

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ

2021
88

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

*Редакционная коллегия
поздравляет авторов
и читателей
нашего журнала
с Новым 2022 годом
и Рождеством!*



РЕГИОНАЛЬНАЯ
ГЕОЛОГИЯ
И МЕТАЛЛОГЕНИЯ

REGIONAL
GEOLOGY
and METALLOGENY

Основан в 1993 году

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

№ 88/2021

175 | академику
лет | А. П. Карпинскому
1846 — 2021

Главный редактор

О. В. ПЕТРОВ

Editor-in-Chief

Oleg PETROV

Санкт-Петербург ♦ Издательство ВСЕГЕИ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия ПИ № ФС77-29340 от 24 августа 2007 г. (перерегистрация).

Главный редактор:

Петров О.В., чл.-корр. РАН

Editor-in-Chief:

Petrov O.V., Corr. Member of RAS

Заместитель главного редактора:

Толмачева Т.Ю., д-р геол.-минерал. наук

Deputy Editor-in-Chief:

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., чл.-корр. РАН, д-р геол.-минерал. наук (ИГТД 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)
Морозов А.Ф., канд. геол.-минерал. наук
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)
Шатов В.В., канд. геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ)

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., Corr. Member of RAS, D.Sc. (IPGG RAS)
Larichev A.I., PhD (VSEGEI)
Mironov Yu.B., D.Sc. (VSEGEI)
Molchanov A.V., D.Sc. (VSEGEI)
Morozov A.F., PhD
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)
Shatov V.V., PhD (VSEGEI)

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

на английском языке (аннотации): <http://www.vsegei.ru/en/rgm/content/index.php>

Журнал распространяется через подписной каталог ГК «Урал-Пресс». Подписной индекс 71938.

Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения учредителя журнала.

Редакция: А. М. Смирнова, О. Н. Алексеева, Л. В. Набиева, С. В. Шербакова, О. Е. Степурко

Подписано в печать 27.12.2021. Дата выхода в свет 29.12.2021. Печ. л. 15. Уч.-изд. л. 17,18. Формат 60 × 84/8
Тираж 300 экз. Заказ № 80000640. Цена свободная

Адрес редакции и издателя

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

Отпечатано

на Картографической фабрике ВСЕГЕИ. Средний пр., 72, Санкт-Петербург, Россия, 199178.
Тел. (812) 328-91-90, 321-81-53. E-mail: karta@vsegei.ru
www.kf-vsegei.ru

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

REGIONAL GEOLOGY

- О. В. Петров* 5 *O. V. Petrov*
Академик А. П. Карпинский — директор
Геолкома (1885—1903). Российская научная школа
геологической картографии
Academician A. P. Karpinsky as Geological Committee
director (1885—1903). Russian scientific school
of geological mapping
- А. Р. Соколов* 27 *A. R. Sokolov*
Палеонтологические открытия А. П. Карпинского
в экспозиции Центрального научно-исследовательского
геологоразведочного музея им. академика
Ф. Н. Чернышёва
Paleontological discoveries of A. P. Karpinsky
in the exposition of the Academician F. N. Chernyshev
Central Geological Research Museum
- В. А. Шахвердов* 33 *V. A. Shakhverdov*
О новых принципах геоэкологического районирования
On new principles of geoenvironmental zoning

МЕТАЛЛОГЕНИЯ

METALLOGENY

- А. В. Молчанов, О. В. Петров, В. И. Леонтьев,*
В. В. Шатов, Г. А. Козлов, А. В. Терехов, И. О. Лебедев,
Е. И. Хорохорица, Д. С. Ашихмин, Д. С. Артемьев,
К. А. Кукушкин, Г. Б. Лебедева, В. Е. Гузев,
О. Л. Соловьёв, Д. Ю. Титов 39 *A. V. Molchanov, O. V. Petrov, V. I. Leont'ev,*
V. V. Shatov, G. A. Kozlov, A. V. Terekhov, I. O. Lebedev,
E. I. Khorokhorina, D. S. Ashikhmin, D. S. Artem'ev,
K. A. Kukushkin, G. B. Lebedeva, V. E. Guzev,
O. L. Solov'ev, D. Yu. Titov
Алдано-Вилуйская провинция — новая рудно-
россыпная золотоносная территория на востоке России
Aldan-Viluy province — a new ore- and placer
gold-bearing area in the East of Russia
- Г. А. Козлов, С. В. Кашин, В. Е. Гузев,*
А. В. Молчанов, А. В. Терехов 65 *G. A. Kozlov, S. V. Kashin, V. E. Guzev,*
A. V. Molchanov, A. V. Terekhov
Минералого-геохимические особенности
и рудоносность апокарбонатно-кремнистых
гидротермально-метасоматических образований
в раннекембрийских отложениях Синско-Ботомской
структурно-формационной зоны, Республика Саха
(Якутия)
Mineralogical and geochemical features
and ore potential of apocarbonate-siliceous
hydrothermally altered rocks in the Early Cambrian
deposits of the Sinsk-Botomian Formation,
Republic of Sakha
(Yakutia)
- Р. А. Леденгский* 84 *R. A. Ledengskiy*
Картирование интрузивных массивов северной части
Балыгычано-Сугойского прогиба (Магаданская
область) по геофизическим данным
Mapping of intrusive massifs in the northern part
of the Balygychan-Sugoi Trough (Magadan Region)
based on geophysical data
- А. А. Рясной* 99 *A. A. Rysnoy*
Граптолитовые сланцы нижнего силура Тунгусской
синеклизы и их нефтегазоматеринские свойства
(Восточная Сибирь)
Lower Silurian graptolitic shales of the Tunguska
Syncline and its oil and gas source properties
(East Siberia)

ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, 117 LIST OF ARTICLES
ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2021 ГОДУ PUBLISHED IN 2021

**175-летию
академика А. П. Карпинского
посвящается**



1846—2021

О. В. ПЕТРОВ (ВСЕГЕИ)

Академик А. П. Карпинский — директор Геолкома (1885—1903). Российская научная школа геологической картографии

Девятого января 2021 года исполняется 175 лет со дня рождения академика Александра Петровича Карпинского, который был одним из организаторов Геологического комитета России (Геолкома), первым избранным президентом Российской академии наук (1917—1925 гг.). Он стоял у истоков развития систематических геологических исследований в России и непосредственно участвовал в становлении отечественной Геологической службы, преемником и хранителем традиций которой является Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского. В статье рассматривается становление и развитие российской научной школы геологической картографии, основа которой — сочетание фундаментальных геологических исследований и системного картографирования территории страны. Описываются тенденции и проблемы государственного геологического картографирования в России, осуществляемого уже почти 140 лет на трех масштабных уровнях.

Ключевые слова: государственное геологическое картографирование, геологические карты, территория России, континентальный шельф, история Геолкома, международные проекты.

O. V. PETROV (VSEGEI)

Academician A. P. Karpinsky as Geological Committee director (1885—1903). Russian scientific school of geological mapping

January 9, 2021 is the 175th anniversary of Academician A. P. Karpinsky, who was one of the organizers of the Geological Committee of Russia (GeolCom), the first elected president of the Russian Academy of Sciences (1917—1925). He stood at the origins of the development of systematic geological studies in Russia and was directly involved in the formation of the national Geological Survey, the successor and keeper of the traditions of which is the A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute. The formation and development of the Russian scientific school of geological mapping, which is based on the combination of fundamental geological studies and systematic mapping of the country, is considered. The tendencies and problems of state geological mapping in Russia, which have been carried out for almost 140 years at three scales, are described.

Keywords: state geological mapping, geological maps, territory of Russia, continental shelf, GeolCom history, international projects.

Для цитирования: Петров О. В. Академик А. П. Карпинский — директор Геолкома (1885—1903). Российская научная школа геологической картографии // Региональная геология и металлогения. — 2021. — № 88. — С. 5—26. DOI: 10.52349/08697892_2021_87_5-26

26 декабря 2021 г. (9 января 2022 г.) исполняется 175 лет со дня рождения Александра Петровича Карпинского. Этот год является юбилейным и для Геологического комитета России (Геолкома), указ об утверждении которого был подписан императором Александром III 31 января 1882 г.

А. П. Карпинский был одним из организаторов Геологического комитета России (Геолкома), первым избранным президентом Российской академии наук (1917—1925 гг.). Его называют «отцом русской геологии», так как он стоял у истоков развития систематических геологических исследований и непосредственно участвовал в становлении Геологической службы России.

В Геолкоме под руководством А. П. Карпинского были заложены основы научных школ геологической картографии, включающие соче-

тание фундаментальных исследований и практической геологии, которые привели к зарождению и развитию многих отечественных геологических школ и направлений, получивших мировое признание.

Этот принцип трансформации достижений наук о Земле в практическую плоскость регионального геологического изучения недр до сих пор является основой деятельности преемника Геолкома — Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ) — ведущего учреждения Федерального агентства по недропользованию и Министерства природных ресурсов Российской Федерации. Научные школы ВСЕГЕИ ставят задачи решения основных вопросов, возникающих при геологическом картографировании.



Рис. 1. А. П. Карпинский, 1870-е годы

История создания Геолкома — ВСЕГЕИ. Необходимость создания особого государственного учреждения для систематического геологического изучения территории России стала очевидной уже к середине XIX века. Небольшие разрозненные группы геологов, существовавшие в Минералогическом обществе и на естественных факультетах шести университетов, не могли решать крупные геологические задачи по изучению и практическому использованию богатств недр Земли.

Хотя геологические службы уже появились в Европе и многих других странах в разные годы (Великобритания – 1832, Канада – 1842, Италия – 1848, Австрия – 1849, Франция – 1855,

Швеция – 1858, США – 1867, Венгрия – 1872, Германия – 1873, Бельгия – 1877), подобной им организации в России не существовало.

В борьбу за создание в России государственной геологической организации, аналогичной геологическим службам других стран, включились виднейшие геологи страны, в том числе и Александр Петрович Карпинский. Толчком для настоящей борьбы геологов за создание организации с целью «систематического, основанного на общем плане исследования геологии России» послужила статья профессора Горного института академика Григория Петровича Гельмерсена, опубликованная в «Горном журнале» в 1863 г. [2].

В 1875 г. по представлению Г. П. Гельмерсена в соответствующую комиссию был включен 28-летний адъюнкт Горного института Карпинский (рис. 1). И с этого времени вся жизнь и деятельность Александра Петровича были связаны с государственной геологической службой России. Через год, в 1876 г. (10 марта), фамилия А. П. Карпинского появилась среди других членов Комиссии под Проектом устава и штата новой организации, первый параграф которого гласил:

«§1. Геологическое учреждение имеет целью подробное изучение геологического строения России и распространения познаний о нем. Цель эта клонится к развитию геологической науки и раскрытию минеральных богатств в нашем отечестве».

В отличие от предыдущих предложений, это геологическое учреждение проектируется не при Горном институте, а предполагается независимым, подчиненным непосредственно министру государственных имуществ, т. е. приобретает

На подлинном Собственном ЕГО ИМПЕРАТОРСКОГО
ВЕЛИЧЕСТВА рукою написанно:

„БЫТЬ ПО СЕМУ“.

Въ Гатчинъ.
19 Января 1892 г.

ПОЛОЖЕНИЕ

О ГЕОЛОГИЧЕСКОМЪ КОМИТЕТѢ.

1. Въ видахъ подробнаго изученія геологическаго строения
Россіи, при Горномъ Департаментѣ Министерства Государствен-
ныхъ Имуществъ состоитъ Геологическій Комитетъ.

2. Геологическому Комитету поручается: 1) систематиче-
ское изслѣдованіе геологическаго строения Россіи; 2) разра-
ботка относящихся до сего предмета свѣдѣній и изданіе напеча-
танныхъ по оному сочиненій; 3) составленіе и изданіе подробной
геологической карты Государства; 4) собраніе горныхъ породъ
и полезныхъ ископаемыхъ и составленіе изъ нихъ систематиче-
скихъ коллекцій и 5) содѣлать другія вспоможенія и част-
ныя дѣла въ предметѣ занятій Комитета.

3. Геологическій Комитетъ составляется: 1) директоромъ, 2)
присутствіемъ, 3) старшимъ и младшимъ геолога, геологовъ-сотрудни-
ковъ, коллекторовъ и консерваторовъ.

4. Директоръ избирается Министромъ Государственныхъ
Им. Пр. Св. Т. С.

Имущества изъ лицъ, занимавшихъ себе спеціальныя познанія
по геологическимъ наукамъ, и, по представленію его, назначаются
къ должности Вспомогательнаго члена.

На подлинномъ Собственномъ ЕГО ИМПЕРАТОРСКОГО
ВЕЛИЧЕСТВА рукою написанно:

„БЫТЬ ПО СЕМУ“.

Въ Гатчинѣ
19 января 1892 года.

ШТАТЪ

ГЕОЛОГИЧЕСКАГО КОМИТЕТА.

	Число лицъ. Жалованья. Служебныя. Квартиры. Прочее.	Одному въ годъ. Рублей.	ВСЕГО.	Классы и разряды.			
				По должности.	По числу.		
Директоръ	1	Содержаніе получать по другой занимаемой имъ должности.					
Ему добавочныхъ	1,500 — —	1,500	1,500	V	—		
Старшихъ геологовъ: состоящихъ изъ по- мощниковъ содержанія.	1	1,500	750	3,000	3,000	V	V
получающихъ од- но лишь добавоч- ное жалованье.	2	1,500 — —	1,500	3,000	V	V	V
Младшихъ геологовъ.	3	500	350	1,500	4,500	VI	VI

Число лицъ. Жалованья. Служебныя. Квартиры. Прочее.	Одному въ годъ. Рублей.	ВСЕГО.	Классы и разряды.				
			По должности.	По числу.			
Одному изъ лицъ изъ изслѣдатель- скихъ обязанностей секретаря добавочныхъ.	300 — —	300	300	IX	IX		
Консерваторъ (одинъ изъ двухъ производимыхъ и наемлюемыхъ).	1	700	250	350	1,200	IX	IX
На изданіе чертежей, писемъ, напечатаній, статей и т. п.	—	—	—	—	2,000		
На расходы по командированію директоровъ, а равно старшихъ и младшихъ геологовъ.	—	—	—	—	5,500		
На вознагражденіе геологовъ- сотрудниковъ и коллекторовъ.	—	—	—	—	3,000		
На приобретение книгъ и науч- ныхъ пособій, а также на про- изводство анализовъ.	—	—	—	—	1,500		
На канцелярскіе расходы.	—	—	—	—	300		
На ремонтъ мебели и принадле- жностей.	—	—	—	—	300		
На печатаніе изданій Комитета.	—	—	—	—	3,000		
ВСЕГО	—	—	—	—	30,000		

Примѣчаніе. Старшій геологъ, которому вполнѣ платится только со-
держаніе, а равно младшіе геологи получаютъ приписаніе къ жалованью
квартирантъ и столовыхъ дѣлать имъ тогда, когда они не занимаютъ другихъ
должностей въ геологическомъ службѣ, въ которыхъ создано сравненіе къ
противнымъ службамъ высшихъ классовъ производимыхъ ими только жалованье.

Подлинное написано: Председателемъ Государственнаго Совета

„МХАНЪ“.

Рис. 2. Фрагмент Положения о Геологическом комитете и Штат Геологического комитета (Известия Геолкома. 1882. Т. 1. С. I–VIII)



Рис. 3. Первый состав Геологического комитета

Слева направо сверху вниз: Г. П. Гельмерсен, А. П. Карпинский, И. В. Мушкетов, С. Н. Никитин, В. А. Домгер, А. А. Краснопольский, Ф. Н. Чернышёв

государственный статус. Основные положения указанного проекта и были закреплены в будущем «Положении о Геологическом комитете».

Через шесть лет, 19 (31) января 1882 г., по представлению Государственного совета было получено одобрение Александра III: «Быть посему» (рис. 2). Директор Комитета имеет широкие права и обязанности, избирается министром, но «назначается на должность Высочайшей властью».

В первый состав Комитета входили директор Г. П. Гельмерсен, старшие геологи А. П. Карпинский, И. В. Мушкетов, С. Н. Никитин, младшие геологи — В. А. Домгер, А. А. Краснопольский и Ф. Н. Чернышёв, который с 1885 г. занимает освободившееся место старшего геолога (рис. 3).

25 февраля того же года А. П. Карпинский назначается директором Геологического комитета. О том, в каком положении находился Геологический комитет и его директор, можно судить, сравнивая нашу обеспеченность работниками геологической службы для колоссальной территории

России с данными о геологических службах стран Западной Европы. Эта таблица была представлена Карпинским в Горный департамент в 1886 г. (табл. 1). И не случайно еще в XIX веке, оценивая работу Геолкома и его директора, справедливо признавали, что хотя формально он был третьим директором Комитета (до него Геолком возглавляли Г. П. Гельмерсен и В. Г. Ерофеев), но по существу стал первым, кто сумел так организовать этот небольшой коллектив, столько геологов привлечь к работе Комитета и сделать ее результативной, тем самым завоевав авторитет и в правительстве России, и за границей, что всего через 12 лет на VI сессии МГК (Швейцария) было решено следующую VII сессию Конгресса провести в России, в Петербурге [1].

Задачи, поставленные перед Геологическим комитетом в 1882 г., были огромные: «Геологическому комитету поручается: 1) систематическое исследование геологического строения России; 2) разработка относящихся до сего предмета сведений и издание научных по оному сочинений; 3) составление и издание подробной геологической карты государства; 4) соби́рание горных пород и полезных ископаемых и составление из них систематических коллекций и 5) содействие другим ведомствам и частным лицам по предметам занятий комитета...». Тогда же при Геолкоме были основаны библиотека и музей.

Систематическое исследование геологического строения России — это и есть прежде всего составление геологической карты в едином масштабе, по единым принципам и методике и по унифицированной терминологии. В Минералогическом обществе уже были подготовлены методические пособия, членами Общества производились геологические съемки разного масштаба, однако их территории определялись разными причинами и не всегда выполнялась принятая методика. Именно с выработки единой и обязательной методики геологической съемки и ее системного

Таблица 1
Данные о геологических службах Западной Европы

Страна	Число членов геологических учреждений	Площадь страны, км ²	Число геологов, приходящееся на территорию, равную по площади Европейской России
Великобритания	47	314 254	759
Австрия (без Венгрии и Богемии)	20	248 436	407
Пруссия	14	348 345	204
Италия	12	238 457	255
Швеция (без Норвегии)	12	442 701	137
Испания	15	495 611	153

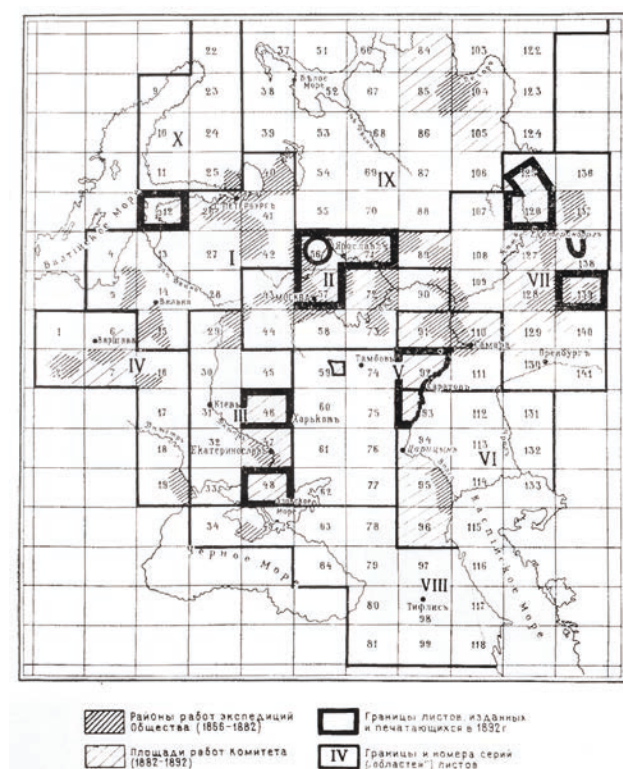


Рис. 4. Экспедиции Русского минералогического общества (1866–1882 гг.), съемки Геологического комитета (1882–1892 гг.), изданные и отпечатанные в 1892 г. листы геологической карты

руководства начал свою работу Комитет, поручив С. Н. Никитину подготовку соответствующей инструкции.

А. П. Карпинскому было предложено разработать способы и унификацию изображения геологической нагрузки на карте, что было им сделано еще ранее и по существу принято на II сессии МГК в 1881 г. в Болонье. Инструкция была утверждена Присутствием (Ученым советом) Геолкома 10 декабря 1883 г., менее чем через два года после создания Геолкома [8]. В ноябре 1882 г. А. П. Карпинский стал главным редактором будущей 10-верстной Геологической карты Европейской России и нашим официальным представителем в Комитете по созданию Международной



Рис. 5. Особняк графини Остен-Сакен на 4-й линии Васильевского острова, дом 15, в котором размещался Геологический комитет с 1884 до 1914 г.

геологической карты Европы. Карту Европейской России было решено делать полистно, разбив территорию (по предложению С. Н. Никитина) на 10 областей (серии листов) (рис. 4). Руководство съемками Уральской области достается А. П. Карпинскому, где он не только родился, но, главное, еще в 70-е годы вел геологические съемки и исследовал месторождения полезных ископаемых в ряде районов Урала.

