь помочь. Действительно, через какое-то время они появились, но теперь для того, чтобы забрать меня в больницу. Транспорта не было. На санках, чуть ли не через весь город, они оттащили меня в детскую больницу им. Раухфуса.

Через три месяца предо мной встал вопрос, что делать дальше. Учебный год в школах закончился, на работу не берут – мал. Помогли друзья погибшего на фронте отца. С их помощью устроился токарем на кондитерскую фабрику им. Микояна. Там работал цех по производству зенитных снарядов. Три дня учебы у станка – и вот я уже «квалифицированный» рабочий. Режим работы был жестким:

12 часов у станка, 12 отдых; неделя работы днем, следующая – в ночь. Норм выработки никто из нас не знал. Действовало негласное постановление мастера – «обточи сорок заготовок и иди отдыхать!». Выполнить подобное задание практически никогда не удавалось. Станки старые, разболтанные, включавшиеся через общую трансмиссию, которая часто ломалась. В качестве поощрения за работу начальник цеха иногда давал записку в карамельный цех с просьбой разрешить поработать (за счет личного отдыха) подсобником. Это была высшая благодарность; чаще же мы пытались уловить момент, когда из этого цеха выбросят пустую тару из-под конфет и тогда, может быть, удастся наскрести ложку сладкой крошки, прилипшей к стенкам ящиков.

Домой выбирался редко, сил не хватало. Спал прямо у станка. Однажды, кажется, в сентябре, по цеху прошел слух: райком Выборгского района набирает комсомольцев для службы на флоте. Вскоре появилось и официальное объявление. Я долго не раздумывал, моряком стать мечтал всегда, поэтому проблемы идти – не идти у меня не возникало. Уже на следующий день был в райкоме. Однако тут возникли непредвиденные трудности: мне еще не было 15 лет, и я не был комсомольцем.

Слава богу, райкомовские ребята не оказались бюрократами. Они предложили мне тут же написать заявление о приеме в организацию, без проволочек дали необходимые

рекомендации, и через несколько часов я уже был полноправным членом ВЛКСМ и добровольцем-морьяком.

Сейчас, по прошествии стольких лет, понятна позиция райкома. В критические для Ленинграда дни 1941–1942 годов с кораблей на сухопутный фронт ушла значительная часть плавсостава, и перед летней компанией 1943 года возникла острая нехватка корабельных специалистов. Решить подобную проблему в условиях блокадного города обычным путем было невозможно. Тут, по-видимому, и пришел на помощь положительный опыт Северного флота – привлечь на корабли юнг, предварительно обучив их на базе учебного отряда.

Так или иначе, но через несколько дней я уже шагал в строю добровольцев на Васильевский остров. Разместили в нынешнем училище подплава. В помещении ни столов, ни стульев, ни кроватей. На полу тюфяки, набитые сеном. Спали вповалку, не раздеваясь. Некоторые из знакомых мне по работе ребят дрогнули и, улучив момент, сбежали. Звали и меня, но упускать шанс стать морьяком и попасть на фронт не хотелось.

Вскоре нашим прибежищем оказался Второй флотский экипаж на площади Труда. Ждали ненастной погоды, чтобы переправиться в Кронштадт. Немцы простреливали фарватер. Однажды вечером, в первых числах октября последовала команда: «Выходи строиться!» Быстро добрались до Финляндского вокзала. Погрузились в вагоны. Едем. Куда – не известно. Выгрузились в полной темноте. Тихо передаются команды: «Не разговаривать! Не курить!» Слышу шепот: «Это Лисий Нос». Осторожно подходим к пирсу. Нас ждут. Быстро размещаемся на пароходке. Предстоит пережить небольшое, но опасное путешествие.

Ну вот и Кронштадт. Здравствуй, Флот!