Уже первые систематические геологические съемки привели к открытию крупных месторождений марганца на Украине (Никополь), железа, каменного угля и золота на Южном Урале. В первые же дни директорства Александр Петрович подает в Горный департамент записки о необходимости резкого увеличения штата и бюджета Геолкома, а также ходатайство о постройке специального здания, поскольку Комитет ютился в трех комнатах, а позднее на профессорской квартире Горного института. С 1894 по 1914 г. арендовали особняк графини Остен-Сакен (4-я линия В. О.) (рис. 5).

Увеличение объема работ вынуждает Горный департамент отпускать небольшие дополнительные средства, и в результате с 1888 г. появляются прикомандированные к Геолкому геологи (табл. 2). Несмотря на различные трудности и недостаток кадров, за первые три года работы Комитета (1882–1885) было подготовлено к печати 11 листов карты Европейской России. Кроме директора вели съемку С. Н. Никитин (первый лист, на котором опробовалась предлагаемая Инструкцией методика), А. П. Павлов, Ф. Н. Чернышёв, А. А. Краснопольский, А. А. Штукенберг, А. Карицкий, В. А. Домгер, А. О. Михальский, Ф. Б. Шмидт, И. В. Мушкетов и другие. Все указанные листы были представлены на III сессии МГК (1885 г., Берлин). 31 октября 1891 г. Александр Петрович сообщил Присутствию, что имеется достаточно данных для составления 60-верстной Геологической карты всей Европейской России как восточной части Геологической карты Европы.

Эта карта на шести листах с объяснительной запиской была издана в 1897 г., причем ряд использованных в ней обозначений и границ был принят на листах карт Западной Европы. На материалах съемок «своих» районов все члены Геолкома разрабатывают важные фундаментальные вопросы тектоники, седиментации, стратиграфии, палеонтологии, помещают результаты исследований в «Известиях» (с 1882) и «Трудах» (с 1883) Геологического комитета (рис. 6). В частности, Александр Петрович публикует фундаментальную работу об аммонейх артинского яруса, развивая в ней концепцию так называемых переходных слоев.

Так, учреждение Государственной геологической службы естественно приобретает вторую свою главную функцию — научно-исследовательского института. В последнем проекте «Положения» это учреждение и называлось институтом. Здесь необходимо заметить, что, поскольку

Геологи, прикомандированные к Геолкому в 1888–1912 гг.

Годы	Геологи
1888–1890	К. Ф. Ругевич, М. Н. Миклухо-Маклай (1888 г.); Н. И. Лебедев, Д. А. Олсуфьев, Г. П. Михайловский, Л. А. Юзбашев, Лифлянд, Л. И. Лутугин (1889 г.); Н. Л. Ижицкий, И. И. Павлов, Попов, Денбский, Холодковский (1890 г.)
1891–1895	К. И. Богданович, К. Абраам, Крат, Н. К. Высоцкий, Гейкинг (1891 г.); В. А. Иосса, В. Н. Коншин (1892 г.); И. Ф. Киселев, А. П. Герасимов, А. К. Мейстер, Н. Н. Яковлев, Э. Э. Эйхельман (1893 г.); А. Н. Муравский, А. И. Хлапонин (1894 г.); Ф. П. Чихачев, В. А. Наливкин, В. А. Вознесенский (1895 г.)
1896–1899	П. Б. Риппас, А. А. Борисьяк, Э. Э. Анерт, Б. Б. Ребиндер (1896 г.); А. А. Леш, И. А. Антипов, П. Н. Зейдлиц, Ф. К. Фольтанский, А. В. Фаас (1897 г.); В. Н. Вебер (1898 г.); К. В. Марков, С. Г. Воислав, М. Ф. Томашевский, Н. А. Родыгин, В. И. Соколов, Д. В. Николаев, И. А. Корзухин (1899 г.)
1901–1905	Л. Л. Арцт, Д. В. Голубятников, Л. К. Конюшевский, П. Е. Ковалев, Е. И. Юшкин, А. А. Семенченко, И. В. Боровский, М. В. Деларю, Д. В. Иванов, А. М. Зайцев, А. Н. Рябинин (1901 г.); С. Д. Кузнецов, К. П. Калицкий, Ильницкий, Тимофеев, А. М. Симонов, Кучкин (1902 г.); П. Е. Волярович (1903 г.); В. В. Никитин, И. И. Володкевич, Г. И. Стальнов, Рыженко, П. И. Полевой, Р. Ф. Шпринг (1904 г.); С. Ф. Малявкин, А. Н. Огильви (1905 г.)
1907–1912	В. Лангваген, Савич-Заблоцкий, С. И. Чарноцкий, Л. Л. Богушевский, Д. И. Мушкетов, И. А. Егунов, П. И. Степанов, А. И. Педашенко, Нацвалов, Круг, Соколовский (1907 г.); В. К. Котульский, А. А. Демин, В. П. Ренгартен, А. П. Замятин, Панфилов (1908 г.); Б. Ф. Мефферт, Н. Н. Славянов, В. Н. Зверев, Н. Г. Владимиров (1909 г.); К. А. Прокопов, Маковский, Юферов (1910 г.); М. В. Абрамович, С. А. Докторович-Гребницкий, И. М. Губкин, А. Кульчицкий, И. М. Карк, Б. К. Лихарев, Н. М. Леднев, И. И. Никшич, Н. И. Свитальский, П. В. Чуринов (1912 г.)

в России так традиционно назывались учебные заведения, Государственный совет заменил его словом «Комитет».

Одновременно с составлением и изданием листов Геологической карты Европейской России под редакцией А. П. Карпинского Комитету поручалось решение очень многих актуальных практических задач, которые только и могли выполнить специалисты по геологическим. Эти задачи касались месторождений и перспективности использования ряда полезных ископаемых — фосфоритов, каменного угля, минеральных источников, марганца, золота, платины, хрома, каменной соли, железных руд. В этих работах на Урале Александр Петрович принимал непосредственное участие. Выполнялись задания, связанные с водоснабжением населенных пунктов и орошением земель, с изучением причин и последствий землетрясений (1887, И. В. Мушкетов, г. Верный).

С 1892 г. Геолком был привлечен к геологическим исследованиям трассы Сибирской железнодорожной магистрали. В том же году Присутствие приняло решение о детальной одновременной съемке Донецкого угольного бассейна (Ф. Н. Чернышёв, Л. И. Лутугин) — началась славная донецкая эпопея Геолкома. Будучи главным редактором геологической карты Европейской России, Карпинский, кроме хорошо знакомого ему Урала, в начале 1890-х годов проводит исследования в Казанской, Харьковской, Киевской, Минской, Виленской и Таврической губерниях, редактирует разделы геологии и минералогии в Словаре русского языка.

Только перелистав ежегодные отчеты Геолкома, можно почувствовать и понять, какое

выдающееся значение имело в этих многообразных делах участие А. П. Карпинского и как директора Комитета, и как ученого широчайшего кругозора, глубоких знаний в ряде областей геологии, и как деликатного, но умеющего отстоять свою точку зрения человека.

Пятнадцатилетие работы Геологического комитета было торжественно отмечено в 1897 г. во время VII сессии МГК, которая впервые состоялась в России, в Петербурге. А. П. Карпинский был председателем Оргкомитета и президентом Конгресса. Ему и генеральному секретарю Конгресса Ф. Н. Чернышёву достались все трудности, с этим связанные, от выбора мест и подготовки



Рис. 6. Известия Геологического комитета за 1882 (том 1) и 1901 годы (том 20)



Рис. 7. Благодарственный адрес с подписями иностранных участников VII сессии Международного геологического конгресса, 1897 г.

экскурсий (оба они готовили уральские), составления и издания Геологического путеводителя по Европейской России, включая Кавказ и Урал, заказа различных медалей до обеспечения участников удобным транспортом и различными знаками русского гостеприимства. Конгресс продемонстрировал выдающиеся достижения еще очень молодой российской геологии, показал определяющее значение именно государственного статуса геологической службы (рис. 7).

За год до Конгресса ученый был избран ordinарным академиком Императорской Санкт-Петербургской академии наук (экстраординарный академик с 1889 г.) (рис. 8). Появившиеся в связи с этим новые обязанности, активное участие в ряде международных геологических организаций, необходимость завершения собственных исследований, да и, наверное, просто физическая и моральная усталость, связанные со столь ответственным государственным делом — руководством Геологическим комитетом в тече-

ние более 18 лет (25.02.1885—28.04.1903), привели Карпинского к решению об отставке. Тем более, что смена была более чем достойная: уже многие годы Ф. Н. Чернышёв во многих делах Комитета — ближайший незаменимый помощник директора. А. П. Карпинскому было присвоено звание почетного директора Геологического комитета, и он по мере возможности продолжал участвовать в его работе. Постоянно бывал на заседаниях Присутствия, согласовывал с Комитетом мероприятия, проводимые Академией наук, а также Горного ученого комитета, Комиссии по исследованию естественных производительных сил России (КЕПС) и др.

Геологический комитет постепенно пополнялся выпускниками Горного института, которых в течение 30 лет начиная с 1877 г. обучал и воспитывал А. П. Карпинский. Среди них (по порядку годов выпуска) — Ф. Н. Чернышёв, Е. С. Федоров, К. И. Богданович, В. А. Обручев, Л. И. Лутугин, А. П. Герасимов, Н. Н. Яковлев, А. А. Борисьяк, В. Н. Вебер, А. Н. Рябинин, Н. Ф. Погребов и др. (рис. 9).

С участием А. П. Карпинского — почетного директора Комитета — было подготовлено третье «Положение о Геологическом комитете», утвержденное в 1912 г., и первый десятилетний план его работы. План этот (или программа) был направлен на выполнение 10-верстной геологической съемки всей территории России и детальных исследований в наиболее важных горнопромышленных районах. Через год после смерти президента Императорской академии Великого князя К. К. Романова (02.06.1915) А. П. Карпинского 15 мая 1916 г. назначают временно исполняющим обязанности вице-президента Академии, а после Февральской революции 15 мая 1917 г. избирают (впервые!) общим собранием президентом уже Российской академии наук (с 1925 г. — АН СССР), кем он и оставался до своей кончины 15 июля 1936 г.

В новом здании Геолкома (рис. 10) Александр Петрович имел свой кабинет номер 133. Рядом находилось Присутствие Геолкома (с 1930-х годов — зал Ученого совета института), заседания которого он старался не пропускать. Здесь демонстрировались



Рис. 8. А. П. Карпинский — президент Императорской академии наук (слева), здание Императорской академии наук в Санкт-Петербурге (справа)



Рис. 9. А. П. Карпинский среди геологов Геологического комитета 1907 г.

1-й ряд, сидят (слева направо): Н. А. Богословский, Н. К. Высоцкий, Н. А. Соколов, А. А. Краснопольский, С. Н. Никитин, Ф. Б. Шмидт, Ф. Н. Чернышёв, А. П. Карпинский, И. Ф. Синцов, Н. Н. Яковлев, К. К. Фогт, К. И. Богданович. 2-й ряд, стоят: К. А. Родыгин, Д. Л. Иванов, В. И. Соколов, А. И. Хлапонин, Н. И. Каракаш, А. Н. Державин, А. К. Мейстер, Л. А. Ячевский, Л. И. Лутугин, А. А. Борисяк, Н. Н. Тихонович, А. П. Герасимов, А. А. Снятков, П. И. Преображенский, А. В. Флерова, Н. Ф. Погребов.

3-й ряд: Д. В. Голубятников, А. В. Фаас, А. Н. Рябинин, М. М. Бронников, П. Б. Риппас, П. К. Яворовский, Э. Э. Анерт, С. И. Чарнотский, М. Д. Залесский, Я. В. Лангваген, В. В. Никитин, К. П. Калицкий, В. Н. Вебер, П. И. Степанов, Г. А. Стальнов

материалы и образцы полевых партий, которыми тоже интересовался А. П. Карпинский. Он продолжал принимать самое деятельное участие в разработке перспективных планов исследований Геолкома и его картографических работ.

В кабинете номер 133 заседал Совет Палеонтологического общества, первым почетным членом которого был Александр Петрович (рис. 11). С 1950-х годов это кабинет Межведомственного стратиграфического комитета, первым председателем которого был непосредственный ученик А. П. Карпинского — академик Д. В. Наливкин. Этот кабинет занимал член-корреспондент РАН А. И. Жамойда — председатель Межведомственного стратиграфического комитета России с 1989 по 2021 г.

Подводя итоги работы Геологического комитета, А. П. Карпинский в 1900 г. отмечал: «Коллективно выработанный общий план работ, обставленный определенными требованиями, обязательный отбор всех литературных источников, точное обособление фактических данных и выводов, обязательный характер научной обработки материалов, сохранение последних на вечные времена, как оправдательных документов, доступных для общего пользования и т. п., конечно, должны были сильно повысить минимальные требования к научным геологическим работам» (Собр. соч., т. IV, М.: Л., 1949, с. 402) [9]. И подчеркивал, что повышение уровня исследований уже произошло.



Рис. 10. Здание Геологического комитета, ныне — Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского

Рис. 11. А. П. Карпинский в кругу членов Русского палеонтологического общества, 1924 г.

Слева направо сидят: М. Э. Янишевский, А. П. Карпинский — первый почетный член, Н. Н. Яковлев, А. А. Борисяк. Стоят: А. Н. Рябинин, П. И. Степанов, М. Д. Залесский, Б. К. Лихарев. Кабинет А. П. Карпинского в Геологическом комитете (каб. 133)

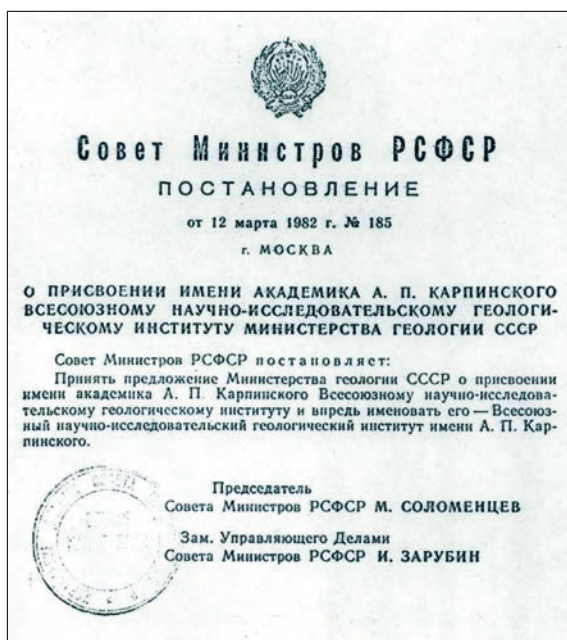


Рис. 12. Постановление Совета министров СССР о присвоении имени академика А. П. Карпинского Всесоюзному научно-исследовательскому геологическому институту Министерства геологии СССР, 12 марта 1982 г.



Рис. 13. Город Карпинск, Свердловская область

Этот геолкомовский стиль деятельности — принципиальная определяющая установка на геологическое картографирование при расширяющихся его аспектах (составление специализированных карт и их интеграция) для обеспечения работ по поискам и прогнозированию минерально-сырьевых ресурсов — сохранился при преобразовании научно-исследовательской части Комитета вначале в ЦНИГРИ и далее во ВСЕГЕИ.

В конце 1970-х годов дирекция ВСЕГЕИ ходатайствовала о присвоении институту имени А. П. Карпинского. Эта инициатива была поддержана министром геологии СССР Е. А. Козловским, и 12 марта 1982 г. Постановлением Совета министров РСФСР № 185 это имя было присвоено ВСЕГЕИ (рис. 12), а в начале апреля 1982 г. институт отметил свое столетие.

Именем А. П. Карпинского названы город в Свердловской области (рис. 13), улицы в Петербурге, Москве, Верхнеуральске, крупное научно-исследовательское судно (рис. 14), многие географические и палеонтологические объекты.



Рис. 14. Научно-исследовательское судно «Академик Александр Карпинский», 1984 г.

Учреждены золотая медаль Российской академии наук (1947 г.), международная премия и медаль (ФРГ, 1977 г.), премия и медаль Правительства Петербурга (1998 г.) (рис. 15, а, б, в).

В 1936 г. было выпущено Постановление Совнаркома СССР об установке памятника Карпинскому в Москве. Но оно не было выполнено.

В 2009 г., во многом благодаря инициативе член-корреспондента РАН Льва Исааковича Красного, памятник выдающемуся ученому был установлен в Петербурге. Он стоит у входа в институт, названный в честь его имени, на 21 линии, куда выходят окна кабинета академика. На этой улице расположен Горный институт, с которым он, как и с Геологическим комитетом России, был тесно связан всю свою жизнь.

Становление и развитие геологической картографии. Систематическое геологическое изучение недр началось в 1883 г. с решения о начале подготовки первой полистной (в рамках геодезической разграфки топографических карт) 10-верстной (1 : 420 000) геологической карты Европейской России. Разработанный для нее «Общий план геологического исследования России» послужил основой планирования геологической картографии вплоть до 1930-х годов.

Составление 10-верстной карты проводилось по «Инструкции лицам, командируемым Геологическим комитетом для систематического исследования геологического строения России и составления ее геологической карты». В Инструкции обращалось внимание на «необходимость полного единства в общем плане» по составлению геологической карты Европейской России в 10-верстном масштабе. В ней подробно сформулированы требования к частоте и точности наблюдений, к опробованию, аналитическим работам и т. д.

Картографирование основывалось на стратиграфическом подходе — главными единицами картирования были подразделения общей стратиграфической шкалы, обозначалось распространение массивных (магматических и метаморфических) пород и осадочных образований различных систем, кроме четвертичных. Отражение состава стратиграфических подразделений с целью поисков полезных ископаемых (особенно тесно связанных с составом — фосфориты, угли, глины и т. п.) началось лишь в 1930-х годах. Осадочные образования и массивные породы обозначались на картах отдельным цветом и буквами латинского и греческого алфавитов.

В соответствии с «Общим планом геологического исследования России» территория Европейской России (с Закавказьем и Зауральем) была разделена на 145 листов (рис. 16). По предложению С. Н. Никитина, листы были объединены в десять серий: Балтийскую, Центральную, Днепровскую, Западной границы, Волго-Донскую, Прикаспийскую, Уральскую, Крымо-Кавказскую, Северную и Финляндскую. С учетом геологической изученности европейскую часть



Рис. 15. Золотая медаль Российской академии наук — а, международная премия и медаль — б, премия и медаль Правительства Петербурга — в

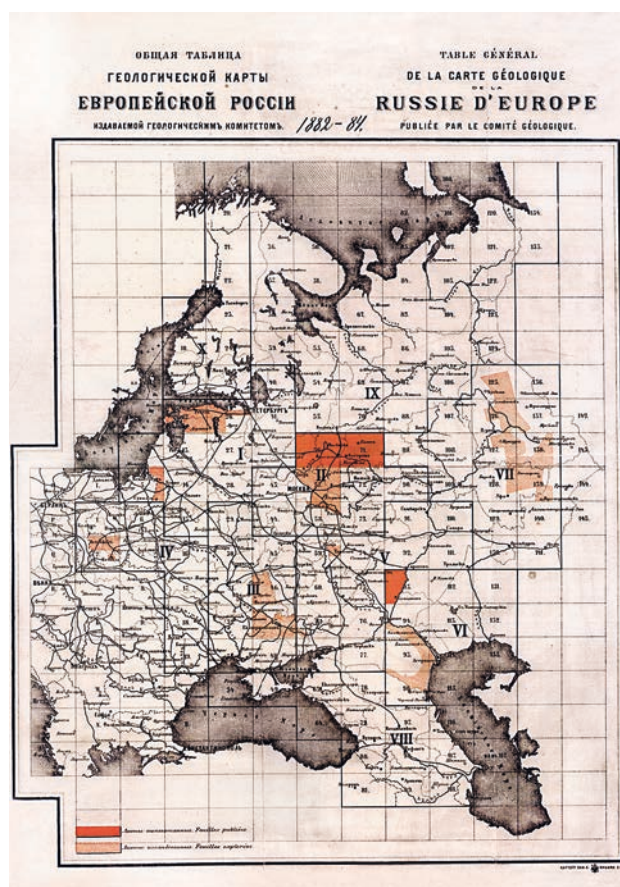


Рис. 16. Геологическая изученность Европейской России в 1882–1984 гг.

России, по предложению А. П. Карпинского, разделили на три категории.

Работа по планомерной геологической съемке листов 10-верстной карты Европейской России осуществлялась для того времени хорошими темпами. Из 145 листов к 1907 г. работы велись на 80 листах, 30 было закончено и 14 почти подготовлено.

Первая 10-верстная геологическая съемка европейской части России потребовала прежде палеонтологического и стратиграфического изучения картируемых толщ. По существу, подготовка каждого листа сопровождалась монографическим описанием органических остатков, характеризующих изученные отложения. За первые 18 лет деятельности Комитета было издано 16 палеонтологических монографий, ставших классическими. Это труды А. П. Карпинского, Ф. Н. Чернышёва, Н. Н. Яковлева, П. Н. Венюкова и др.

В 1913 г. Геолком приступил к выполнению плана полистной 10-верстной геологической съемки азиатских областей России, но в связи с началом Первой мировой войны работы были прерваны и продолжены только в 1920-х годах (рис. 17).

Этими работами по существу было положено начало одному из важнейших направлений регионального геологического изучения территории страны — систематическому геологическому картографированию территории страны, созданию, изданию и периодическому обновлению полистных геологических карт мас-

штабов 1 : 1 000 000 — 1 : 200 000. Приоритет этого направления в XX веке был закреплен специальными постановлениями Правительства и приказами Министерства геологии СССР.

В 1938 г. ЦНИГРИ (ВСЕГЕИ) выступил инициатором составления первой полистной Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 1 000 000. Вдохновителем и создателем детальной программы этих работ был выдающийся ученый-геолог А. П. Герасимов. По его инициативе был создан Научно-издательский совет, в задачу которого входили апробация и утверждение карт к изданию. Этот совет явился прообразом Научно-редакционного совета ВСЕГЕИ (ныне НРС Роснедра).

Идея академика А. Д. Архангельского, поставившего еще в 1917 г. с учетом обширности территории России вопрос о переходе к систематическому составлению листов геологических карт масштаба 1 : 1 000 000, оказалась очень жизнеспособной и плодотворной. Она получила поддержку и тем, что в середине 1930-х годов СССР перешел полностью на метрическую систему и топографические карты стали составлять в международной разграфке Гаусса на геодезические трапеции масштаба 1 : 1 000 000. Стало необходимым осуществлять геологическое картографирование в соответствии с новой топографической основой.

В конце 1938 г. состоялось Всесоюзное совещание по геологической карте СССР масштаба 1 : 1 000 000. К совещанию были подготовлены карты по 30 номенклатурным листам (рис. 18).

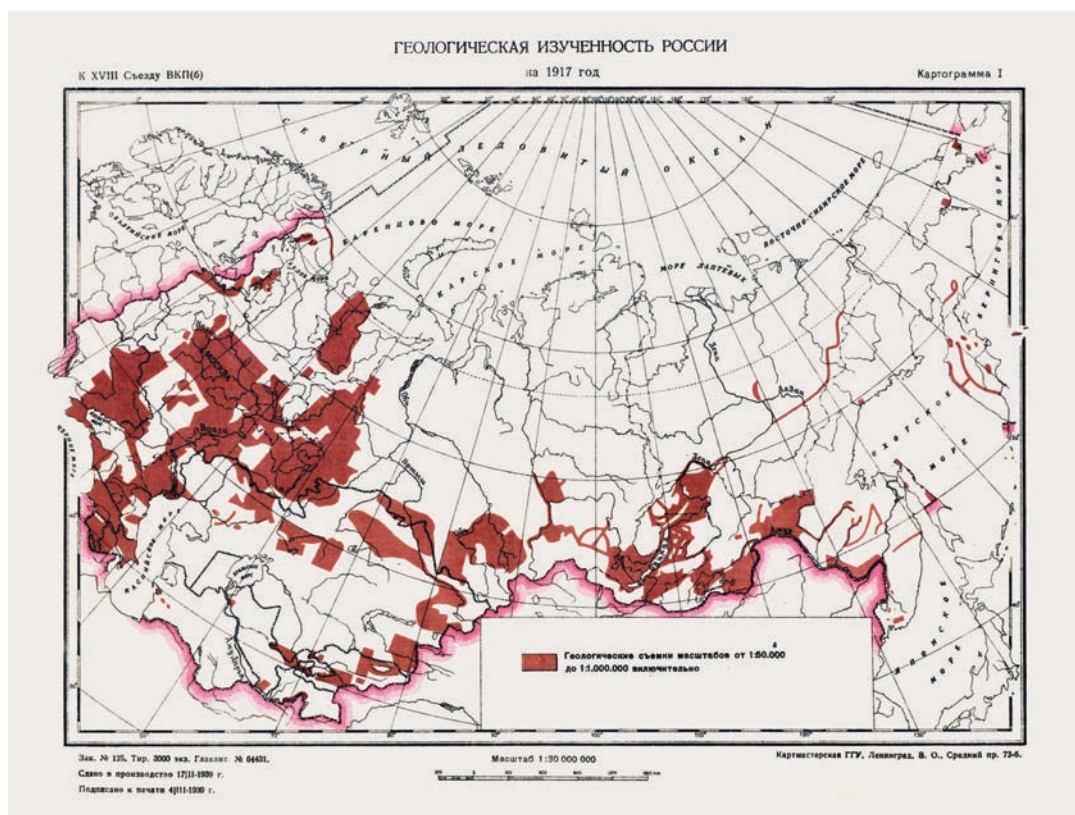


Рис. 17. Геологическая изученность территории России в 1917 г.

В ЦНИГРИ (ВСЕГЕИ) была организована редакционная комиссия, подготовившая «Инструкцию по составлению авторских оригиналов Госгеолкарты СССР в масштабе 1 : 1 000 000» [7] и генеральную легенду (прообраз современных легенд серии Госгеолкарты масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000). По этой инструкции карта СССР состояла из 185 листов с 36 «клапанами» к ним. Составлялись только геологическая карта и объяснительная записка объемом один печатный лист. Краткие сведения о полезных ископаемых приводились при описании стратиграфии и интрузивного магматизма. На основе этой инструкции было издано 49 листов.

Комплекты государственных геологических карт первого издания (1938–1966 гг.) имели ограниченный состав, включающий в основном карты геологическую и полезных ископаемых (рис. 19). Карты четвертичных образований составлялись весьма редко. Других карт в комплекте не было; объекты полезных ископаемых делились только на промышленные и не промышленные месторождения и проявления и отмечались только в случаях, когда позволяли расширить районы развития известных полезных ископаемых, помогали уяснить закономерности распространения тех из них, которые относились к видам ценных полезных ископаемых, чьи месторождения в районе неизвестны, но могут быть обнаружены.

Составление Госгеолкарты СССР масштаба 1 : 1 000 000 первого поколения (Госгеолкарты-1000/1), завершенной в 1966 г. (более 250 листов, включая

переизданные в связи с уточнением требований комплектности и повышением их качества), обеспечило проведение на качественно новом уровне геологических обобщений как по всей территории страны, так и большинству важнейших горнопромышленных регионов. Был открыт ряд месторождений различных полезных ископаемых, дано геологическое обоснование выделения новых минерагенических провинций и рудных районов.

Развитие государственного геологического картографирования привело к интенсификации геофизических, гидрогеологических, геохимических и других региональных исследований.

Материалы Госгеолкарты-1000/1 первого издания стали одним из наиболее полных источников информации о геологии и полезных ископаемых значительной части территории страны и легли в основу создания трехтомной монографии «Геологическое строение СССР» (1958 г.) [3]. Позднее с 1968 г. началась публикация многотомной монографии «Геологическое строение СССР» с атласом карт масштаба 1 : 7 500 000.

Обширные новые материалы, накопившиеся к началу 1960-х годов по результатам составления Госгеолкарты СССР масштаба 1 : 200 000 и проведения крупномасштабных геологосъемочных работ, осуществление разнообразных по методам геофизических и геохимических исследований, охвативших обширные территории, а также значительные достижения в области стратиграфии, петрологии, литологии и тектоники определили необходимость обновления Госгеолкарты-1000/1.

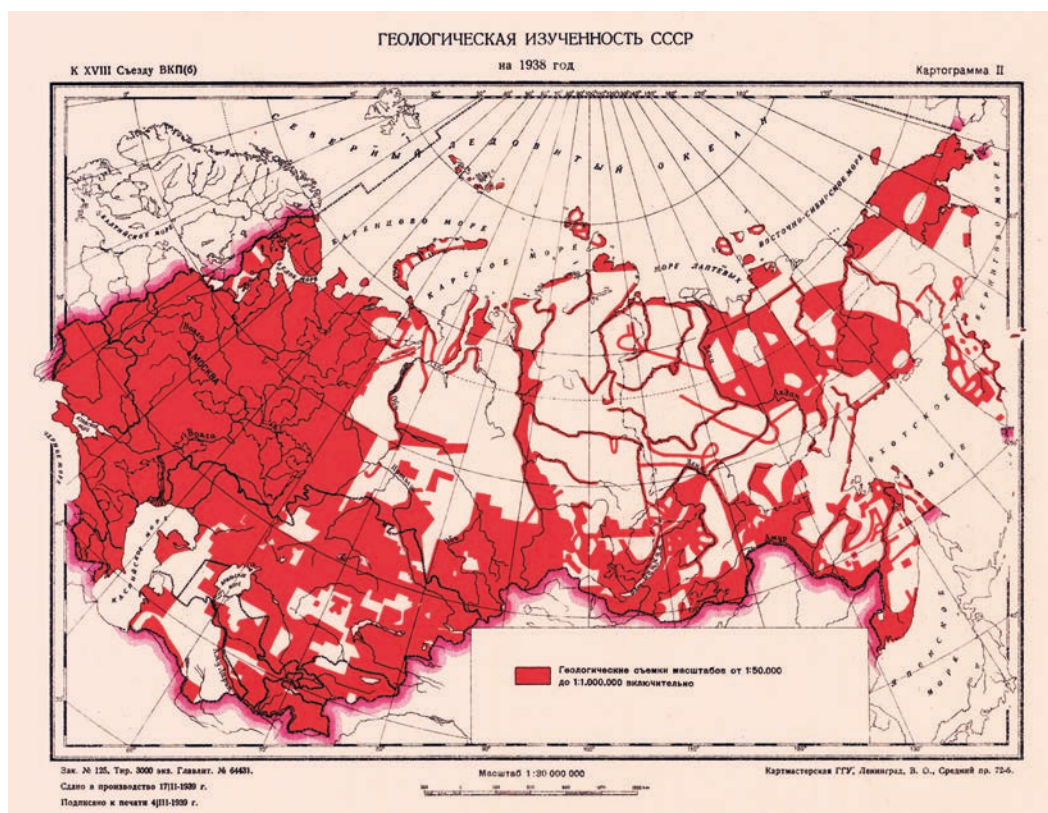


Рис. 18. Геологическая изученность территории России в 1938 г.

Следует отметить, что еще в период составления Госгеолкарты-1000/1 Совет министров СССР в 1954 г. (Постановление СМ СССР № 937, 17.05.1954) специально рассмотрел вопрос об интенсификации работ по геологическому изучению страны и принял решение, что геологическое картирование, являющееся основой комплексного и планомерного геологического изучения, должно считаться одной из главнейших задач Министерства геологии и охраны недр.

На ВСЕГЕИ возлагалось научно-методическое руководство всеми работами по государственному геологическому картированию территории СССР, а также составлению и изданию геологических карт.

Работы по составлению новой серии (второго поколения) Государственной геологической карты СССР масштаба 1:1 000 000 (Госгеолкарты-1000/2) начались во ВСЕГЕИ на основании приказа Государственного геологического комитета «О составлении и издании Государственной геологической карты СССР масштаба 1:1 000 000 (новая серия)» № 116, 4 марта 1964 г. Устанавливалось, что Госгеолкарта-1000/2 должна стать основным справочным материалом по геологии и полезным ископаемым СССР. Приказ

возлагал на ВСЕГЕИ организацию и обеспечение научно-методического руководства всем комплексом работ по составлению и подготовке к изданию листов Госгеолкарты, привлечению к этим работам других научно-исследовательских и производственных организаций.

При ВСЕГЕИ была создана Главная редакция Госгеолкарты-1000/2. В отличие от первой полистной карты страны, являвшейся итогом непосредственно работ этого масштаба, карта новой серии должна была составляться на основе анализа и обобщения материалов Госгеолокарты-200 и более крупномасштабных карт. При этом были также использованы материалы геофизических работ, данные различных видов съемок из космоса, результаты тематических исследований.

Работы начались, однако недостаточная методическая обеспеченность, большие сложности организационного характера столь трудоемких и масштабных работ обусловили то, что по приказу Мингео СССР (№ 320, 13 июля 1970 г.) дальнейшее наращивание работ было приостановлено. Фактически работы прекращены не были, и решением коллегии Мингео СССР от 17 июля 1976 г. по вопросу «О состоянии региональных геологических работ и их эффективности»

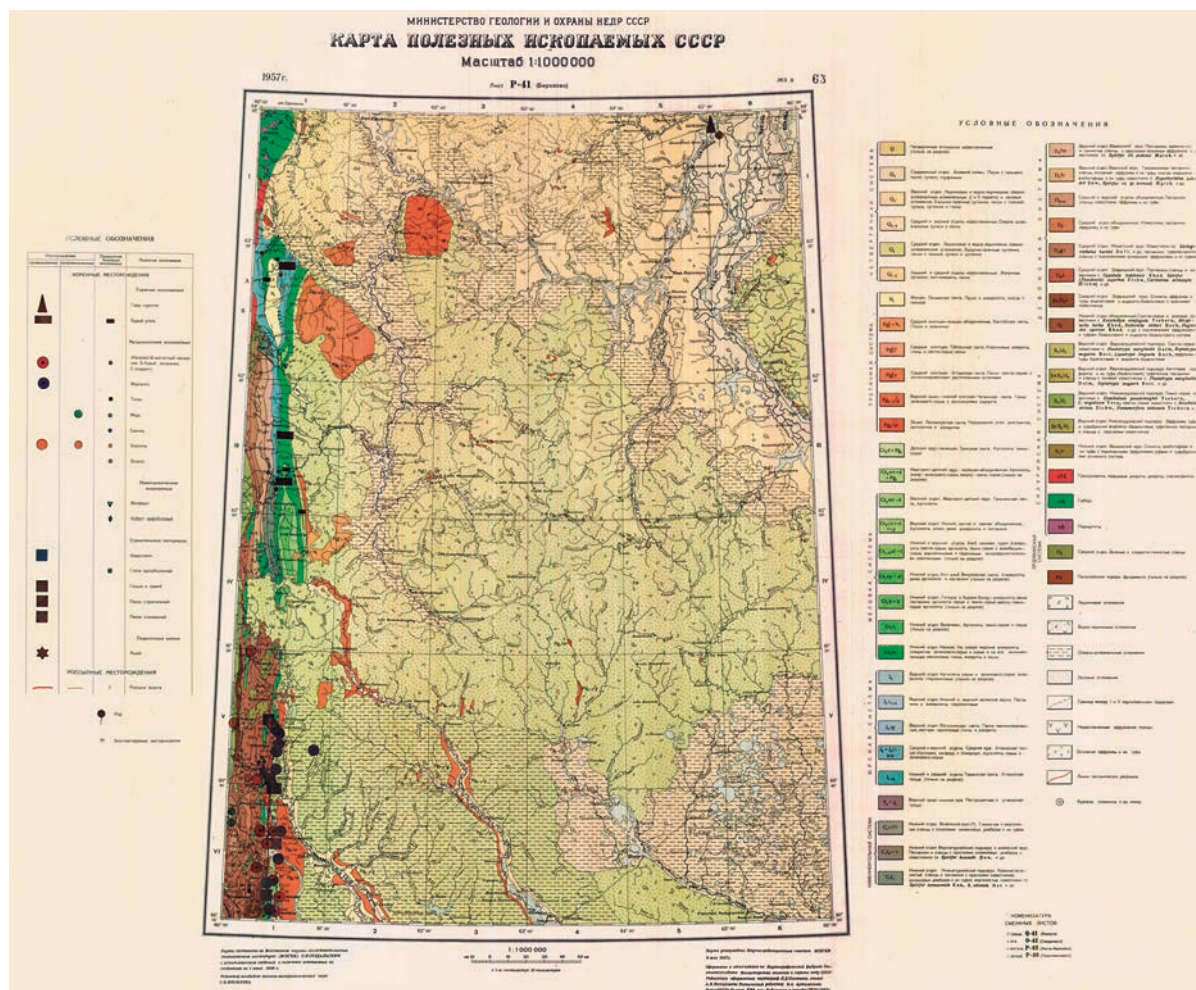


Рис. 19. Карта полезных ископаемых Госгеолкарты-1000 первого поколения, 1957 г.

признавалась необходимость возобновления и расширения работ по Госгеолкарте-1000/2.

В 1979 г. приказом Мингео СССР (№ 344, 8 октября 1979 г.) вновь было подтверждено большое научное и народнохозяйственное значение Гостеолкарты-1000/2.

Особое внимание обращалось на то, что Госгеолкарта призвана отразить достижения отечественной геологии и обеспечить улучшение системности, качества и эффективности геологических исследований регионов и всей территории страны. Приказом утверждались новое положение о Главной редакции Госгеолкарты СССР и ее новый состав. Таким образом, только

с этого времени работы по Госгеолкарте приобрели по-настоящему планомерный характер и стали одним из приоритетных направлений региональных геологических работ.

Новая серия Гостгеолкарты-1000/2 включала 107 номенклатурных листов в разграфке, укрупненной по сравнению с международной в 1,5–2 раза в средних и до 4 раз – в высоких широтах. Этим обеспечивалась высокая степень обзорности карт при их компактности, возможность показа на каждом листе крупных геологических структур. Серии карт из нескольких листов воссоздавали целостную картину особенностей геологического строения и минерально-сырьевого потенциала

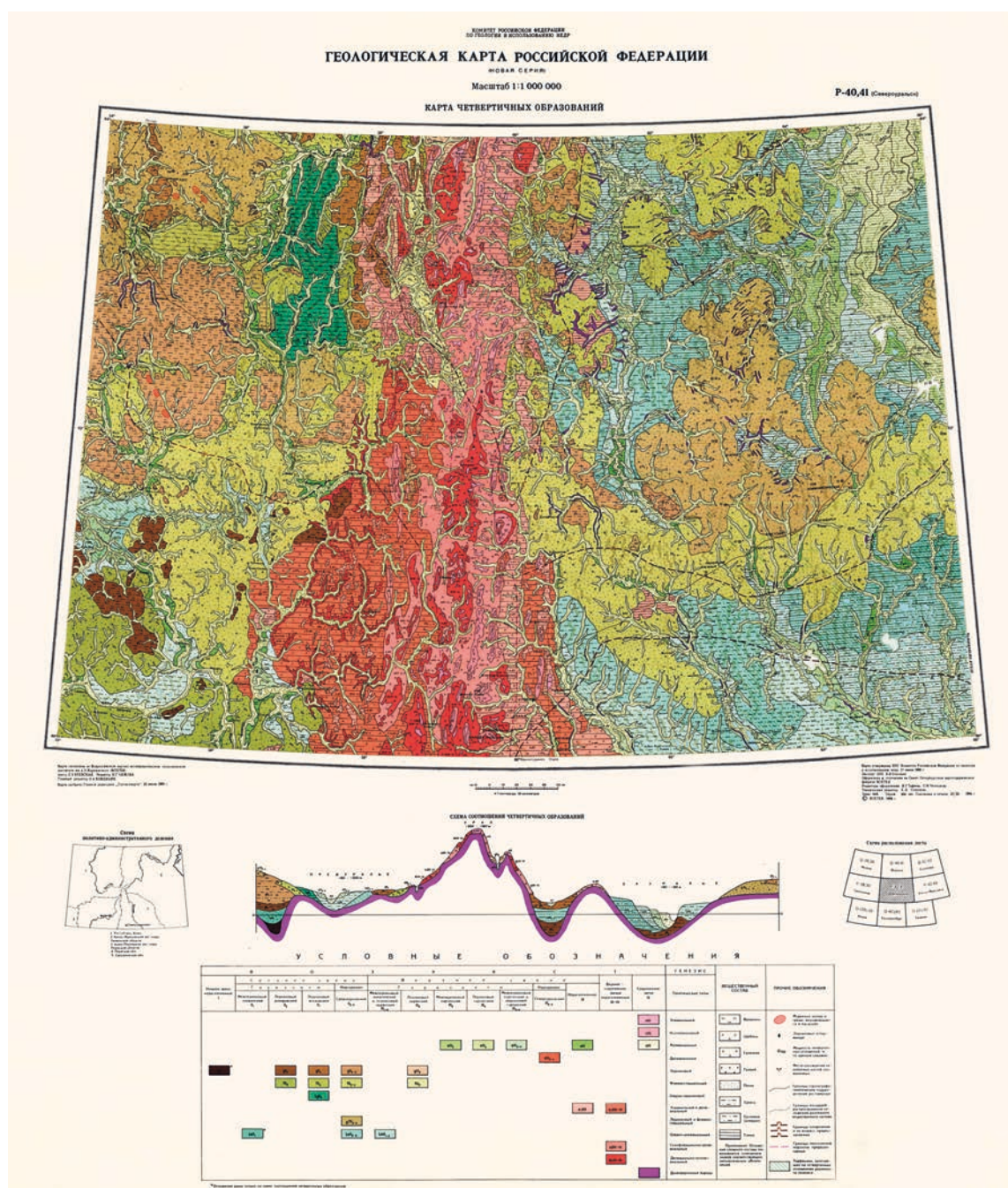


Рис. 20. Карта четвертичных отложений Госгеолкарты-1000 второго поколения (новая серия), 1996 г.

платформ и их щитов, фанерозойских складчатых систем, областей тектоно-магматической активизации и т. п. В указанное количество входило 28 листов, полностью или частично охватывающих континентальный шельф.