**Первый бой.** Я был зачислен в Школу связи им. А. С. Попова, в группу гидроакустиков. В конце апреля неожиданно поступил приказ: досрочно принять экзамены и направить всех гидроакустиков в распоряжение командования истребительного отряда Кронштадского морского оборонительного района Краснознаменного Балтийского флота (КСМОР КБРФ). Так 3 мая 1943 года я попал в Первый гвардейский дивизион катеров – морских охотников.

Встретили меня на катере очень хорошо. Мы были первыми юнгами, попавшими на боевые корабли, поэтому расспросам не было конца. Все это происходило днем, а поздно вечером катер вышел в боевой дозор. Команда работала на своих боевых постах, а я от обилия впечатлений, сытной еды и качки заснул. Разбудил меня резкий звон.

Боевая тревога!

Все, кто был в кубрике, выскочили наверх, а что делать мне, я не знал. Подумав, решил вылезти наверх.

И тут началось!...

Носовая пушка, около которой я стоял, стала стрелять. От неожиданности и резкой боли в ушах невольно присел. Катер, который шел полным ходом вперед, вдруг сделал резкий поворот, и я чуть не полетел за борт. А тут еще два крупнокалиберных пулемета заработали прямо над головой. Темнота. Грохот. Катер на полном ходу крутится, как волчок, с резким креном то на один, то на другой борт. Пальба со всех сторон – мы стреляем, в нас стреляют. Бьют в основном трассирующими. Такое впечатление, что все целят прямо в тебя. Схватился за поручни рубки, оторваться не могу...

Вывел меня из оцепенения голос командира орудия: «Что стоишь ..., та-та-та, подавай снаряды!»

Утром, когда вернулись на базу, узнал, что мы вели бой с четырьмя катерами немцев и один из них утопили. В кубрике долго пересказывали подробности ночного боя и смеялись надо мной.

Потом я много раз участвовал в подобных боях, отбивались от налетов самолетов, специально охотившихся за катерами, высаживали десант, провожали на боевые позиции подводные лодки.

Но первый бой, в котором мне пришлось так бесславно участвовать, помню со всеми подробностями до сих пор.

**Однажды.** Летом 1944 года наш «Морской охотник» в очередной раз проводил десятидневное дежурство в проливе Бьерке-Зунд. Погода стояла отличная. Тепло. Как обычно при таком дежурстве ночь проходит в боевой готовности № 1, поэтому днем большинство команды отдыхало. У механизмов и оружия нес вахту «второй» состав, в том числе несколько юнг-мотористов, которых к этому времени учебный отряд КБФ подготовил довольно много и отправил на флот.

Дежурство заканчивалось, все порядком устали, кто спал, кто загорал. Неожиданно с мостика раздался голос вахтенного сигнальщика: «Торпеда по носу!» На какое-то мгновение никто в это не поверил. Где это видано, чтобы по катерам стреляли торпедами? Но сразу же за возгласом вахтенного раздался сигнал боевой тревоги.

И тут случилось непредвиденное. На команду командира «Заводи моторы, полный вперед!» мотористы поспешили и резко увеличили нагрузку на моторы. Моторы заглохли. Вторая торпеда попала точно в наш катер.

Как упал в воду, как остался жив, до сих пор не понимаю. Пока плавал (спасибо капковому бушлату!), свербила одна мысль — как бы лодка не всплыла и не взяла нас в плен.

Спасло нас то, что радист успел сообщить на базу, что мы атакованы лодкой. Вскоре подошел катер нашего дивизиона и подобрал нас. Из команды катера в живых осталось семь человек, двадцать погибли. Спустя некоторое время прямо на рейде базы было потоплено еще несколько наших катеров.

Эта история завершилась в стиле хэппи энд. Однажды небольшой рейдовый катер-дымзавесчик как обычно направился к выходу из бухты. Его небольшая команда (несколько человек) занималась приборкой палубы. Один из моряков наклонился через борт, чтобы зачерпнуть ведро воды, и прямо под собой увидел подводную лодку, которая

почти «на брюхе» (глубина около 30 метров) вползала на наш рейд.