В комплект Госгеолкарты-1000/2 в качестве обязательных входили карты дочетвертичных, четвертичных образований и полезных ископаемых (рис. 20). В соответствии с особенностями строения регионов, перспективами их освоения, а также с учетом текущих и возможных потребностей экономики в комплекты дополнительно включались карты глубинных срезов (в платформенных областях), подземных вод, прогноза на нефть и газ. В связи с усилением внимания к экологическим проблемам началось составление геолого-экологических карт. Каждый комплект карт сопровождался объяснительной запиской объемом до 40 печатных листов (к сведению, объем записок к листам первого издания Госгеолкарты составлял 1–5 печатных листов).

В комплектах геологических карт был реализован принцип атласного картографирования — расширение комплекта с составлением геологической карты дочетвертичных и четвертичных образований и карты полезных ископаемых и во многих случаях ряда других карт: нефтегазоносности, подземных вод, геоморфологической, карт

глубинных срезов и др. Была увеличена степень интерпретации с составлением схем тектонического и минерагенического районирования, прогноза перспективных площадей и др. Только в последние годы на некоторых картах (лист «Депутатский») карта полезных ископаемых составлена на тектонической основе с изображением рудоконтролирующих факторов; дробное деление объектов полезных ископаемых на месторождения, ранжированные на крупные, средние и мелкие, проявления и пункты минерализации.

Материалы Госгеолкарты-1000/2 сыграли определяющую роль в создании многочисленных обзорных карт как для территории Российской Федерации в целом (тектонической, 1966; полезных ископаемых, 1987, 1991; геологической, 1992; и др.), так и крупных геолого-структурных регионов Дальнего Востока (включая акватории окраинных морей), Сибирской платформы, Алтае-Саянской области и др. (рис. 21).

Все эти материалы вошли в 10-томную монографию «Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых» [4].

Госгеолкарта-1000/2 не только послужила основой крупных обобщающих работ, но и стимулировала новое освещение ряда важнейших вопросов региональной геологии и металлогении. В частности, карты по группе листов

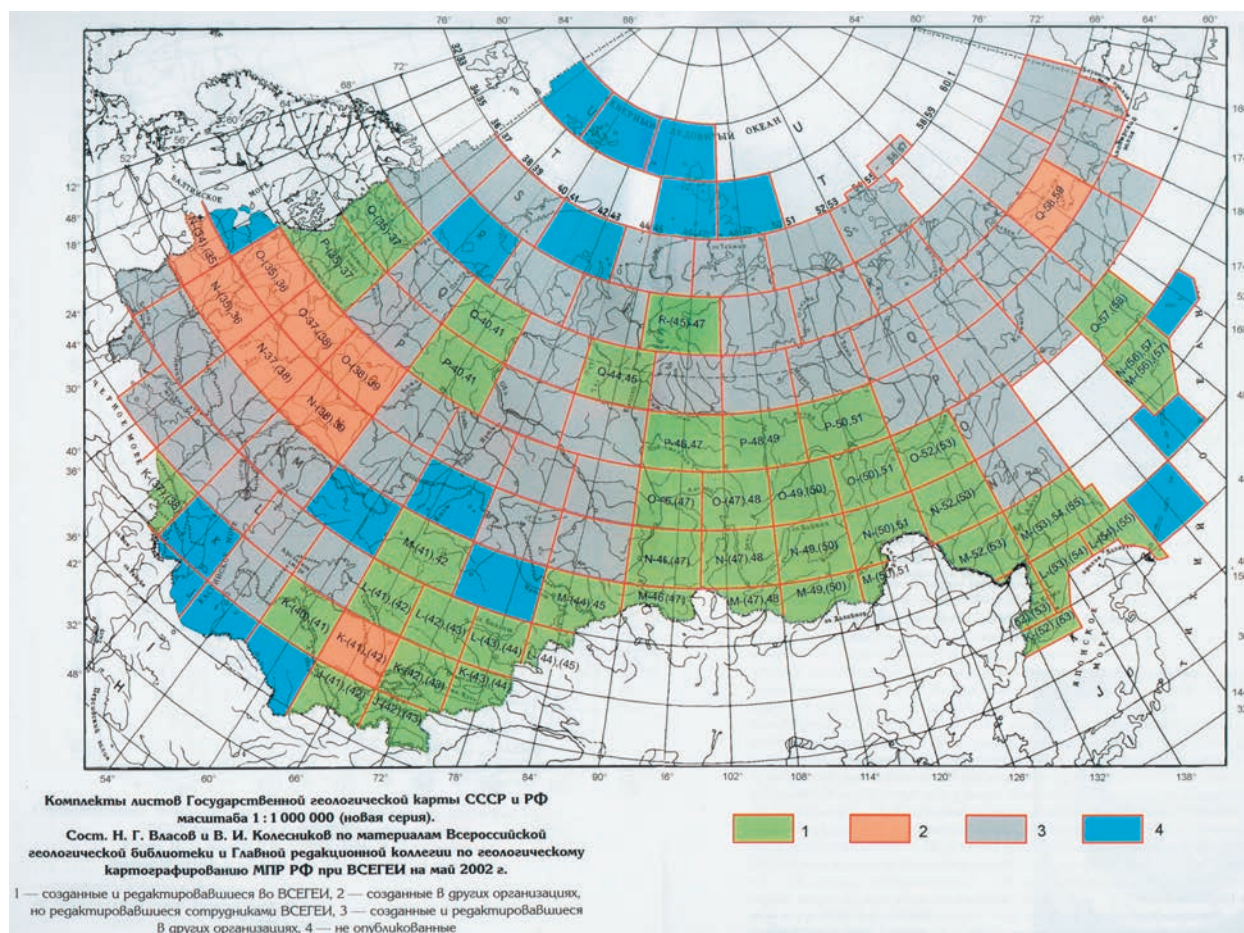


Рис. 21. Состояние комплектов листов Госгеолкарты-1000 второго поколения (новая серия) на 2002 год

Северо-Востока (листы «Депутатский», «Верхоянск», «Среднеколымск», «Марково», «Оймякон»), охватывающие Чукотскую, Тайгоносскую, Корякскую и другие складчатые системы и срединные массивы этого региона, показали, что многие структурные элементы этих тектонических подразделений сформировались в обстановке длительного и сложного взаимодействия Восточно-Сибирской, Арктической и Северо-Американской плит в различной геодинамической обстановке (активных и пассивных окраин, островодужной, коллизионной, син- и постколлизионного рифтогенеза). Это дало возможность отойти от традиционных представлений, по-новому осветить минерагеническую специализацию разнопорядковых структур и наметить дополнительные критерии, уточняющие размещение главнейших полезных ископаемых (золото, серебро, олово).

С начала 1990-х годов во ВСЕГЕИ началась разработка новых требований к Госгеолкарте СССР, учитывающих новейшие тенденции развития геологической картографии. Постановлением Роскомнедра № 7 от 26 марта 1993 г. при ВСЕГЕИ создана Главная редакционная коллегия по геологическому картографированию, включающая секцию Госгеолкарты РФ масштаба 1 : 1 000 000. На Главную редакцию возложены перспективное планирование и координация работ, разработка научно-методических руководств, оказание научно-методической помощи организациям-составителям. Изданы инструкции, регулирующие проведение геологосъемочных работ масштабов 1 : 1 000 000, 1 : 200 000 и 1 : 50 000 000, составление и подготовку к изданию государственных геологических карт масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000. Началось издание карт масштаба 1 : 200 000, составляемых территориальными геологическими организациями. Ряд инструкций был переведен на немецкий, польский и китайский языки.

Необходимость подготовки Госгеолкарты масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения (Госгеолкарты-1000/3) объяснялась целым рядом обстоятельств. Прежде всего это моральное устаревание карт и отсутствие их для некоторых регионов. Кроме того, обозначился ряд факторов, вытекающих из новых экономических условий развития России, в том числе изменение баланса и инфраструктуры МСБ России (в связи с распадом СССР возник острый дефицит ряда полезных ископаемых и произошло «ухудшение географии» их распределения, обострилась минерально-сырьевая ситуация в старых рудных районах). Был расширен круг потребителей материалов Госгеолкарты-1000/3 — геологоразведочные и горнодобывающие предприятия, государственные и территориальные органы управления фондом недр, землеустроительные и другие организации, связанные с использованием природных ресурсов, службы охраны окружающей среды, система высшего и среднего образования и т. д. Произошло увеличение

потребности в геологической информации для решения природоохранных проблем. Возникла необходимость создания информационной базы для удовлетворения запросов расширяющегося круга потребителей геологической информации и решения задач лицензирования, маркетинга и др.

В основные задачи Госгеолкарты-1000/3 входило создание многофункциональных государственных геологических основ на базе цифровых технологий, выявление новых закономерностей размещения стратегических, остродефицитных и высоколиквидных видов минерального сырья и критериев их прогнозирования; уточнение границ и площадей развития минерагенических подразделений, перспективных на обнаружение крупных промышленно значимых месторождений; современная оценка ресурсов минерального сырья и обоснованный прогноз на их увеличение; оценка состояния природной среды; подготовка рекомендаций по постановке прогнозно-поисковых и поисковых работ; активизация работ на шельфе России.

В соответствии с положениями концепции регионального геологического изучения недр, Госгеолкарта-1000/3 начала создаваться как основной источник фундаментальной геологической информации, обеспечивающий развитие геологической науки, общих знаний о геологическом строении и минерагеническом потенциале суши и континентального шельфа, динамике геологических процессов и явлений, а также разработку и реализацию стратегических вопросов изучения и рационального использования недр.

В 1995 г. во ВСЕГЕИ были разработаны «Основные положения концепции по созданию государственной геологической карты России масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение)», которые были утверждены постановлением Коллегии Роскомнедра № 18-2 от 19 декабря 1995 г.

Современная геологическая картография.

Сегодня региональное геологическое изучение недр территории Российской Федерации и ее континентального шельфа закреплено в Законе «О недрах» в качестве главной задачи государства. Эта государственная задача решается в рамках мероприятий программы «Воспроизводство и использование природных ресурсов» через распределенную систему бюджетных учреждений, находящихся в ведении Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) с 2016 г. Ведущей организацией Роснедра и Минприроды РФ в области геологического картографирования является ВСЕГЕИ.

В задачи ВСЕГЕИ входит обеспечение государственного геологического картографирования и создание государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин, решение важных вопросов, связанных с международным сотрудничеством в области геологии и обеспечением геополитических интересов России. Сохраняя преемственность научных школ геологического

картографирования Геолкома, региональное геологическое изучение недр в России осуществляется сегодня на трех масштабных уровнях.

По направлению *сводного и обзорного геологического картографирования* создаются базовые карты геологического содержания масштабов 1 : 2 500 000. «Ядром» государственной геолого-картографической системы в рамках этого направления является Геологическая карта России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000, созданная с использованием современных ГИС-технологий на основе обобщения современных материалов государственного геологического картографирования масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000. Геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000 (рис. 22) была отмечена премией Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2011 год.

На протяжении последних 20 лет эта карта постоянно обновляется в мониторинговом режиме и раз в четыре года издается к началу проведения очередной сессии Международного геологического конгресса. В августе 2016 г. она была представлена на 35-й сессии Международного геологического конгресса в Кейптауне (ЮАР), а в марте 2020 г. мы подготовили актуализированный вариант этой карты для несостоявшейся 36-й сессии Международного геологического конгресса в г. Дели в Индии.

На основе этой геологической карты в последние годы была подготовлена целая серия обзорных тематических карт территории России масштабов

1 : 2 500 000 и 1 : 5 000 000. Среди них: карта четвертичных образований, геолого-экономическая карта, прогнозно-геохимическая карта, карта топливно-энергетических ресурсов, космогеологическая карта, карта уникальных геологических объектов, карта полезных ископаемых и прогнозно-минералогическая карта на твердые полезные ископаемые, составленная в форме ГИС с базами данных по месторождениям и проявлениям полезных ископаемых. Эту прогнозно-минералогическую карту, обновление которой осуществляется в мониторинговом режиме, можно рассматривать в качестве унифицированной основы Федерального агентства для планирования работ всех последующих стадий.

В настоящее время как у нас в стране, так и за рубежом главная тенденция сводного и обзорного геологического картографирования заключается в переходе к трехмерным геологическим исследованиям, что обеспечивается составлением атласов карт геологического содержания, включающих карты потенциальных геофизических полей, мощности осадочного чехла, мощности земной коры, типов земной коры, поверхности Мохо и другие карты, отображающие глубинное строение изучаемых территорий и особенности их металлогении.

В развитии этой тенденции в последние годы главным образом усилиями специалистов ВСЕГЕИ и других предприятий отрасли в рамках крупных международных проектов были подготовлены атласы геологических карт нового

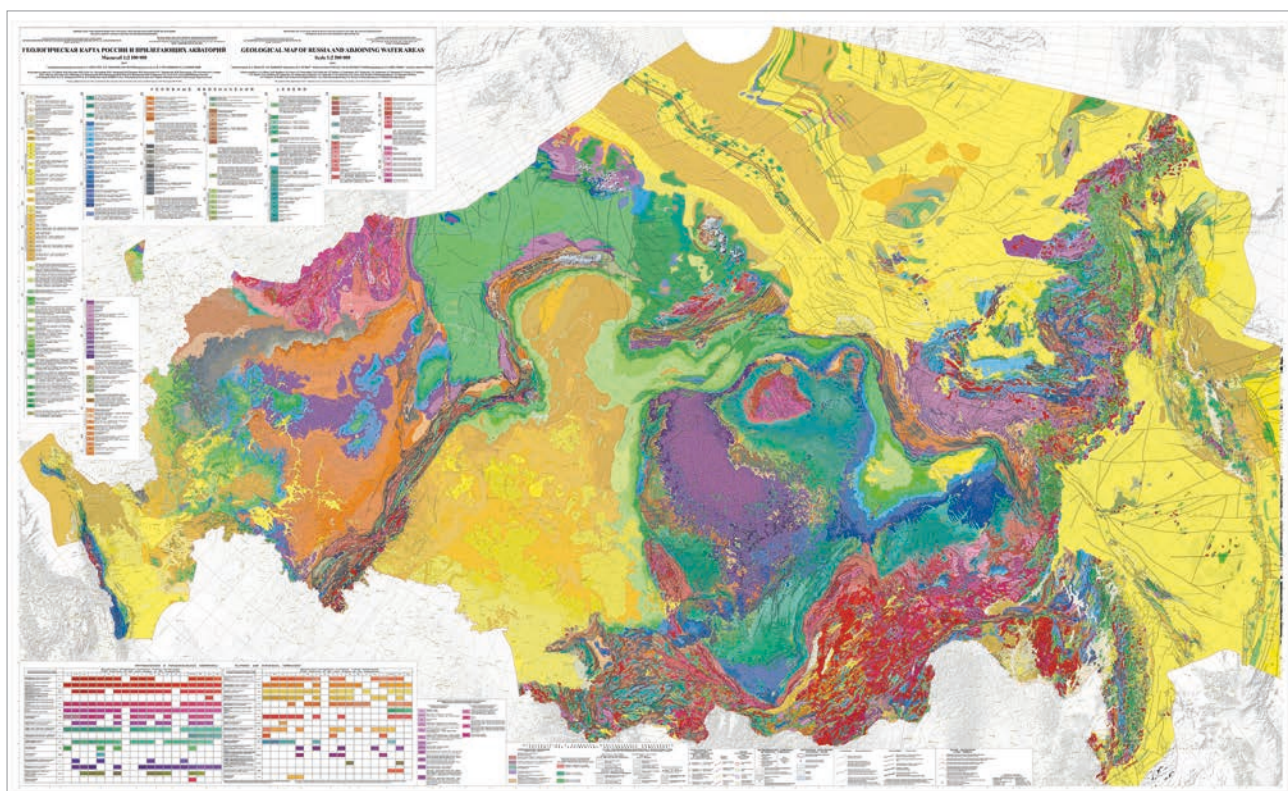


Рис. 22. Геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000

поколения масштабов 1 : 2 500 000 и 1 : 5 000 000 Циркумполярной Арктики, Северной, Центральной и Восточной Азии и стран СНГ. В рамках проекта «Атласа геологических карт Циркумполярной Арктики масштаба 1 : 5 000 000» была создана новая международная Тектоническая карта Арктики масштаба 1 : 5 000 000, в состав которой включен комплект геофизических карт, схем и разрезов, освещающих глубинное строение земной коры и верхней мантии Циркумполярной Арктики. Эта карта в 2019 г. была опубликована Комиссией по геологической карте мира (CGMW) в Париже (рис. 23). Такое направление деятельности положило начало новому надрегиональному уровню геолого-геофизической, изотопно-геохронологической и минерагенической изученности территории РФ и прилегающих акваторий. В настоящее время во ВСЕГЕИ с участием представителей академических институтов проводится работа по созданию новой Тектонической карты мира масштаба 1 : 35 000 000.

Деятельность ВСЕГЕИ в части международных проектов по сводному картографированию реализуется в рамках подкомиссий CGMW по Северной Евразии, Антарктике и тектонике, традиционно возглавляемых российскими учеными.

Участие в международных проектах обеспечило успешную интеграцию нашей страны в международную систему цифровой геологической

картографии *Big Data*, позволяющую обрабатывать большие объемы геологической информации. Целью такой международной программы является создание новой информационно-технологической платформы и объединение данных по геологическому строению континентов и океанов, глубинному строению Земли, ее эволюции во времени, изотопной геохимии и геохронологии, биоразнообразию, палеомагнетизму и привязка данных к временным и пространственным реперам геологической истории и палеогеографии. Это будет способствовать росту взаимопонимания геологов разных стран при выработке общей позиции по наиболее сложным в геологическом отношении регионам планеты, таким как Арктика и Евразия, в том числе и при решении важных геополитических вопросов, связанных с делимитацией внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в акваториях Северного Ледовитого и Тихого океанов.

Основным масштабным уровнем региональных геолого-геофизических и геологосъемочных работ, обеспечивающим в мониторинговом режиме сводное и обзорное картографирование новой геологической информацией, является *Государственное геологическое картографирование масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения*.

Этот масштабный уровень дает общие знания о геологическом строении и минерагеническом

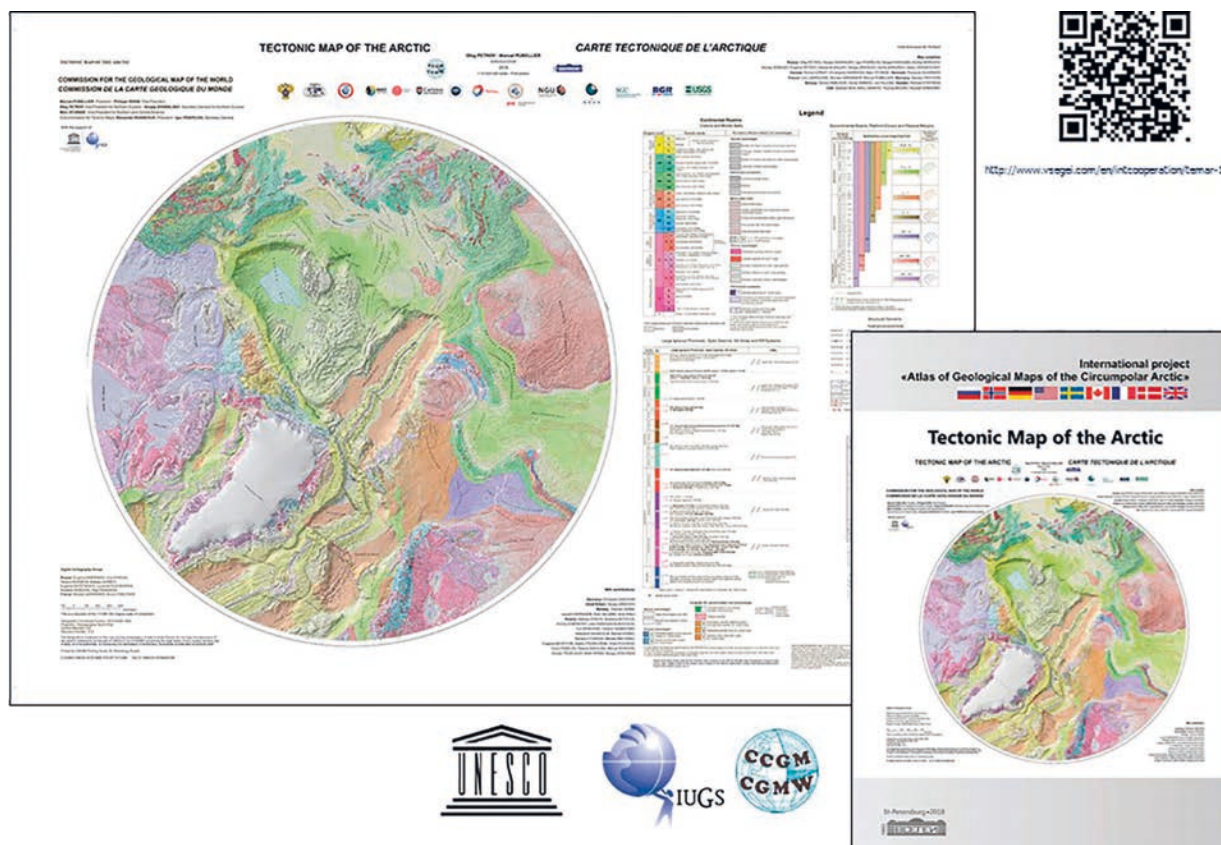


Рис. 23. Новая международная Тектоническая карта Арктики масштаба 1 : 10 000 000, опубликованная в Париже в 2019 г.



Рис. 24. Комплекты Госгеолкарты-1000 третьего поколения

потенциале регионов страны, позволяет осуществлять разработку и реализацию региональных программ изучения и рационального использования недр, обосновывает направления и перспективные площади для постановки геологосъемочных, прогнозных и поисковых работ.

Сегодня карты миллионного масштаба базируются на современных научных данных по изотопному датированию горных пород и результатах космических и глубинных геофизических исследований, что и на этом масштабном уровне обеспечило переход к трехмерному геологическому картографированию территории суши, шельфовых и глубоководных океанических окраин Российской Федерации.

В состав комплекта карт третьего поколения включены: геофизические, геохимические

и дистанционные основы, карта закономерностей размещения полезных ископаемых, карта прогноза на нефть и газ, карта четвертичных образований, гидрогеологическая, эколого-геологическая, литологическая карты поверхности дна акваторий и оценки экологических опасностей (рис. 24), что существенно повышает их информационную емкость и прогностические свойства при решении широкого спектра задач недропользования. В связи с этим наблюдается высокая востребованность карт данного масштабного уровня со стороны различных категорий пользователей, включая представителей администраций субъектов Федерации.

Значительным достижением Программы Госгеолкарты-1000/3 является картирование дна акваторий континентального шельфа и зоны перехода от суши к морю. Созданные комплекты Госгеолкарты в пределах островной суши континентального шельфа Российской Арктики в настоящее время представляют собой современный геолого-картографический ресурс, раскрывающий особенности геологического строения и закономерности размещения твердых полезных ископаемых, углеводородов и экологическое состояние шельфовых бассейнов Арктики. Он сопровождается современной базой первичных данных и находится в открытом доступе на сайте ВСЕГЕИ. К нему обращаются такие крупнейшие российские компании, как Роснефть, Газпромнефть, Лукойл, причем не только по Арктическому региону, но и Восточной Сибири и всему Южному федеральному округу.



Рис. 25. Изученность территории суши и континентального шельфа России Госгеолкартой-1000 третьего поколения

Сегодня обеспеченность территории суши и континентального шельфа России картами этого масштаба достигла 97 % (рис. 25). Миллионные карты составлены практически на все горно-складчатые области страны. В настоящее время работы ведутся на слабоизученных территориях Якутии и северо-востока страны, а также в пределах шельфовых зон и глубоководных акваторий арктических и дальневосточных морей. Уже к 2025 г. планируется полностью закрыть всю территорию страны картами миллионного масштаба.

Прогнозно-минералогическая составляющая геологосъемочных работ масштаба 1 : 1 000 000 усиливается в настоящее время за счет широкого применения современных геофизических, геохимических, дистанционных, прецизионных лабораторно-аналитических, минералого-петрографических и изотопно-геохронологических методов и технологий. Как показывает пример с открытием Малмыжского месторождения в Хабаровском крае, резерв прогнозно-поисковой эффективности современных региональных геологосъемочных работ масштаба 1 : 1 000 000 еще до конца не исчерпан.

В октябре 2016 г. на 8-м Всероссийском съезде геологов генеральным директором компании «Амур Минералз» господином Боуэнсом было особо подчеркнуто, что решение их компании о подаче заявки в 2005 г. на получение лицензии на участок будущего месторождения Малмыж базировалось исключительно на материалах регионального геологического изучения недр. Этот вид региональных исследований при рациональной организации работ является важнейшим инструментом прогноза новых нетрадиционных для изучаемых регионов страны геолого-промышленных типов месторождений.

Работа по созданию Госгеолкарты-1000/3 сопровождалась разработкой современной научной и понятийной базы геологического картографирования, включающей составление кодексов, словарей, справочников и научных монографий (Стратиграфический кодекс, 2006 [13], 2019 [14]; Петрографический кодекс, 2008 [11]; монография «Минерально-сырьевой потенциал

недр Российской Федерации», 2009 [10]; много-томная монография «Геология и полезные ископаемые России», 2000–2011 [6]; монография «Рифовые, соленосные и черносланцевые формации России», 2015 [12]).

В традицию вошло составление в рамках каждого поколения государственных геологических карт масштаба 1 : 1 000 000 геологических словарей. Последний трехтомный «Геологический словарь» был издан в 2011 г. [5] (рис. 26). Научно-методическая поддержка работ по созданию комплектов листов Госгеолкарты осуществляется межведомственными Стратиграфическим и Петрографическим комитетами, Палеонтологическим обществом при РАН, которые базируются во ВСЕГЕИ.

Одной из основных задач *Государственного геологического картографирования масштаба 1 : 200 000 второго поколения* является локализация перспективных участков недр с оцененными прогнозными ресурсами P_3 и P_2 .

В отличие от миллионных карт, перед геологами не стоит задача полностью закрыть территорию России среднемасштабными геологическими съемками, на что, как уже неоднократно обращалось внимание, потребовалось бы более 100 лет. В соответствии с Госпрограммой ВИПР, ежегодный прирост геологической изученности территории страны съемками данного масштабного уровня составляет всего лишь 77 000 км².

В ближайшие годы все новые объекты ГДП-200 предполагается сосредоточить в пределах минералогических зон, перспективных на обнаружение месторождений полезных ископаемых. А это, прежде всего, наименее изученные восточные районы Российской Федерации — Восточная Сибирь, Дальний Восток, Северо-Восток, обладающие высокими прогнозными ресурсами цветных, благородных и редких металлов, в пределах которых могут быть выявлены крупные месторождения.

Основным итогом ГСР-200, наряду с локализацией перспективных участков недр, является комплект Государственной геологической карты масштаба 1 : 200 000, включающий геологическую



Рис. 26. Научно-методическая база Госгеолкарты-1000 третьего поколения



Рис. 27. Изученность территории суши и континентального шельфа России Госгеолкартой-200 третьего поколения



Рис. 28. Заглавные страницы отчета о 25-летней деятельности Геологического комитета, 1907 г.

кату, кату полезных ископаемых, закономерностей их размещения и прогноза, кату четвертичных образований, которые в совокупности выступают в качестве основного источника информации для локального прогноза на определенный геолого-промышленный тип оруденения.

Ежегодно работы масштабного уровня 1 : 200 000 выполняются более чем на 140–150 номенклатурных листах (рис. 27). Выбор листов осуществляется совместно с центральным аппаратом и территориальными органами Роснедр с учетом пожеланий субъектов федерации и с пониманием перспектив их инвестиционной привлекательности. Ежегодно в полевых работах принимает участие более 750 человек. Половина объемов полевых работ выполняется собственными силами ВСЕГЕИ, другая половина – силами подрядных организаций. В последние годы во всех новых перспективных районах для решения задач прогнозирования, наряду с опережающими аэрогеофизическими съемками, усилены опережающие геохимические работы масштаба 1 : 200 000.

Уже в полевых условиях нами широко используются планшеты и спутниковые навигаторы. Это гарантирует высокую точность привязки геологических наблюдений и позволяет прямо в поле формировать первичные базы данных в электронном машинообрабатываемом виде. Для обеспечения полевых работ продолжается совершенствование технологии SHERPA, подготовлены новые программные решения для описания шлихового опробования, горных выработок, фиксации треклов и измерений элементов залегания при помощи мобильных устройств.

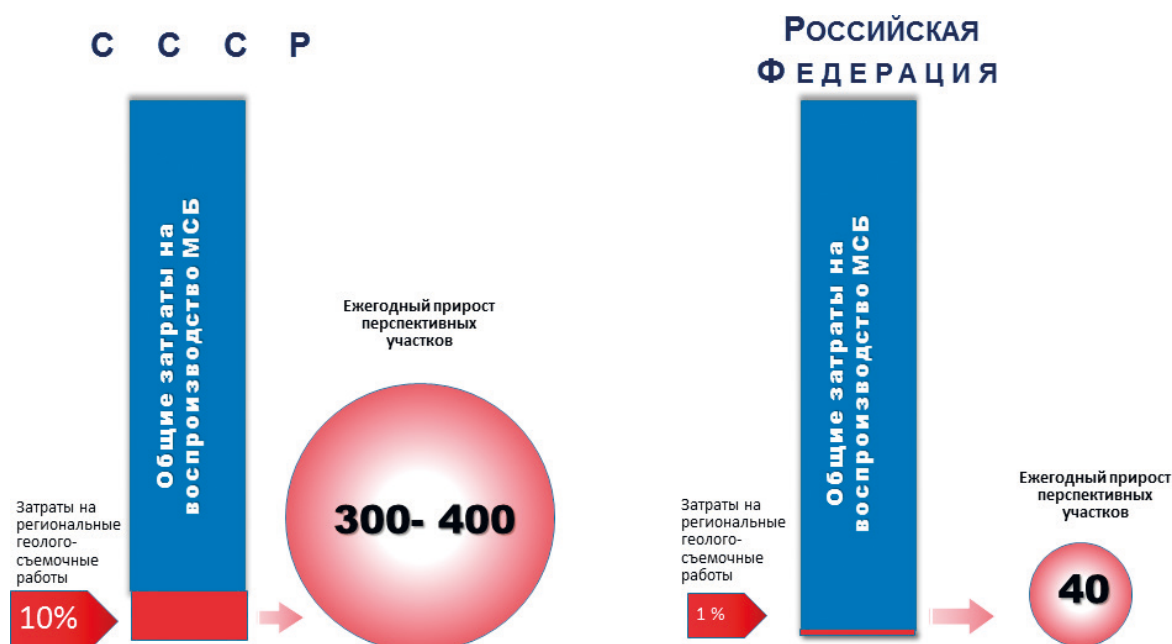


Рис. 29. Соотношение затрат на воспроизводство минерально-сырьевой базы и региональное геологическое изучение недр

Эти технологии широко используются ВСЕГЕИ и подрядными организациями Росгеологии и вызывают большой интерес у зарубежных геологических служб.

Цели и задачи государственного геологического изучения недр Российской Федерации во многом совпадают с целями и задачами государственных геологических служб мира – США, Канады, Австралии и Китая. При этом только в России и Китае в состав государственного геологического изучения недр включены поисковые и оценочные работы.

В заключении статьи приведем выдержку из изданного в 1907 г. отчета о 25-летней деятельности Геологического комитета (рис. 28). В нем были сопоставлены финансовые средства, отпущенные Геолкому и геологическим службам других стран:

«Равнымъ образомъ, если перечислить средства Комитета по отношенію къ общему государственному бюджету, то и тутъ окажется, что Россія стоитъ на послѣднемъ мѣстѣ — и тратить въ 62 раза меньше Канады, почти въ 20 разъ меньше Соединенныхъ Штатовъ, въ 8 разъ меньше Индіи, въ 7 разъ меньше Пруссіи и въ три раза меньше Англіи. Если въ наши расчеты ввести еще и территорію Сибири, то приведенныя отношенія придется увеличить еще въ нѣсколько разъ не въ пользу Россіи».

Эта недооценка значения регионального геологического изучения недр, наблюдаемая с начала истории Геолкома, привела в первой половине прошлого века к серьезному системному кризису в воспроизводстве минерально-сырьевой базы нашей страны. Выходу из кризиса способствовало специальное Постановление Совета министров

СССР в 1954 г. «Об усилении роли региональных геолого-съемочных работ».

В настоящее время широко декларируется, в том числе в законе «О недрах», что региональное геологическое изучение недр является прерогативой государства и ее главным приоритетом. Но на самом деле в СССР на региональное геологическое изучение недр тратили 10 % средств от общего финансирования воспроизводства минерально-сырьевой базы страны (рис. 29). Тогда ежегодно выделялось по 300–400 перспективных площадей, на которых впоследствии ставились работы поисковой стадии. На сегодня в общем объеме средств на воспроизводство минерально-сырьевой базы страны тратится меньше 1 % на региональные геологические работы и соответственно выделяется только 40 перспективных участков недр в год.

Последние семь лет объемы финансирования региональных геолого-геофизических и геологосъемочных работ в рамках мероприятий Госпрограммы ВИПР сохраняются на одном уровне без учета инфляционных процессов. При этом показатели Госпрограммы не снижаются.

Ежегодно проводятся среднемасштабные геологосъемочные работы с созданием комплектов Госгеолкарты-200 на 140 номенклатурных листах, на половине из них ставятся ГДП-200 в различных регионах страны. Приросту новой информации по перспективным участкам недр мы обязаны полевым работам, которые ежегодно осуществляются более чем на 100 объектах. Существующий уровень финансирования не обеспечивает постановку эффективного комплекса полевых и лабораторно-аналитических исследований, направленных на усиление

поисковой направленности, в том числе опережающих аэрогеофизических и геохимических работ в рамках ГДП-200.

Поэтому и на современном этапе не потеряло своего значения известное высказывание А. П. Карпинского: «Будут новые знания и новые геологические карты — будут и новые месторождения, будет развитие России».

1. VII Международный геологический конгресс (протоколы заседаний) // Известия общества горных инженеров. — 1898. — № 1. — С. 15–37; № 2. — С. 21–52.

2. Гельмерсен Г. П. Современное состояние геологии в России / ст. ген.-лейт. Г. П. Гельмерсен // Горный журнал. — 1863. — Кн. 6. — 34 с.

3. Геологическое строение СССР: В 3 т. / Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-т ВСЕГЕИ Министерства геологии и охраны недр СССР. — М.: Госгеолтехиздат, 1958. — 3 т.

4. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых: В 10-ти томах / гл. ред. Е. А. Козловский. — Л.: Недра, 1984–1989. — 10 т.

5. Геологический словарь: В 3-х томах / гл. ред. О. В. Петров. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010–2012. — 3 т.

6. Геология и полезные ископаемые России: В 6 т. / гл. ред. В. П. Орлов. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000–2016. — 6 т.

7. Инструкция по составлению и подготовке к изданию государственной геологической карты Союза ССР в масштабе 1 : 1 000 000 / Под ред. А. И. Вербейн, А. А. Гаврилова. — М.; Л.: Госгеолиздат, 1944. — 56 с.

8. Карпинский А. П. Опыт систематической унификации графических приемов в геологии // Собрание сочинений. — М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1949. — Т. 4. — С. 409–421.

9. Карпинский А. П. Собрание сочинений: В IV т. Т. IV. — М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1949. — с. 464.

10. Минерально-сырьевой потенциал недр Российской Федерации: В 2 т. / науч. ред. О. В. Петров. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. — 2 т.

11. Петрографический кодекс. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, изд. второе. — 2008. — 200 с.; изд. третье. — 2009. — 197 с.

12. Рифовые, соленосные и черносланцевые формации России / отв. ред. Т. А. Беленицкая, Н. Н. Соболев, О. В. Петров и др. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2015. — 624 с. (Труды ВСЕГЕИ; Т. 355).

13. Стратиграфический кодекс России. Издание третье. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.

14. Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2019. — 96 с.

1. VII Mezhdunarodnyy geologicheskiiy kongress (protokoly zasedaniy) [VII International Geological Congress (minutes of meetings)]. *Izvestiya obshchestva gornyykh inzhenerov*, 1898, no. 1, pp. 15–37; no. 2, pp. 21–52. (In Russian).

2. Gel'mersen G. P. Sovremennoe sostoyanie geologii v Rossii [The current state of geology in Russia]. *Gornyy zhurnal*, 1863, kn. 6, pp. 34. (In Russian).

3. Geologicheskoe stroenie SSSR: V 3 t. [Geological structure of the USSR: In 3 volumes]. Moscow, Gosgeoltekhnizdat, 1958, 3 t.

4. Geologicheskoe stroenie SSSR i zakonornosti razmeshheniya poleznykh iskopaemykh: V 10 t. [Geological structure of the USSR and patterns of distribution of minerals: In 10 volumes]. Chief ed.: E. A. Kozlovskiy. Leningrad, Nedra, 1984–1989, 10 t.

5. Geologicheskiiy slovar': V 3-kh tomakh [Geological Dictionary: In 3 volumes]. Ex. ed. O. V. Petrov. St. Petersburg, Izd-vo VSEGEI, 2010–2012, 3 t.

6. Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii: V 6 t. [Geology and Mineral Resources of Russia: In 6 volumes]. Ex. ed.: V. P. Orlov. St. Petersburg, Izd-vo VSEGEI, 2000–2016, 6 t.

7. Instruktziya po sostavleniyu i podgotovke k izdaniyu gosudarstvennoy geologicheskoy karty Soyuzs SSR v masshtabe 1 : 1 000 000 [Instructions for the preparation and preparation for publication of the state geological map of the USSR on a scale of 1:1,000,000]. Eds.: A. I. Verbein, A. A. Gavrilova. Moscow; Leningrad, Gosgeolizdat, 1944, 56 p.

8. Karpinsky A. P. Opyt sistematicheskoy unifikatsii graficheskikh priemov v geologii [Experience of systematic unification of graphic techniques in geology]. *Sobranie sochineniy*. Moscow; Leningrad, 1949, vol. 4, pp. 409–421. (In Russian).

9. Karpinsky A. P. Sbranie sochineniy: V IV t. T. IV [Collected works: In the IV volume. Vol. IV]. Moscow; Leningrad, 1949, pp. 464.

10. Mineral'no-syr'evoy potentsial neдр Rossiyskoy Federatsii: V 2 t. [Mineral resources potential of the subsoil of the Russian Federation: In 2 volumes]. Scientific ed.: O. V. Petrov. St. Petersburg, VSEGEI, 2009, 2 t.

11. Petrograficheskiiy kodeks. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, imaktnye obrazovaniya [Petrographic Code. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations]. St. Petersburg, Izd-vo VSEGEI, izd. vtoree, 2008, 200 p.; izd. tret'e, 2009, 197 p.

12. Rifovyе, solenosnye i chernoslantsevye formatsii Rossii [Reef, saline and black shale formations of Russia]. Ex. eds.: T. A. Belenitskaya, N. N. Sobolev, O. V. Petrov et al. St. Petersburg, Izd-vo VSEGEI, 2015, 624 p.

13. Stratigraficheskiiy kodeks Rossii. Izdanie tret'e [Stratigraphic Code of Russia. Third edition]. St. Petersburg, Izd-vo VSEGEI, 2006, 96 p.

14. Stratigraficheskiiy kodeks Rossii. Izdanie tret'e, ispravlennoe i dopolnennoe [Stratigraphic Code of Russia. Third edition, revised and enlarged]. St. Petersburg, Izd-vo VSEGEI, 2019, 96 p.

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

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

Палеонтологические открытия А. П. Карпинского в экспозиции Центрального научно-исследовательского геологоразведочного музея им. академика Ф. Н. Чернышёва

Александр Петрович Карпинский внес большой вклад в отечественную палеонтологию. Три его монографии: «Об аммонеех артинского яруса и о некоторых сходных с ними каменноугольных формах», «Об остатках едестид и о новом их роде *Helicoprion*» и «О трохилисках» — стали классическими. В первой из них он впервые применил новый онтогенетический метод исследований к целой группе фауны, что позволило ему выделить артинский ярус пермской системы. Во второй — установил новый род ископаемых акулообразных — *Helicoprion*, обладавший необычным спиралеобразным зубным аппаратом, и создал первую реконструкцию его внешнего облика. В третьей работе, посвященной проблематичным остаткам — трохилискам, он определил их систематическое положение, генетические связи и возможность использования для датировки отложений, что было подтверждено последующими исследованиями.

Ключевые слова: аммоноидеи, артинский ярус, акулообразные, геликоприон, спирально-свернутый зубной аппарат, трохилиски, харовые водоросли.

A. R. SOKOLOV (TsNIGR muzey VSEGEI)

Paleontological discoveries of A. P. Karpinsky in the exposition of the Academician F. N. Chernyshev Central Geological Research Museum

Alexander Karpinsky made a great contribution to Russian paleontology. Three of his monographs: «On Artinskian Ammonoids and Some Similar Carboniferous Forms», «On Edestid Remains and Their New *Helicoprion* Genus» and «On Trochiliscids», became classical. In the first of them, he was the first to apply a new ontogenetic research method to a whole group of fauna, which allowed him to distinguish the Artinskian stage of the Permian system. In the second, he determined a new genus of shark-like fossils — *Helicoprion*, which possessed an unusual spiral-shaped dental apparatus, and created the first reconstruction of its habitus. In the third work devoted to problematic remains — trochiliscids, he determined their systematic position, genetic relationships and the possibility of using them for dating deposits that was confirmed by subsequent studies.

Keywords: ammonoids, Artinskian stage, shark-like fossils, *helicoprion*, spiral-shaped dental apparatus, trochiliscids, charophytes.