Сиреной и ракетами вызвали «морской охотник». Сбросив серию глубинных бомб, он потопил лодку. Спасти удалось только шести немецким морякам.

Потом лодку подняли, отбуксировали вначале в Кронштадт, а затем в Ленинград, где она довольно долго стояла у моста Лейтенанта Шмидта. Тогда и выяснилось, какие торпеды применяли немцы против катеров.

Как писали в «Вечернем Ленинграде» и других изданиях, это были новые, специально предназначенные для малых целей акустические самонаводящиеся торпеды. Выявили на лодке и еще одну новинку — особое устройство, позволявшее заряжать аккумуляторы, не всплывая на поверхность.



**Андрей Владимирович Булычёв (1927–2017)**

Род. в Ленинграде. Старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук. В 1942 г. работал токарем на фабрике им. Микояна, в октябре пошел добровольцем на флот. В 1945 г. был переведен в Военно-морскую академию кораблестроения и вооружения им. А. Н. Крылова. В марте 1950 г. демобилизован. В том же году окончил школу и поступил в ЛГИ. С 1954 г. работал во ВСЕГЕИ. Награжден медалью Ушакова и другими орденами и медалями как участник Великой Отечественной войны.

Текст приведен по изданию «Ветераны помнят» (СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. С. 42–45).

## Потом я уже ничего не боялась

Мой отец, латыш из-под Риги, профессиональный садовник. До войны работал в исполкоме Шлиссельбурга, занимался озеленением города. На берегу Невы у нас был свой дом. После войны мы с трудом нашли это место по остаткам кустов роз.

Недалеко от дома был еловый лес петровских времен. После войны здесь не осталось ни единого дерева.

6 сентября 1941 года, не встретив никакого сопротивления, в Шлиссельбург въехал на мотоциклах передовой отряд немцев. Перед их наступлением моя семья (отец, мама, три сестры, брат и я), как и все жители правого берега Невы, бежали из города поближе к Ленинграду. Бежали без вещей, в чем есть, надеясь вскоре вернуться в свои дома. Вместе с нами бежали и наши солдаты. Мама говорила: «Защитники тоже бегут!». Немцы стреляли трассирующими пулями. Но тогда еще был лес, и это спасло многих.

Мы добрались до станции Каменка (ныне Радченко), недалеко от станции Дунай.

8 сентября 1941 года в Шлиссельбург вошли немецкие танки. Кольцо блокады замкнулось.

На станции Каменка был создан лесоучасток, куда были мобилизованы все работоспособные. Мои старшие сестры (17 и 20 лет) работали на трелёвке леса. Отец правил пилы. Брат работал на заводе им. Воскова в Сестрорецке, был на казарменном положении.

Осень 1941 года — золотая, тихая. И каждый вечер ровно в 19:00 над нами с тяжелым воем пролетали немецкие эскадрильи, по 6–9 самолетов. Они летели бомбить Ленинград. Оттуда было видно громадное зарево. Горели бадаевские продуктовые склады (их разбомбили в первую очередь).

У нас, беженцев, не было ни лишней одежды, ни вещей, ни мебели. Голод начался почти сразу, в октябре.

На лесоучастке вырыли землянки. В них жили лесорубы. Было много ленинградцев, в основном женщины. Все работающие считались военнообязанными.

Зима 1941/42 годов — лютые морозы, до минус 40 и ниже. Это было горе. Но это было и благо. Замерзло Ладожское озеро, открылась ледовая дорога.

На дорогах лежали тела умерших, иногда с отрезанными мягкими частями. Пропадали дети — это было людоедство. Заглушая голод кипятком, люди пухли; трескалась кожа на

лице, руках и ногах. От дистрофии лица женщин (брюнеток) обрастали волосами.

Тем не менее работа в лесу — свежий воздух и движение — спасала жизнь. В столовой рабочих заставляли есть луб молодых сосен — от цинги.