Для цитирования: Соколов А. Р. Палеонтологические открытия А. П. Карпинского в экспозиции Центрального научно-исследовательского геологоразведочного музея им. академика Ф. Н. Чернышёва // Региональная геология и металлогения. — 2021. — № 88. — С. 27–32. DOI: 10.52349/0869-7892_2021_88_27-32

Диапазон интересов Александра Петровича Карпинского охватывал практически все разделы геологии. Не стала исключением и палеонтология. В отделе монографических палеонтологических коллекций Центрального научно-исследовательского геологоразведочного музея им. академика Ф. Н. Чернышёва ВСЕГЕИ хранятся пять коллекций А. П. Карпинского. Одна из них (коллекция № 6400) содержит образцы к работе «Об аммонеех артинского яруса и о некоторых сходных с ними каменноугольных формах», опубликованной в Записках Петербургского минералогического общества в 1890 г. Четыре остальные включают материалы по акулоподобным рыбам, в том числе остатки спирального аппарата знаменитого геликоприона. Эти образцы

описаны ученым в работах «Об остатках едестид и о новом их роде *Helicoprion*», 1899 г. (коллекция № 1865); «К вопросу о природе спирального органа *Helicoprion*», 1915 г. (коллекция № 1920); «On the *Helicoprion* and other Edestidae», 1921 г. (коллекция № 1921); «О присутствии остатков рода *Camprodus* de Koninck в артинских отложениях России», 1927 г. (коллекция № 2299) (рис. 1).

Монография «Об аммонеех артинского яруса...» стала результатом многолетней работы А. П. Карпинского на восточном склоне Урала. Еще в 1874 г. он выделил на этой территории артинский ярус, который считал переходным между каменноугольной и пермской системами. 20 ноября 1888 г. на заседании физико-математического отделения Академии наук ученый-



Рис. 1. Часть экспозиции, посвященная геликоприону, в зале палеозойских монографических коллекций ЦНИГР музея

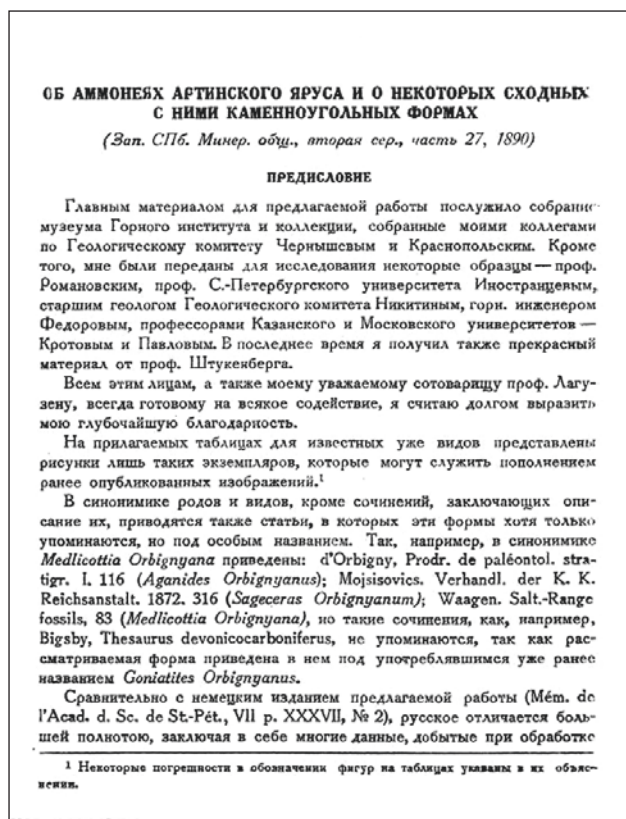


Рис. 2. Титульный лист монографии А. П. Карпинского «Об аммонеех артинского яруса и о некоторых сходных с ними каменноугольных формах», 1890 г.

палеонтолог выступил с сообщением о своей работе, посвященной аммоноидеям артинского яруса. Эта монография, ставшая первой крупной палеонтологической работой Александра Петровича, была напечатана в «Ученых записках Академии наук» на немецком языке в 1889 г. На русском языке работа вышла в 1890 г. отдельной книгой, а также была опубликована в «Записках Петербургского минералогического общества» (рис. 2).

А. П. Карпинский впервые применил новый онтогенетический метод исследований к целой группе фауны. По точности и изяществу исполнения его работа занимает одно из первых мест среди подобного рода исследований его времени. Построенная им таблица «соотношений развития» изученных им аммоноидей, демонстрирующая, «через какие стадии развития проходит» каждая из внесенных в нее форм, стала классической и вошла в учебники. Эта таблица охватывала «одну естественную группу, все разнообразие которой (если принять, что эмбриональное их развитие находится в зависимости от их происхождения) возникает от одного низшего типа аммоней». Ученый писал: «Таблица представляет, таким образом, генетические отношения рассматриваемых в ней форм, тем более, что степень развития их совпадает замечательным образом с их геологическим возрастом». До исследований А. П. Карпинского многие из входящих в его таблицу форм разными авторами относились к различным семействам и даже отрядам.

Завершалась работа геологическими выводами, которые оказались новыми, более точными и убедительными, чем соображения, высказывавшиеся ранее различными геологами [1].

Эта новаторская биостратиграфическая работа получила широкое международное признание: в 1921 г. ее автор был удостоен Парижской академией наук премии имени Жоржа Кювье.

Сам Карпинский отмечал по поводу избранного им метода: «... и кажется, что подобная обработка целой фауны, в особенности, если она коснется не только цефалопод, но и других организмов, даст возможность делать выводы относительно таких явлений, на выяснение которых обыкновенные приемы палеонтологических исследований дают весьма мало надежды, вследствие так называемой неполноты геологической летописи. То, чего не позволяет нам выяснить очевидная бедность остатков исчезнувших организмов, в значительной степени будет разъяснено изучением внутреннего их развития и обнаруживающимися при этом возможными соотношениями таких организмов к формам, существовавшим в другие времена, или к формам синхроничным, но населявшим другие области или жившим при иных внешних условиях».

Он доказал тезис, названный впоследствии «принципом Карпинского», о непрерывности шкалы геологического времени и о существовании постепенного перехода между системами, характеризующегося конкретным комплексом осадков [5].

Ему же принадлежат пророческие слова: «В настоящее время можно привести примеры самых нижних или самых верхних слоев систем... но кто из геологов решился бы указать теперь на общепризнанную границу, например, между системами кембрийской и силурийской, силурийской и девонской, даже между девонской и каменноугольной, между триасовой и юрской и пр.».

В 1932 г. на выездной сессии Академии наук в Свердловске Александр Петрович, выступая, отметил: «Самым важным результатом моих исследований на Урале я считаю установление артинского яруса и выяснение эволюционных ветвей развития амmonoидей, начиная от верхнедевонских слоев последовательно до триаса».

Весной 1898 г. А. Г. Бессонов, инспектор народных училищ Красноуфимского уезда Пермской губернии, прислал академику А. П. Карпинскому фотографию аммонитообразного ископаемого, найденного в артинских отложениях близ Красноуфимска. Вслед за тем были присланы и все имевшиеся остатки этой формы.

В этом же году А. П. Карпинский представил экземпляр загадочного ископаемого в Академии наук, где сделал о нем предварительный доклад. Однако никто из геологов не смог определить, к какому классу вымерших организмов принадлежит это ископаемое.

Присланные образцы представляли собой обломки загадочного спирально-свернутого

органа. Занявшись этой проблемой, ученый выяснил, что нечто похожее уже было описано в 1855 г. швейцарским геологом Ж. Л. Агассисом, который предполагал, что спираль принадлежит представителю вымершего семейства акул. Так Александр Петрович установил, что присланные А. Г. Бессоновым образцы принадлежали вымершим акулообразным (едестидам), но своим обликом не были похожи ни на один из известных в то время родов [3].

Колоссальная работа, проделанная автором для изучения необычного ископаемого, включала изучение всей имеющейся литературы по эласмобранхиям, морфологическое описание объекта, микроскопическое его исследование по шлифам, изготовленным известной фирмой Voigt and Hochgesang в Геттингене, определение химического состава дентина и т. д. После этого Александр Петрович сделал критический анализ проделанной работы, по пунктам знакомя читателя со всеми деталями процесса изучения остатков геликоприона, четко отделяя установленное фактически от гипотетического; приводя приходившие в голову соображения, частью отвергнутые. Завершалась работа реконструкцией необыкновенного животного, согласно наиболее удачной «догадке» автора. Эта реконструкция казалась современникам фантастически неправдоподобной, «гротескной», по словам американского палеонтолога О. Хэя (рис. 3).

На X Съезде русских естествоиспытателей и врачей в Киеве 26 августа 1898 г. Александр Петрович сделал доклад «О новом замечательном ископаемом из артинских отложений», а 16 декабря, на заседании физико-математического отделения Академии наук, представил свою монографию «Об остатках едестид и о новом их роде *Helicoprion*», которая и была напечатана в 1899 г. (рис. 4). В заключении своего доклада он резюмировал: «Ископаемое... относится к новому роду, которому по форме найденной части животного в виде спиральной пилы предлагается название *Helicoprion*» (от греческих *xelikos* — витой, изогнутый и *priori* — пила). А вид, экземпляра

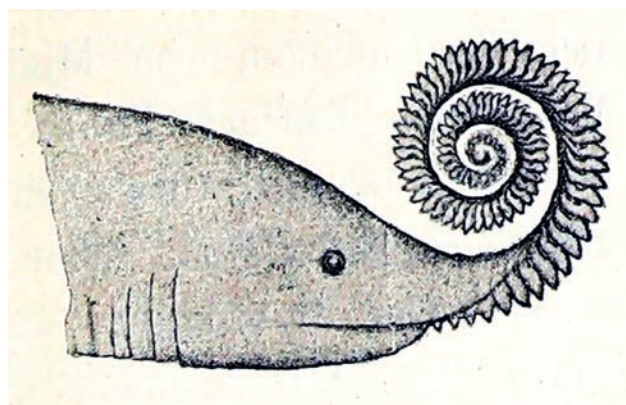


Рис. 3. Первая реконструкция положения зубной спирали геликоприона (А. П. Карпинский, 1899 г.)

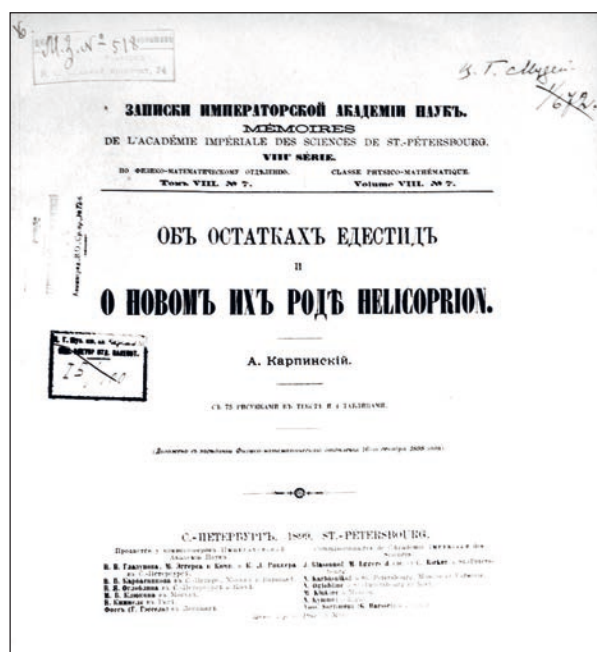


Рис. 4. Титульный лист монографии А. П. Карпинского «Об остатках едестид и о новом их роде *Helicoprion*», 1899 г.

которого послужил материалом для установления нового рода, был назван *Helicoprion besonowi* в честь А. Г. Бессонова, чьи находки привели к открытию одной из самых блестящих страниц в истории русской палеонтологии (рис. 5).

Однако оставался ряд нерешенных вопросов: для чего был предназначен столь необычный орган, где он располагался, и как выглядело само акулоподобное существо?

Необычная спиральная структура продолжала волновать палеонтологов и в дальнейшем. Ее предлагали считать раскручивающейся и помещали в самые разные места на голове рыбы, а иногда даже переносили на плавники.

Сейчас известны находки около сотни зубных спиралей геликоприонов разной степени сохранности, найденных в Северной Америке, Евразии



Рис. 6. Современная динамическая модель строения челюстного аппарата геликоприона



Рис. 5. Голотип *Helicoprion besonowi* Karpinskyi gen. et sp. nov., обр. 1/1865, ЦНИГР музей

и Австралии. При этом почти 50 % находок происходят из нескольких местонахождений в штатах Айдахо, Юта, Вайоминг (США), а 25 % — из окрестностей Красноуфимска.

Одним из наиболее хорошо сохранившихся экземпляров считается образец, найденный в штате Айдахо в 1950 г., в котором спираль уцелела вместе с хрящами нижней и верхней челюсти. Именно этот экземпляр был изучен с помощью компьютерной томографии и рентгеноסקопии. Было получено трехмерное изображение обеих челюстей геликоприона и установлено, что спираль располагалась в нижней челюсти, а в верхней челюсти, в отличие от акул, зубов не было. Когда рот закрывался, зубная спираль прокручивалась назад, «нарезая» пойманную добычу (рис. 6, 7).

В настоящее время геликоприон фактически стал неофициальным палеонтологическим символом Красноуфимска. В 2014 г. ко Дню города в Красноуфимске была выпущена памятная медаль с изображением геликоприона (рис. 8). В 2019 г. к Всероссийской полевой конференции «Прикладная палеонтология», проходившей в Красноуфимском краеведческом музее, на набережной р. Уфа была установлена скульптура

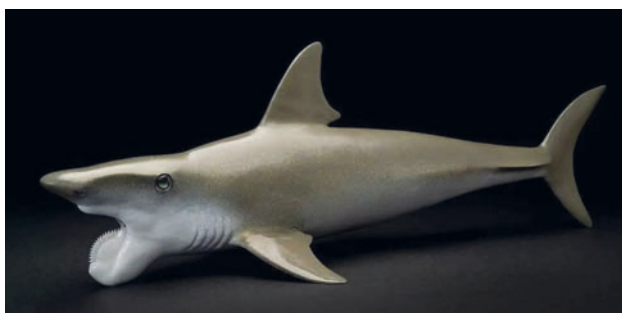


Рис. 7. Современная реконструкция внешнего облика геликоприона

геликоприона (рис. 9), а в 2021 г. перед музеем размещен еще один арт-объект в виде самой зубной спирали (рис. 10).

Последняя монография А. П. Карпинского была посвящена исследованию еще одних проблематичных палеонтологических остатков — трохилисков. Известный палеоботаник А. Н. Криштофович с восхищением отзывался об этой работе: «... можно представить себе, что она написана не минералогом, геологом, горным инженером, а каким-либо первоклассным ботаником старой школы, равно владеющим морфологической и систематической стороной науки» [2].

К сожалению, образцы трохилисков, послужившие материалом для исследований А. П. Карпинского, в ЦНИГР музей переданы не были.

Первую крупную коллекцию этих проблематик собрал в 1856 г. академик Х. И. Пандер. Он дал им название «трохилиски» и высказал первое предположение, что они представляют собой ископаемые споры каких-то плауновых растений, однако дискуссии палеонтологов об их природе продолжались более 40 лет.

Поводом к началу исследований явился доставленный с Урала образец девонского известняка, покрытый какими-то мелкими проблематическими остатками, которые А. П. Карпинского попросили диагностировать. Он сразу определил их как трохилиски, но, изучив имеющуюся литературу по этому вопросу, понял, что природа трохилисков требует уточнения [4].



Рис. 8. Памятная медаль с геликоприоном, выпущенная в Красноуфимске в 2014 г. ко Дню города



Рис. 9. Скульптура геликоприона, установленная на набережной р. Уфа в Красноуфимске в 2019 г.

Детально изучив имевшиеся материалы из коллекций Х. И. Пандера, А. Ф. Фольборта, Ф. Гебауера, всего через несколько месяцев он подготовил монографию и 7 декабря 1905 г. доложил в Академии наук основные результаты своего исследования. В 1906 г. монография «О трохилисках» была опубликована в «Трудах Геологического комитета» (рис. 11).

До работы А. П. Карпинского эти загадочные образования относили к самым различным животным и растениям: их считали то фораминиферами, то полипами, то яйцами панцирных рыб. По большей части отмечалась их



Рис. 10. Арт-объект «Зубная спираль геликоприона» перед Красноуфимским краеведческим музеем в 2021 г.

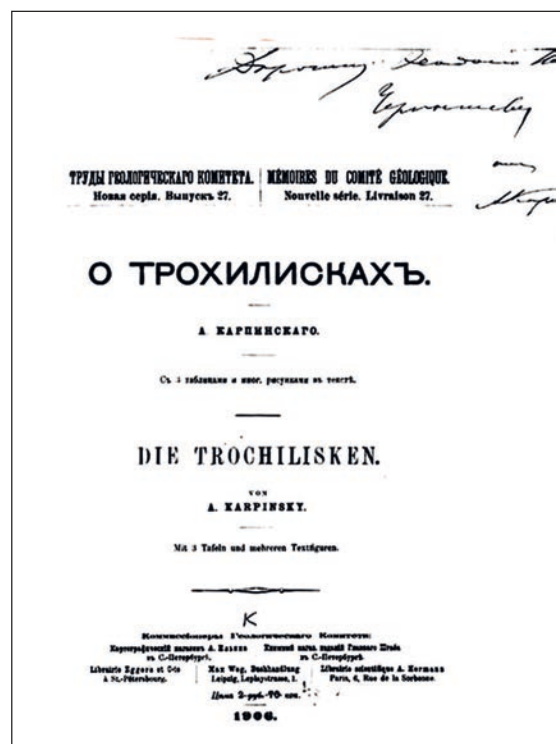


Рис. 11. Титульный лист монографии А. П. Карпинского «О трохилисках» с дарственной надписью Ф. Н. Чернышёву от автора, 1906 г.

принадлежность к сифониям — известковым водорослям. А. П. Карпинский установил, что трохилиски наиболее сходны с известковой оболочкой спор харовых водорослей, но представляют не прямых их предков, а исчезнувшие боковые ветви харовых.

При этом Александр Петрович, написав исчерпывающую для своего времени монографию по трохилискам, остался верен своей скромности и закончил ее словами: «Публикуя изложенные в этой статье в сущности небольшие исследования и соображения, я имею главнейшим в виду дать материал или повод для дальнейших исследований как над трохилисками и сходными с ними ископаемыми, так и вообще над мелкими формами, обыкновенно ускользающими от наблюдений, но геологическая роль которых часто является гораздо более значительной, чем крупных организмов».

Сам Александр Петрович прекрасно понимал значение и важность выполненного исследования для геологической науки. В 1906 г. он направил монографию «О трохилисках» на имя генерального секретаря Международного геологического конгресса в Мексике, чтобы собравшиеся там геологи могли ознакомиться с новой информацией и оперативно обсудить ее.

Последующие исследования о трохилисках подтвердили не только основные выводы А. П. Карпинского, но и некоторые его прогнозы об их систематике и генетических отношениях. Работы академика о трохилисках считаются образцовыми по их методу, полноте исследований и обоснованности выводов.

1. Борисьяк А. А. А. П. Карпинский в палеонтологии // Природа. — 1936. — № 10. — С. 26–29.

2. Криштофович А. Н. А. П. Карпинский как палеоботаник // Природа. — 1936. — № 10. — С. 29–34.

3. Обручев Д. В. Изучение едестид и работы А. П. Карпинского // Труды ПИН АН СССР. — М.: АН СССР, 1953. — Т. 45. — 97 с.

4. Романовский С. И. Александр Петрович Карпинский (1847–1936). — Л.: Наука, 1981. — 484 с.

5. Чернов А. А. Палеонтологические работы А. П. Карпинского // Юбилейный сборник, посвященный 30-летию Великой Октябрьской социалистической революции: в 2 ч. Ч. 2. — М.; Л., 1947. — С. 9–21.

1. Borisyak A. A. A. P. Karpinsky v paleontologii [A. P. Karpinsky in paleontology]. *Priroda*, 1936, no. 10, pp. 26–29. (In Russian).

2. Krishtofovich A. N. A. P. Karpinsky kak paleobotanik [A. P. Karpinsky as a paleobotanist]. *Priroda*, 1936, no. 10, pp. 29–34. (In Russian).

3. Obruchev D. V. Izuchenie edestid i raboty A. P. Karpinskogo [Study of eestids and the work of A. P. Karpinsky]. *Trudy PIN AN SSSR*. Moscow, 1953, vol. 45, 97 p. (In Russian).

4. Romanovskiy S. I. Aleksandr Petrovich Karpinsky (1847–1936) [Alexander Petrovich Karpinsky (1847–1936)]. Leningrad, Nauka, 1981, 484 p.

5. Chernov A. A. Paleontologicheskie raboty A. P. Karpinskogo [Paleontological works of A. P. Karpinsky]. *Yubileyny sbornik, posvyashchennyy 30-letiyu Velikoy Oktyabr'skoy sotsialisticheskoy revolyutsii: v 2 ch.* Moscow; Leningrad, 1947, iss. 2, pp. 9–21. (In Russian).

Соколов Алексей Рюрикович — директор, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный музей им. академика Ф. Н. Чернышёва (ЦНИГР музей) при Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106. <Aleksey_Sokolov@vsegei.ru>

Sokolov Aleksey Ryurikovich — Director, Central Research Exploration Museum named after academician F. N. Chernyshev (TsNIGR muzey) at the A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, Russia, 199106. <Aleksey_Sokolov@vsegei.ru>

О новых принципах геоэкологического районирования

Разработаны основные принципы выделения геоэкологических таксонов, их соподчиненности и классификации. В зависимости от масштаба таксономических единиц (от глобальных таксонов к локальным) выделены: геоэкологическая провинция (пояс) — геоэкологическая область — геоэкологический район (зона) — геоэкологический узел — геоэкологический объект. Задачи геоэкологического картирования и районирования на основе общих принципов логически связаны с масштабом исследования и соответствующих ему природных и антропогенных объектов, явлений и процессов, влияющих на взаимодействие живого и косного вещества биосферы.

Ключевые слова: геоэкология, геоэкологическое районирование.

V. A. SHAKHVERDOV (VSEGEI)

On new principles of geoenvironmental zoning

Basic principles of identification of geoenvironmental taxa, their subordination and classification were created. Geoenvironmental province (belt) — geoenvironmental area — geoenvironmental district (zone) — geoenvironmental cluster — geoenvironmental target were distinguished depending on dimensions of taxonomic units (from global to local taxa). Tasks of geoenvironmental mapping and zoning on the basis of general principles are logically related to the scope of the study and corresponding natural and anthropogenic targets, phenomena and processes that affect the interaction of living and abiotic matter of the biosphere.

Keywords: environmental geology, geoenvironmental zoning.

Для цитирования: Шахвердов В. А. О новых принципах геоэкологического районирования // Региональная геология и металлогения. — 2021. — № 88. — С. 33–38. DOI: 10.52349/0869-7892_2021_88_33-38

С момента введения в практику научных исследований (К. Тролль, 1968) понятие «геоэкология» приобрело достаточно широкое, а часто и противоречивое толкование [3; 15–17]. Поэтому, несмотря на то, что это уже неоднократно делали многие исследователи [2; 10; 14], необходимо дать определение термина «геоэкология» в том виде, в котором он будет использоваться автором далее.

Если рассматривать биосферу как оболочку Земли, в пределах которой происходит взаимодействие живого и косного вещества [1], то очевидно, что в ее изучении следует различать два основных направления. И если первое исследует процессы взаимодействия живого и косного вещества биосферы и относится к предмету биологии, то второе, которое рассматривает факторы, влияющие на эти взаимодействия, и есть *геоэкология* — междисциплинарная наука, изучающая природные геологические и антропогенные процессы, явления и объекты, влияющие или при определенных условиях способные влиять на характер и особенности взаимодействия живого и косного вещества биосферы Земли. И в таком понимании — это направление исследований — как географии, так и геологии. Именно в таком ключе необходимо рассматривать и практические цели, стоящие перед геоэкологией как наукой.

А ими являются сохранение экологической устойчивости и биологического разнообразия биосферы, продуктивности природной среды, рациональное использование природных ресурсов, иначе говоря — сохранение биосферы Земли.

Неотъемлемая часть геоэкологических исследований и наиболее эффективный инструмент выделения, изучения, прогноза и мониторинга природных и антропогенных явлений, объектов и процессов — их картирование. В России и за рубежом существует большой опыт составления таких карт [4–9; 11; 18; 19; 22; 26; 27]. Однако анализ показывает, что под геоэкологическими картами понимаются совершенно разные по своей сути документы. Это могут быть чисто геохимические карты или карты распределения суммарного показателя загрязнения, инженерно-геологические карты условий развития опасных природных процессов и явлений, природопользования и др. Особенно часто встречаются карты, составленные с целью решения конкретных задач, в том числе природоохранного направления, рисков хозяйственного освоения и экономической оценки последствий антропогенного воздействия, то есть документы специального характера. Они отличаются по назначению, масштабу, набору факторов и признаков, полноте

охвата картируемых компонентов геологической и сопредельных с ней сред. Такие карты характеризуются широким разнообразием методических подходов, легенд и способов изображения показателей состояния окружающей среды. В то же время все они — карты развития природных и антропогенных процессов, объектов и явлений. Собственно выбор приоритетных геоэкологических и экологических факторов и признаков и их количество зависит от конкретной задачи, масштаба, а часто научного направления деятельности проводящей исследования организации и квалификации исполнителей.

По мнению В. Т. Трофимова и Д. Г. Зилинга [20; 21], в содержательном плане в последние годы при составлении геоэкологических карт сформировалось две тенденции. В соответствии с первой на картах должно оцениваться современное состояние литосферы, сформировавшееся под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. Таким образом, объект картирования — геологическая среда (литосфера) без решения вопросов взаимосвязи с состоянием биоты. Вторая группа карт в обязательном порядке содержит информацию о влиянии литосферы на состояние биоты. По мнению В. Т. Трофимова и Д. Г. Зилинга, именно они могут претендовать на название эколого-геологических.

Сложившееся положение потребовало разработки новых подходов, принципов и методик составления геоэкологических карт, особенно для береговых зон или районов совмещения суши и моря, которые имеют целый ряд специфических особенностей, что не позволяет пользоваться существующими для суши методиками без их значительной переработки. Для таких территорий была предложена принципиально новая методика составления геоэкологических карт [24; 25; 28], основанная на картировании геоэкологических критериев, к которым относятся геологические объекты, явления и процессы, а также последствия антропогенной деятельности, воздействующие или способные при определенных условиях воздействовать на состояние биосферы. Применение этой методики позволило вести геоэкологическое картирование совмещенных площадей суши и моря на единых методических принципах. Кроме того, была разработана методика, позволяющая перейти от качественных показателей к количественной оценке потенциальных техногенных рисков и техногенных нарушений геологической и сопредельных с ней сред, а также построения схем интегральной оценки [23].

В последние годы во ВСЕГЕИ с целью внедрения единых принципов составления и подготовки к изданию листов Государственной геологической карты масштабов 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000 были разработаны соответствующие методические руководства [12; 13]. Эколого-геологическая схема включена в состав комплекта обязательных карт. При этом задачей и целью эколого-геологического картирования является «оценка состояния геологической среды для обитания

и деятельности человека» [13], а также «опасностей и возможных осложнений при дальнейшем хозяйственном освоении этой территории и для разработки рекомендаций по рациональному природопользованию...» [12]. Предлагаемая концепция составления эколого-геологических схем предполагает вынесение на схему морфоструктурных областей, природных геологических опасностей (экзогенных, эндогенных), техногенных объектов и комплексов, эколого-геохимической обстановки. Учитываются геодинамическая и геохимическая устойчивость ландшафтов и степень нарушенности природной среды в результате антропогенного воздействия. На основе интегрированного учета представленных данных в результате экспертной оценки определяются области территории по степени эколого-геологической опасности. В то же время при всей необходимости и полезности отображаемой на схемах информации остаются недостаточно определенными критерии выделения картируемых подразделений и их соподчиненность.

Таким образом, нужно признать, что до настоящего времени не существует общепринятой концепции геоэкологического картирования. А все предложенные методики не рассматривают и не решают общих вопросов геоэкологического анализа территорий, выработку принципов выделения геоэкологических (эколого-геологических) таксонов, их классификации и систематики.

Поэтому важное значение приобретает разработка общих научно-теоретических основ и понятий, связанных с геоэкологическим картированием и районированием. Без определения основных таксономических понятий, их классификации и разработки общей структуры и систематики невозможна дальнейшая эффективная практическая деятельность. При этом под геоэкологическим картированием необходимо понимать весь комплекс полевых (натурных) исследований и наблюдений, сбор фондовых и камеральный анализ полученных материалов. Основная задача геоэкологического картирования — обеспечение наиболее эффективного механизма сбора, хранения, обработки и наглядного представления комплекса данных о природных и антропогенных объектах, явлениях и процессах, влияющих на характер взаимодействия живого и косного вещества биосферы. Цель геоэкологического картирования — районирование территории по характеру и степени выраженности таких процессов и явлений, оценка современного состояния биосферы и степени ее нарушения, в том числе и потенциальной. В основе геоэкологического картирования и районирования лежит комплексный анализ протекающих здесь явлений и процессов.

Геоэкологическое районирование территории — закономерный результат дифференцированного (различного) проявления по площади природных и антропогенных процессов и явлений или факторов районирования, таких как геологическое строение, история геологического

развития и тектонического режима, инженерно-геологические характеристики обнажающихся на поверхность комплексов пород, ландшафтно-климатические и седиментационные условия миграции вещества (химических элементов, соединений и обломочного материала), эндогенных и экзогенных, в том числе опасных геологических процессов, а также антропогенное воздействие и др.

Таким образом, схема геоэкологического районирования представляет собой вероятностную модель территории, на которой выделены участки с большей или меньшей вероятностью выраженности геоэкологических критериев, с относящимися к ним природными, а также антропогенными явлениями и процессами, влияющими на взаимодействия живого и косного вещества биосферы. Цель геоэкологического районирования — выделение площадей территории, достаточно однородных с точки зрения соответствующих критериев районирования и масштаба. По мере укрупнения масштаба (увеличения детальности) происходит увеличение количества факторов, воздействующих на геоэкологическое районирование территорий, и уменьшается масштаб выделяемых геоэкологических единиц (таксонов). Предлагаемый подход к принципам выделения таксономических единиц в зависимости от их масштаба позволяет сформировать следующую их иерархическую структуру (от глобальных таксонов к локальным): *геоэкологическая провинция (пояс) — геоэкологическая область — геоэкологический район (зона) — геоэкологический узел — геоэкологический объект* (таблица).

Геоэкологическая провинция (пояс) — наиболее крупная таксономическая единица, которая соответствует отдельному блоку земной коры, таким как части платформ и складчатые области. Они обладают спецификой истории геологического развития и, как следствие, особенностями вещественного наполнения, металлогенической и геохимической специализации или специализированной основой — вещественной матрицей. Геоэкологический пояс выделяется в случае отчетливой региональной линейно вытянутой формы.

Геоэкологическая область — часть геоэкологической провинции или пояса. В большей степени выделение областей определяется физико-механическими характеристиками и геохимической специализацией пород различных структурно-формационных комплексов, обнажающихся на поверхности, ландшафтно-климатическими условиями миграции химических элементов и характером современных седиментационных процессов. Выделение геоэкологических областей — важный элемент геоэкологического картирования, так как на этом этапе исследований может быть определена не только их геохимическая специализация, но и условия вовлечения химических элементов в трофические цепи. А как известно, состав входящих в ассоциацию химических элементов интерпретируется с точки

зрения их влияния на формирование специфических заболеваний (микроэлементозов) населения, проживающего в этих областях. Следует иметь в виду, что выделение геоэкологических областей может быть связано не только с природными факторами, но и с хозяйственным освоением обширных территорий (например, таким крупным горнопромышленным территориальным комплексом, как Норильский Никель), сопровождающимся существенным комплексным воздействием на биосферу.

Геоэкологический район (зона) — часть геоэкологической области, которая отличается общностью характера и значительной степенью выраженности природных и антропогенных процессов, явлений и объектов, влияющих на взаимодействие живого и косного вещества биосферы. В пределах области районы отделены друг от друга территориями с несущественным проявлением такого воздействия. В качестве примера можно привести районы активных опасных эндогенных и экзогенных процессов, городские агломерации и поселения городского типа.

Геоэкологический узел входит в состав геоэкологического района. Представлен группой генетически и логистически связанных геоэкологических объектов на ограниченной площади (месторождения полезных ископаемых или портовые комплексы).

Геоэкологический объект — ограниченный участок территории, соответствующий конкретному природному или техногенному объекту, влияющему на процессы взаимодействия живого и косного вещества биосферы (например, локальные проявления опасных экзогенных и эндогенных процессов, потенциально опасные затопленные объекты, хранилища горюче-смазочных материалов, свалки и т. п.).

Кроме разработки собственно иерархической структуры геоэкологических таксонов, предлагается выделять их генетические типы. Определение генетического типа производится на основании того, какие из факторов имеют ведущее значение при осуществлении геоэкологического районирования. Могут быть выделены: *природные, природно-антропогенные и антропогенные генетические типы* геоэкологических таксонов. При выделении таксонов антропогенного генетического типа также может быть указана его специализация (например, район антропогенного генетического типа — горнодобывающий).

По мере хозяйственного освоения территории возрастает количество, разнообразие, а также и интенсивность воздействия на биосферу антропогенных факторов, что позволяет оценить уровень экологической опасности. Чем на более раннем (мелкомасштабном) иерархическом уровне классификации выделяются таксоны природно-антропогенного и антропогенного генетических типов, тем выше степень антропогенного воздействия на биосферу, а также вероятность (опасность) необратимости негативных последствий этого воздействия.

Иерархическая структура геоэкологических подразделений и критерии их выделения в зависимости от масштаба исследований

Масштаб исследований	Уровень выделяемых геоэкологических таксонов	Основные задачи	Критерии выделения (на основе вспомогательных карт)
Обзорные схемы 1 : 2 500 000 и мельче	Провинции и пояса	Выделение и типизация провинций и поясов по составу и структуре материнских пород ландшафта, их геохимической неоднородности (дифференциации)	Карта геохимической специализации структурно-формационных комплексов, геохимическая карта, карта локальных рудных концентратов (зон нарушения первично-конституционного распределения химических элементов)
Региональные мелкомасштабные 1 : 2 500 000 — 1 : 1 000 000	Провинции, пояса и области	Выделение и типизация провинций, поясов и областей по составу и структуре материнских пород ландшафта, их геохимической неоднородности (дифференциации) и ландшафтно-климатическим и седиментационным условиям миграции химических элементов и соединений. Возможно выделение областей в случаях масштабного воздействия горнопромышленных территориальных комплексов и масштабного радиационного заражения	Карта геохимической специализации структурно-формационных комплексов, геохимическая карта, карта локальных рудных концентратов (зоны нарушения первично-конституционного распределения химических элементов), ландшафтная эколого-геохимическая карта, эколого-радиологическая карта, инженерно-экологическая карта
Региональные среднемасштабные 1 : 500 000 — 1 : 200 000	Районы и зоны	Выделение и типизация районов по типу опасных природных и антропогенных процессов и явлений, обнаружение источников геоэкологических рисков на уровне районов (классификация по уровню рисков)	Прямые и косвенные признаки
Крупномасштабные 1 : 50 000 — 1 : 25 000	Зоны и узлы	Выделение и типизация зон и узлов по типу опасных антропогенных (редко природных) процессов и явлений, локализация источников геоэкологических рисков на уровне зон и узлов (классификация по уровню рисков)	Прямые и косвенные признаки
Крупномасштабные 1 : 50 000 — 1 : 25 000	Объект	Локализация источников геоэкологических рисков на уровне объектов и определение их специализации	Прямые признаки

Системный подход в проведении геоэкологического картирования подразумевает определенную последовательность и этапность исследований: от мелкомасштабных (обзорных) к крупномасштабным (детальным). Мелкомасштабные и обзорные исследования проводятся на ранних этапах изучения территорий и представляют собой основной инструмент их общей геоэкологической оценки и типизации на основе анализа природных объектов, явлений и процессов, влияющих на взаимодействие живого и косного вещества биосферы. Они решают задачи федерального уровня: планирование безопасной хозяйственной деятельности, оценка и прогноз состояния и устойчивости биосферы в целом. Среднемасштабные, а тем более крупномасштабные исследования осуществляются в пределах определившихся крупных геоэкологических таксонов, таких как провинции, пояса и области, с целью выявления и пространственной локализации геоэкологических районов, зон, узлов и объектов, а также установления их генетических типов и степени потенциальной и реальной опасности для биосферы. Поэтому они призваны содействовать решению геоэкологических задач, выявлению источников антропогенного воздействия и отвечают в основном целям хозяйственного освоения и социального развития, рационального использования и охраны окружающей среды конкретных территорий.

В то же время определенный уровень накопления данных детальных исследований должен непременно вести к уточнению представлений о геоэкологическом районировании территорий, полученном на мелкомасштабном этапе.

В заключении следует отметить, что в результате проведенных исследований предложены лишь основные принципы выделения геоэкологических таксономических единиц, их соподчиненности и классификации. Иерархическая структура классификации предлагает решать задачи геоэкологического картирования и районирования на основе общих принципов, которые логически связаны с масштабом исследования и соответствующих ему природных и антропогенных объектов, явлений и процессов, влияющих на взаимодействие живого и косного вещества биосферы. Исследования в конкретных регионах

позволят уточнить критерии выделения таксономических единиц на основе разработанных общих принципов, что будет способствовать повышению эффективности геоэкологических работ.

1. Вернадский В. И. Биосфера: В 2 ч. — Л.: Научхим-техиздат, 1926. — 146 с.
2. Гавриленко В. В. Геоэкология: предмет и методы // Геология, геоэкология, эволюционная география: Сборник научных трудов / Под ред. Е. М. Нестерова. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. — С. 49–54.
3. Геологический словарь: В 3-х томах. Т. 1 / Гл. ред. О. В. Петров. Издание третье, перераб. и доп. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2017. — 432 с.
4. Геоэкологическое картографирование: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Б. И. Кочуров, Д. Ю. Шишкина, А. В. Антипова, С. К. Костовская; под ред. Б. И. Кочурова. — М.: Издательский центр «Академия», 2009. — 192 с.
5. Голодковская Г. А., Куринов М. Б. Геоэкологическое картографирование: методологические основы, подходы, опыт реализации // Геоэкологическое картографирование: Тезисы докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. 1. — М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. — С. 20–22.
6. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты РФ масштаба 1 : 200 000. — М.: Роскомнедра, 1995. — 224 с.
7. Карапузов А. Ф., Кочетков М. В., Морозов А. Ф. Стратегия современного развития геологического картографирования // Разведка и охрана недр. — 1998. — № 6. — С. 5–7.
8. Кочетков М. В., Вартанян Г. С., Голицын М. С. Концепция геоэкологического картографирования // Разведка и охрана недр. — 1998. — № 6. — С. 10–12.
9. Кочетков М. В., Грабовников В. А., Лерненко Л. В. Современное состояние геоэкологического картирования в России // Разведка и охрана недр. — 1998. — № 6. — С. 7–10.
10. Ломтадзе В. Д. Словарь по инженерной геологии. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. — 360 с.
11. Методические рекомендации по составлению эколого-геологических карт масштаба 1 : 1 000 000 — 1 : 500 000. Сводная легенда и макеты / Л. А. Островский, В. Н. Островский, Р. К. Шахнова. — М., 1994. — С. 107.
12. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 200 000 (второе издание). Версия 1.4. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019. — 188 с.
13. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Версия 1.4. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019. — 169 с.
14. Осипов В. И. Геоэкология — междисциплинарная наука о экологических геосферах // Геоэкология. — 1993. — № 1. — С. 4–18.
15. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. — М.: Мысль, 1990. — 637 с.
16. Сладкопепцев С. А., Дроздова С. Л. Актуальные вопросы и проблемы геоэкологии: Научно-методическое издание. — М.: Изд-во МИИГАиК, 2008. — 260 с.
17. Сочава В. Б. География и экология. — Л.: Наука, 1970. — 22 с.
18. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1 : 50 000 — 1 : 25 000. — М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. — 127 с.
19. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1 : 200 000 — 1 : 100 000. — М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. — 86 с.

20. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Концептуальные основы эколого-геологического картографирования // Геоэкологическое картографирование: Тезисы докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. 1. — М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. — С. 15–18.

21. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Эколого-геологические карты — геологические карты нового класса // Разведка и охрана недр. — 1998. — № 6. — С. 14–17.

22. Фролов Н. М. Концепция геоэкологической картографии как системы // Геоэкологическое картографирование: Тезисы докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. 1. — М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. — С. 18–20.

23. Шахвердов В. А. Некоторые новые принципы количественной оценки техногенного воздействия на окружающую среду морских и озерных акваторий и их береговых зон // Региональная геология и металлогения. — 2014. — № 58. — С. 78–83.

24. Шахвердов В. А. Принципы составления геоэкологических карт совмещенных площадей суши и моря (береговых зон) // Разведка и охрана недр. — 2012. — № 12. — С. 52–56.

25. Шахвердов В. А. Эколого-геологические исследования береговых зон, цели и задачи геоэкологического картирования // Геология и эволюционная география: Коллективная монография / Под ред. Е. М. Нестерова. — СПб.: Изд-во «Эпиграф», 2006. — С. 30–34.

26. Экологическая карта Ленинградской области (состояние природной среды), м-б 1 : 500 000 / Ред. Г. В. Хворов. — Л., 1990.

27. Экологический атлас Санкт-Петербурга / Ред. Г. В. Хворов. — СПб.: Мониторинг, 1992.

28. Shakhverdov V. A., Shakhverdova M. V. Major geoecological factors of zoning of the eastern gulf of Finland and its coastal zone // The Baltic Sea Geology — 10. The 10th International marine geological conference, 24–28 August 2010, VSEGEI, St. Petersburg, Russia: abstracts volume. — St. Petersburg: Press VSEGEI, 2010. — Pp. 115–116.

1. Vernadskiy V. I. Biosfera: V 2 ch. [Biosphere: In 2 parts]. Leningrad, Nauchkhimtekhnizdat, 1926, 146 p.

2. Gavrilenko V. V. Geoecologiya: predmet i metody [Geoecology: subject and methods]. *Geologiya, geoekologiya, evolyutsionnaya geografiya: Sbornik nauchnykh trudov*. Ed.: E. M. Nesterov. St. Petersburg, 2011, pp. 49–54. (In Russian).