На берегах речки наскоро вырыли землянки. Там поселили беженцев, пришедших позднее. Все они умерли зимой от голода и холода.

Холод заставлял людей наматывать на себя любое тряпье, из-под которого глядели безумные горящие глаза. Отличить мужчину от женщины было невозможно.

К нашей землянке каждый день приходила женщина по имени Фаина из этих речных землянок. Двое детей Фаины там и умерли. Муж ее умер на дороге, возвращаясь с работы. Она часами стояла под дверью и, глядя в прорезанное в двери маленькое окошечко, повторяла одну и ту же фразу: «Дайте кусочек хлеба». Мама прогоняла ее и плакала — хлеба у нас не было.

Мамочка (вечная ей память!) заставляла нас с сестрой Машей (13 лет) двигаться, вытаскивала на улицу «подышать».

В землянках было очень сыро. Кто ложился надолго, уже не мог встать.

Наша землянка была вырыта в лесу. Маму предупредили, чтобы она не оставляла меня на улице одну. Я сама видела, как из-за деревьев кто-то безумным взглядом следит за нами.

Чтобы спасти нас, мама давала нам чай (военные подарили!) и заставляла облизывать пальчики, обмакнув их в соль.

В январе — феврале 1942 года открылась Дорога Жизни, и в первый раз мы получили по карточкам настоящий хлеб. С корочкой! Мама смотрела, плакала и не решалась его резать. До этого иждивенцам выдавали по 125 граммов хлеба в день (один кусочек). Но это был не хлеб, а комок мякины с добавкой молотой древесной коры; у этого хлеба не было корки.

Вместо сахара по карточкам выдавали черные «ириски» из сгоревшего сахара, смешанного с землей и мусором, из того что можно было собрать на развалинах бывших бадаевских складов. Были еще шроты (отходы соевого производства) и кокосовый жир — вонючее серо-грязное вещество, похожее на жидкое мыло.

Неподалеку от нас, в сосновом лесу, разместили батарею с линкора «Марат». На самой

высокой сосне соорудили настил для корректировки огня. Этот настил сохранился и после войны. Моряки иногда приносили с камбуза немного перловой или пшенной каши. Однажды притащили шкуру лошади. Лошадь подохла от голода — на батарее нечем было ее кормить. Отец нарезал шкуру кусками, закоптил, а потом мелко резал и варил черный «студень».

Весна 1942 года была очень теплой. Рядом с нашей землянкой воронка. В апреле в ней всплыл мертвый солдат. Я запомнила — вздутая грудь с карманчиками на гимнастерке.

С наступлением тепла моряки и батареи получили задание взорвать все землянки, выкопанные у речки. Живых людей там не осталось. А хоронить мертвых было некому. Половодье смыло тела умерших. Следы этих землянок остались и по сей день. Там растет земляника.

Летом нашу землянку стало затоплять водой, и мы переселились в палатку.

Немцы часто сбрасывали с самолетов листовки с карикатурами на Сталина и частушками:

За два мягких калача  
Продам ученье Ильича.

Были листовки-пропуска: переходите, мол, к нам, на хорошую сытую жизнь. Все мы относились к этому с иронией. К зиме мы снова стали жить в землянке.

Мужчины с трудом переносят голод. Особенно большие и высокие, как мой отец. Он умер в сентябре 1942 года.

В том же сентябре 1942-го моего брата сняли с брони и отправили на Белорусский фронт. Он ходил «за языками». Но Бог его сберег. У меня хранится присланное в 1943 году моей маме письмо с благодарностью командования за воспитание хорошего сына.

Для меня, как и для многих, самым значимым днем стало 18 января 1943 года — прорыв блокады. Мы жили вблизи линии фронта, от военных узнали, что 18 января, в пять часов утра начнется артподготовка, а затем штурм Шлиссельбурга.

К прорыву блокады прибыло большое пополнение: сибиряки-лыжники в новых белых полушубках и белых маскхалатах, высокие, сытые, веселые, здоровые.

Один из них пил у нас чай. Угостил солдатским сухариком — это было для нас настоящее пиршество. Он сказал моей плачущей маме: «Ничего, мамаша, мы еще кофе будем пить в Берлине!». Почти все эти замечательные парни полегли при штурме.

Мои старшие две сестры были отправлены на погрузку раненых. Потом они нередко кричали во сне по ночам. Обе они (вечная им память!) были награждены медалями «За оборону Ленинграда» и «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

Брат мой стал кадровым офицером. Он умер в Риге в 1992 году.

Моя мама, вырастившая пятерых детей и сохранившая их в блокаду, до последних дней своей жизни (она скончалась в 1977 году) не получала от государства ни рубля, так как не имела стажа работы — значилась домохозяйкой.

Став геологом, пройдя в студенческие годы трудную практику на Дальнем Востоке, а потом работая в безлюдных районах Сибири, я не боялась ни порогов, ни тяжелых маршрутов. Вероятно, все ужасы и страхи я уже пережила в своем блокадном детстве.

Не приведи Господь никому такое увидеть и пережить. Даже нашим недругам.



#### Лидия Фрицевна Штейн (род. 1931)

Род. на ст. Черная Речка напротив г. Шлиссельбург. Все время блокады прожила на лесоучастке на ст. Каменка (ныне Радченко) — месте работы старших сестер и отца. В 1955 г. окончила геологический факультет ЛГУ. До 1997 г. работала во ВСЕГЕИ в отделе геологии и полезных ископаемых Сибири начальником партии и геологом первой категории. Соавтор публикаций и отчетов по стратиграфии, формационному анализу, алмазности. Участвовала в составлении шести листов Госгеолкарты масштаба 1 : 1 000 000 по Сибири и Якутии. Провела 25 полевых сезонов в Сибири, чаще всего в Якутии. Почетный геолог Якутии. Награждена медалью «Жителю блокадного Ленинграда», а также медалью Якутской республики к 60-летию Победы.

Текст приведен по изданию «Ветераны помнят» (СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. С. 93–96).

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

### Порядок направления, рецензирования и опубликования статей

Редакция в своей деятельности руководствуется правилами издательской этики и предотвращения недобросовестной практики публикаций. Перед отправкой рукописи в редакцию автору необходимо ознакомиться с условиями опубликования статьи в журнале, в том числе с данными Правилами для авторов и Этическими принципами научных публикаций, размещенными на сайте журнала.

Статьи должны соответствовать профилю журнала. К рукописи статьи прилагаются сопроводительное письмо организации, отзыв и акт экспертизы (для русскоязычных статей) о возможности публикации в открытой печати. Положительный отзыв (рецензия) не является основанием для публикации статьи.

Редакция осуществляет рецензирование всех поступивших материалов с целью их экспертной оценки. Окончательное решение принимает редколлегия, опираясь на результаты независимого рецензирования. Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет. При поступлении запроса редакция направляет копию рецензии в Министерство образования и науки РФ.

Статьи, требующие доработки, высылаются авторам. Если статья не принимается редколлегией к публикации, редакция журнала направляет авторам мотивированный отказ. Оригиналы статей не возвращаются.

Статьи от зарубежных авторов принимаются и публикуются на английском языке. Фамилия, имя, название статьи, аннотация, ключевые слова, список литературы должны быть представлены на двух языках — английском и русском.

Статья должна быть подписана автором (соавторами) перед списком литературы.

К статье обязательно прилагаются сведения обо всех авторах на русском и английском языках: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученое звание, должность, полное название организации, ее почтовый адрес, e-mail автора.

Плата за публикацию с авторов (в том числе аспирантов и соискателей) не взимается. Гонорары не выплачиваются.

*При подготовке статей редакция просит руководство-ваться следующими правилами:*

1. Статья (с индексом УДК) должна быть представлена на электронном носителе (CD, эл. почта, сеть) в формате Microsoft Word с обязательным приложением распечатки в одном экземпляре на бумаге формата А4. Распечатка должна полностью соответствовать электронной версии. Шрифт текста Times New Roman, размер 12 пт, межстрочный интервал 1,5, абзацный отступ 1,25 см, форматирование по ширине, все поля по 20 мм. Страницы статьи должны быть пронумерованы.

Сложные формулы или отсутствующие в шрифте Times символы следует вносить вручную. Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Equation 3.0.

2. Рекомендуемый объем статьи 1 печ. лист, включая таблицы и графику. Один печатный лист текста равен 40 тыс. знаков (с пробелами). Печатный лист графических материалов равен 3000 см<sup>2</sup>.

3. К статье обязательно прилагаются аннотация (не более 10 строк) и ключевые слова (не более 5–7 слов) на русском и английском языках.

4. Каждая таблица обязательно должна иметь название, слова в названиях таблиц не сокращаются. Вся

таблица набирается шрифтом Times New Roman (размер 9 пт, через один интервал). Максимальный размер таблиц не должен превышать размера журнальной полосы — 16 × 25 см. Однотипные таблицы строятся одинаково.

5. Размеры оригиналов рисунков не должны превышать размера полосы журнала (16 × 25 см). Каждый рисунок дается в отдельном файле (не вложен в Word!) без компрессии (сжатия) в форматах \*.cdr (графический редактор Corel Draw до 15-й версии), \*.eps (Encapsulated Post Script) и \*.tif (Tagged Image File Format). Диаграммы должны быть отрисованы в графической программе, но не в Microsoft Office. Фотографии должны быть с разрешением не менее 300 пикс/дюйм. Размеры букв и цифр на рисунках должны быть не менее 2 мм, толщина линий не менее 0,2 мм.

Цветные графические материалы должны быть ориентированы на четырехкрасочную печать. Использование красок типа PANTON не разрешается. При подготовке рисунков в любой программе черный цвет шрифта и линий задавать как 100% Black.

Специальные шрифты на рисунках должны быть переведены в кривые.

6. Вклейки (таблицы и рисунки больших размеров) редакция не принимает.

7. Таблицы и рисунки в текст не заверстываются и представляются отдельными файлами, распечатка производится на отдельных страницах. Все подрисовочные подписи собираются в отдельный текстовый файл. Рисунки (схемы) и таблицы должны иметь сквозную нумерацию.

8. Список пристатейной литературы составляется в алфавитном порядке и нумеруется. Публикации отечественных авторов в иностранной печати приводятся в списке иностранных работ. Ссылка на источник литературы в тексте — порядковый номер в квадратных скобках.

Не допускаются ссылки на неопубликованные работы (отчеты, авторефераты, диссертации и пр.), учебники. Ссылка на электронный источник оформляется как полнотекстовая ссылка с примечанием в скобках даты просмотра. Пример: (дата обращения: 28.07.2017).

Список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 «Библиографическая ссылка».

Список литературы должен быть представлен на двух языках — русском и латинице (романский алфавит).

Внимание! В романском написании обязательно приводятся в ссылке: на книгу — транслитерация названия и в квадратных скобках его перевод; на статью из журнала — транслитерация названия журнала и перевод заголовка статьи; на статью из сборника — перевод названия статьи и сборника.

Сайт для транслитерации — <https://translit.ru/ru/bgn/>.

9. При написании статей просим авторов использовать термины и понятия в значениях, зафиксированных в следующих изданиях:

Толковый словарь английских геологических терминов. Перевод с английского / под ред. Н. В. Мержеловского. — М.: Геокарт, 2002.

Российский металлогенический словарь / под ред. А. И. Кривцова. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003.

Геологический словарь. 3-е издание. В трех томах / гл. ред. О. В. Петров. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2017.

Адрес редакции: 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., д. 74

Журнал «Региональная геология и металлогения»

Телефон редакции: 328-90-90 (доб. 23-23, 24-24)

E-mail: izdatel@vsegei.ru