3. Geologicheskii slovar': V 3-kh tomakh. Tom 1 [Geological Dictionary: In 3 volumes. Vol. 1]. Chief ed. O. V. Petrov. Izдание tret'e, pererab. i dop. St. Petersburg, 2017, 432 p.

4. Kochurov B. I., Shishkina D. Yu., Antipova A. V., Kostovskaya S. K. Geoekologicheskoe kartografirovaniye: Uchebnoye posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy [Geoecological mapping: a textbook for students of higher educational institutions]. Ed.: B. I. Kochurov. Moscow, Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2009, 192 p.

5. Golodkovskaya G. A., Kurinov M. B. Geoekologicheskoe kartografirovaniye: metodologicheskie osnovy, podkhody, opyt realizatsii [Geoecological mapping: methodological foundations, approaches, implementation experience]. *Geoekologicheskoe kartografirovaniye: Tezisy dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konfereentsii. Ch. 1*. Moscow, 1998, pp. 20–22. (In Russian).

6. Instruksiya po sostavleniyu i podgotovke k izdaniyu listov Gosudarstvennoy geologicheskoy karty RF mashtaba 1 : 200 000 [Instructions for the preparation and preparation for publication of sheets of the State geological map of the Russian Federation at a scale of 1:200,000]. Moscow, Roskomnedra, 1995, 224 p.

7. Karapuzov A. F., Kochetkov M. V., Morozov A. F. Strategiya sovremennogo razvitiya geologicheskogo kartirovaniya [Strategy of modern development of geological mapping]. *Razvedka i okhrana nedr*. 1998, no. 6, pp. 5–7. (In Russian).

8. Kochetkov M. V., Vartanyan G. S., Golitsyn M. S. Konseptsiya geoekologicheskogo kartografirovaniya [The concept of geoeological mapping]. *Razvedka i okhrana nedr*, 1998, no. 6, pp. 10–12. (In Russian).
9. Kochetkov M. V., Grabovnikov V. A., Lermenko L. V. Sovremennoe sostoyanie geoekologicheskogo kartirovaniya v Rossii [The current state of geoeological mapping in Russia]. *Razvedka i okhrana nedr*, 1998, no. 6, pp. 7–10. (In Russian).
10. Lomtdze V. D. Slovar' po inzhenernoy geologii [Dictionary of engineering geology]. St. Petersburg, 1999, 360 p.
11. Ostrovskiy L. A., Ostrovskiy V. N., Shakhnova R. K. Metodicheskie rekomendatsii po sostavleniyu ekologo-geologicheskikh kart mashtaba 1 : 1 000 000 – 1 : 500 000. Svodnaya legenda i makety [Guidelines for drawing up ecological-geological maps of scale 1:1,000,000 – 1:500,000. Consolidated legend and models]. Moscow, 1994, 107 p.
12. Metodicheskoe rukovodstvo po sostavleniyu i podgotovke k izdaniyu listov Gosudarstvennoy geologicheskoy karty Rossiyskoy Federatsii mashtaba 1 : 200 000 (vtoroe izdanie). Versiya 1.4 [Methodological guidelines for the compilation and preparation for publication of sheets of the State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1:200,000 (second edition). Version 1.4]. St. Petersburg, 2019, 188 p.
13. Metodicheskoe rukovodstvo po sostavleniyu i podgotovke k izdaniyu listov Gosudarstvennoy geologicheskoy karty Rossiyskoy Federatsii mashtaba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Versiya 1.4 [Methodological guidelines for the compilation and preparation for publication of sheets of the State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1:1,000,000 (third generation). Version 1.4]. St. Petersburg, 2019, 169 p.
14. Osipov V. I. Geoekologiya – mezhdistsiplinarnaya nauka o ekologicheskikh geosferakh [Geoeology – an interdisciplinary science of ecological geospheres]. *Geoekologiya*, 1993, no. 1, pp. 4–18. (In Russian).
15. Reymer N. F. Prirodopol'zovanie. Slovar'-spravochnik [Nature management. Dictionary-reference book]. Moscow, Mysl', 1990, 637 p.
16. Sladkoptev S. A., Drozdova S. L. Aktual'nye voprosy i problemy geoekologii: Nauchno-metodicheskoe izdanie [Topical issues and problems of geoeology: Scientific-methodical edition]. Moscow, 2008, 260 p.
17. Sochava V. B. Geografiya i ekologiya [Geography and ecology]. Leningrad, Nauka, 1970, 22 p.
18. Trebovaniya k geologo-ekologicheskim issledovaniyam i kartografirovaniyu mashtaba 1 : 50 000 – 1 : 25 000 [Requirements for geological and ecological research and mapping at a scale of 1 : 50,000 – 1 : 25,000]. Moscow, 1990, 127 p.
19. Trebovaniya k geologo-ekologicheskim issledovaniyam i kartografirovaniyu mashtaba 1 : 200 000 – 1 : 100 000 [Requirements for geological and ecological research and mapping at a scale of 1:200,000 – 1:100,000]. Moscow, 1990, 86 p.
20. Trofimov V. T., Ziling D. G. Kontseptual'nye osnovy ekologo-geologicheskogo kartografirovaniya [Conceptual foundations of ecological-geological mapping]. *Geoekologicheskoe kartografirovanie: Tezisy dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konfereentsii. Ch. I*. Moscow, 1998, pp. 15–18. (In Russian).
21. Trofimov V. T., Ziling D. G. Ekologo-geologicheskie karty – geologicheskie karty novogo klassa [Ecological and geological maps – geological maps of a new class]. *Razvedka i okhrana nedr*, 1998, no. 6, pp. 14–17. (In Russian).
22. Frolov N. M. Kontseptsiya geoekologicheskoy kartografii kak sistemy [The concept of geoeological cartography as a system]. *Geoekologicheskoe kartografirovanie: Tezisy dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konfereentsii. Ch. I*. Moscow, 1998, pp. 18–20.
23. Shakhverdov V. A. Nekotorye novye printsipy kolichestvennoy otsenki tekhnogennogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredyu morskikh i ozernykh akvatoriy i ikh beregovykh zon [Some new principles of quantitative assessment of anthropogenic impact on environment of aquatorias of sea and lake and their coastal zones]. *Regional Geology and Metallogeny*, 2014, no. 58, pp. 78–83. (In Russian).
24. Shakhverdov V. A. Compilation principles of geoeological maps of combined terrestrial and marine areas. *Razvedka i okhrana nedr*, 2012, no. 12, pp. 52–56. (In Russian).
25. Shakhverdov V. A. Ekologo-geologicheskie issledovaniya beregovykh zon, tseli i zadachi geoekologicheskogo kartirovaniya [Ecological and geological studies of coastal zones, goals and objectives of geoeological mapping]. *Geologiya i evolyutsionnaya geografiya: Kollektivnaya monografiya*. Ed.: E. M. Nesterov. St. Petersburg, Epigraf, 2006, pp. 30–34. (In Russian).
26. Khvorov G. V. (ed.). Ekologicheskaya karta Leningradskoy oblasti (sostoyanie prirodnoy sredy), m-b 1 : 500 000 [Ecological map of the Leningrad region (state of the natural environment), scale 1:500,000]. Leningrad, 1990.
27. Khvorov G. V. (ed.). Ekologicheskii atlas Sankt-Peterburga [Ecological Atlas of St. Petersburg]. St. Petersburg, Monitoring, 1992.
28. Shakhverdov V. A., Shakhverdova M. V. Major geoeological factors of zoning of the eastern gulf of Finland and its coastal zone. *The Baltic Sea Geology – 10. The 10th International marine geological conference, 24–28 August 2010, VSEGEI, St. Petersburg, Russia: abstracts volume*. St. Petersburg, Press VSEGEI, 2010, pp. 115–116.

Шахвердов Вадим Азимович — канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106. <Vadim_Shakhverdov@vsegei.ru>

Shakhverdov Vadim Azimovich — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, A. P. Kar-pinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, Russia, 199106. <Vadim_Shakhverdov@vsegei.ru>

А. В. МОЛЧАНОВ, О. В. ПЕТРОВ, В. И. ЛЕОНТЬЕВ, В. В. ШАТОВ, Г. А. КОЗЛОВ,
А. В. ТЕРЕХОВ, И. О. ЛЕБЕДЕВ, Е. И. ХОРОХОРИНА, Д. С. АШИХМИН, Д. С. АРТЕМЬЕВ,
К. А. КУКУШКИН, Г. Б. ЛЕБЕДЕВА, В. Е. ГУЗЕВ, О. Л. СОЛОВЬЁВ, Д. Ю. ТИТОВ (ВСЕГЕИ)

Алдано-Вилуйская провинция — новая рудно-россыпная золотоносная территория на востоке России

В результате выполнения работ по созданию «Прогнозно-минерагенической карты территории Российской Федерации и ее континентального шельфа масштаба 1 : 2 500 000», а также комплектов Госгеолкарты-1000/3 по территории Южной Якутии (листы Р-50, Р-51, Р-52, Р-53, О-51 и О-52) были собраны и проанализированы обширные материалы по геологии, геохимии, геофизике и полезным ископаемым этой территории, свидетельствующие о том, что в бассейне рек Лена, Алдан и Вилуй может быть выделена новая Алдано-Вилуйская рудно-россыпная золотоносная провинция общей площадью 450 тыс. км² с минерагеническим потенциалом золота, оцениваемым в 5 тыс. т металла. В пределах провинции оконтурены минерагенические подразделения ранга минерагенических зон, рудных районов и узлов, где целесообразно проведение крупномасштабных прогнозно-металлогенических исследований (ГМК-50) с целью локализации участков для осуществления поисковых работ на рудное золото карлинского (куранахского) типа.

Ключевые слова: прогнозно-минерагенический анализ, новая рудно-россыпная золотоносная провинция, Южная Якутия.

A. V. MOLCHANOV, O. V. PETROV, V. I. LEONT'EV, V. V. SHATOV, G. A. KOZLOV,
A. V. TEREKHOV, I. O. LEBEDEV, E. I. KHOROKHORINA, D. S. ASHIKHMIN, D. S. ARTEM'EV,
K. A. KUKUSHKIN, G. B. LEBEDEVA, V. E. GUZEV, O. L. SOLOV'EV, D. YU. TITOV (VSEGEI)

Aldan-Viluy province — a new ore- and placer gold-bearing area in the East of Russia

While compiling the 1:2.5 M Predictive Metallogenic Map of the Russian Federation and its Continental Shelf and sets of the 1 M State Geological Map (3rd generation) for South Yakutia (sheets: R-50, R-51, R-52, R-53, O-51 and O-52), the authors collected and analyzed vast material on geology, geochemistry, geophysics and minerals of this area, which evidence that a new Aldan-Viluy ore- and placer gold-bearing province of total area of 450,000 km² with metallogenic gold potential estimated at 5 kt of metal can be identified in the basin of the Lena, Aldan and Viluy rivers. Within their limits, it is necessary to set up large-scale predictive metallogenic studies to localize areas for exploration of Carlin (Kuranakh) type gold mineralization. Several mineragenic subdivisions of the rank of mineragenic zones, ore regions and nodes are outlined within the province. It is available to conduct the large-scale predictive metallogenic studies (GMK-50) in order to localize areas favorable to the identification Karlin-type (Kuranakh-type) ore gold.

Keywords: predictive metallogenic analysis, new ore- and placer gold-bearing province, South Yakutia.

Для цитирования: Молчанов А. В. Алдано-Вилуйская провинция — новая рудно-россыпная золотоносная территория на востоке России / А. В. Молчанов, О. В. Петров, В. И. Леонтьев, В. В. Шатов, Г. А. Козлов, А. В. Терехов, И. О. Лебедев, Е. И. Хорохорина, Д. С. Ашихмин, Д. С. Артемьев, К. А. Кукушкин, Г. Б. Лебедева, В. Е. Гузев, О. Л. Соловьёв, Д. Ю. Титов // Региональная геология и металлогения. — 2021. — № 88. — С. 39–64. DOI: 10.52349/0869-7892_2021_88_39-64

Введение. Бассейн рек Лена, Алдан и Вилуй никогда ранее не рассматривался как золотоносный, а при металлогеническом районировании золото в качестве попутного компонента, как правило, включалось в состав железорудных, полиметаллических и прочих металлогенических таксонов, получивших развитие на этой территории.

В настоящее время на Алдано-Вилуйской провинции известны многочисленные проявления

коренного и россыпного золота, а также крупные золоторудные месторождения — Северное, Дэлбэ, Порфиоровое, Центральное, Новое и др., принадлежащие Куранахскому рудному узлу, суммарные запасы золота которого составляют более 530 т [2; 4; 8; 13; 14; 39].

По особенностям геологического строения, а также геофизических и геохимических полей, масштабы проявления и типа гидротермально-

© Молчанов А. В., Петров О. В., Леонтьев В. И., Шатов В. В., Козлов Г. А., Терехов А. В., Лебедев И. О., Хорохорина Е. И., Ашихмин Д. С., Артемьев Д. С., Кукушкин К. А., Лебедева Г. Б., Гузев В. Е., Соловьёв О. Л., Титов Д. Ю., 2021

метасоматических изменений, степени и характера золотоносности в пределах рассматриваемой провинции могут быть обособлены следующие минерагенические таксоны более высокого порядка: золотоносные зоны, потенциально золоторудные районы и узлы (рис. 1).

Месторождения *Куранахского рудного узла*, как и большинство других проявлений золота в Алдано-Вилуйской рудно-россыпной провинции (РРП), относятся к куранахскому типу [2; 4; 8–10], сходному по структурно-тектонической позиции, составу рудовмещающих толщ и типу рудосопровождающих гидротермально-метасоматических образований (джаспероиды) с золоторудными месторождениями карлинского типа, широко развитыми в Провинции бассейнов и хребтов штата Невада (США) [19; 41; 43].

Подчеркнем, что в штате Невада в 2018 г. было извлечено Au – 173,6 т, что составляет 78 % его добычи в США и 5 % мировой добычи. Большая часть золота в Неваде добывается открытым способом с использованием кучного выщелачивания. Подавляющая часть золоторудных месторождений штата относится к так называемому карлинскому типу [6] (золото-полисульфидный геолого-промышленный тип в терригенно-карбонатных породах). Большинство месторождений локализовано в силур-девонской доломитовой формации Робертс Маунтинс, претерпевшей интенсивное воздействие низкотемпературных

гидротермально-метасоматических процессов, вещественно зафиксированных на сегодняшний день в виде джаспероидов, характеризующихся многоярусным развитием. При этом джаспероиды в пределах провинции повсеместно сопровождают золотое оруденение [48–50].

Авторами статьи, вслед за предшествующими исследователями [1; 11; 12; 24; 26; 29–31; 33–35; 37; 44; 46], показано, что северная часть выделяемой Алдано-Вилуйской провинции, сложенная на современном эрозионном срезе терригенными отложениями юры и мела, изобилует аллювиальными россыпями золота (рис. 1), в том числе представляющими промышленный интерес. Тогда как южная часть провинции, в геологическом строении которой принимают участие в основном кембрийские, венд-кембрийские отложения, представленные главным образом карбонатными и терригенно-карбонатными отложениями, нередко содержащими углеродистое вещество, характеризуется присутствием многочисленных проявлений и точек минерализации коренного золота в джаспероидах, березитах и аргиллизито-березитах.

Анализ результатов полевых работ, выполненных сотрудниками отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ в рамках создания ГК-1000/3 листов Р-50, Р-51, Р-52, О-51 и О-52, а также фондовых и опубликованных материалов, позволил

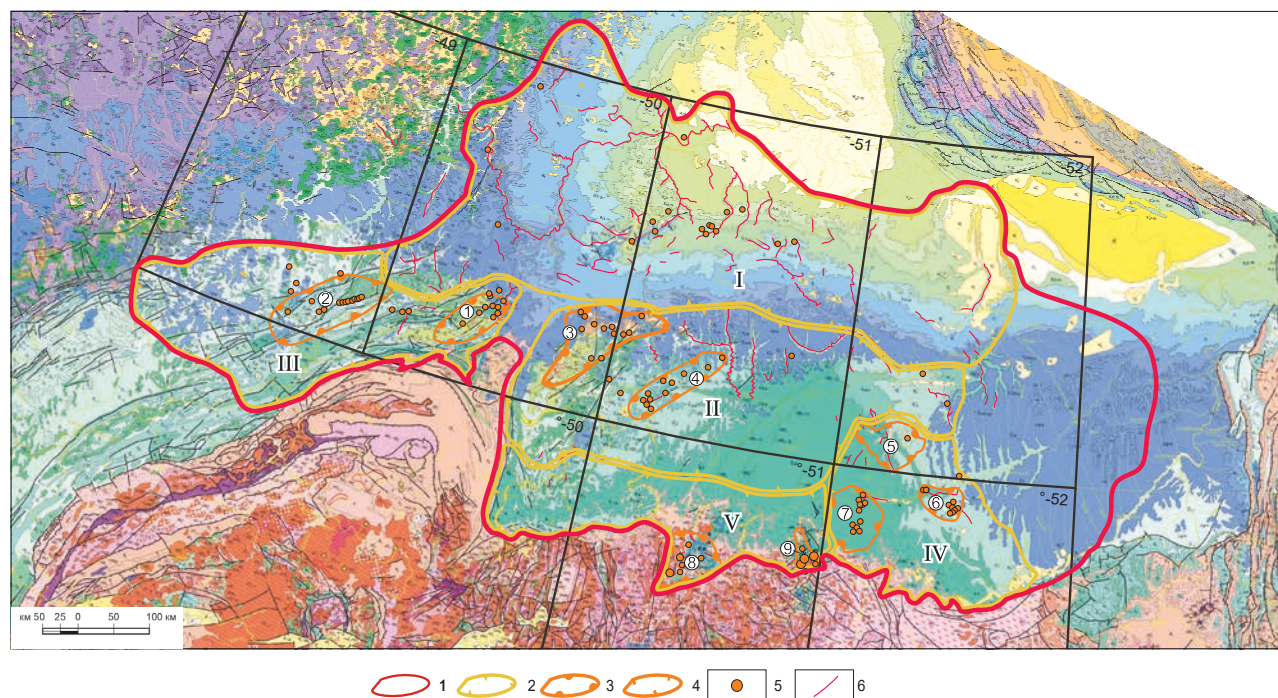


Рис. 1. Положение Алдано-Вилуйской рудно-россыпной золотоносной провинции на геологической карте России масштаба 1 : 2 500 000

1 – Алдано-Вилуйская золотоносная РРП; 2 – минерагенические зоны, выделенные в результате завершённых работ по созданию комплектов ГК-1000/3 листов О-51, О-52, Р-50, Р-51 и Р-52 (I – Лено-Вилуйская, II – Приленская, III – Ленско-Нюйская, IV – Амгинская, V – Чаро-Алданская); 3 – потенциально золоторудные районы (1 – Джербинский, 2 – Нюйский, 3 – Намана-Бирюкский, 4 – Олёкминский, 5 – Улуйский, 6 – Междуреченский, 7 – Модутковский, 8 – Верхнеамгинский); 4 – золоторудный узел (9 – Куранахский); 5 – рудопроявления и месторождения коренного золота; 6 – шлиховые ореолы и россыпи золота

переосмыслить современные перспективы выявления промышленной золотоносности региона и обосновать схему минерагенического районирования изученной территории на золотое оруденение.

В результате было обосновано выделение как самой Алдано-Вилуйской золотоносной РРП, так и ряда минерагенических таксонов более высокого порядка, входящих в ее состав. Это золотоносные зоны: *Лено-Вилуйская золотороссыпная, Приленская, Ленско-Нюйская и Амгинская потенциально золоторудные и Чаро-Алданская золоторудная* с рудными и потенциально рудными районами (*Джербинским, Нюйским, Намана-Бирюкским, Олёкминским, Улуйским, Модутокским, Междуреченским и Верхнеамгинским*) и хорошо известный *Куранахский золоторудный узел* (рис. 1).

При этом авторские ресурсы рудного золота кат. Р₃ в пределах потенциально золоторудных районов (ПЗР) – Джербинского, Намано-Бирюкского и Олёкминского на листах Р-50 и Р-51 – оцениваются величиной в 1050 т металла.

Алдано-Вилуйская рудно-россыпная золотоносная провинция. Объединяет область распространения россыпного и коренного золота.

В структурно-тектоническом отношении в состав провинции входят Алданская антеклиза, Вилуйская синеклиза, Вилуйский рифт, Сунтарское и Якутское поднятия (рис. 2) [43].

Провинция характеризуется отчетливой благороднометалльной (золотой), халькофильной (цветные металлы) и сидерофильной (железо-марганцеворудной) геохимической специализацией (рис. 3) осадочных отложений плитного комплекса Сибирской платформы и рвущих их магматических образований основного, кислого и субщелочного составов.

В геофизическом отношении Алдано-Вилуйская провинция отличается дифференцированным аномальным магнитным полем (ΔT_a) (рис. 4), указывающим на гетерогенный вещественный состав фундамента Сибирской платформы, перекрытый здесь карбонатными и терригенными отложениями плитного комплекса палеозой-мезозойского возраста. По характеру аномального магнитного поля выделяются относительно узкие линейные тектоно-метасоматические зоны, характеризующиеся повышенным значением поля, имеющие субмеридиональное, северо-восточное, восточное простирания, рассматриваемые авторами статьи как рудоподводящие каналы.

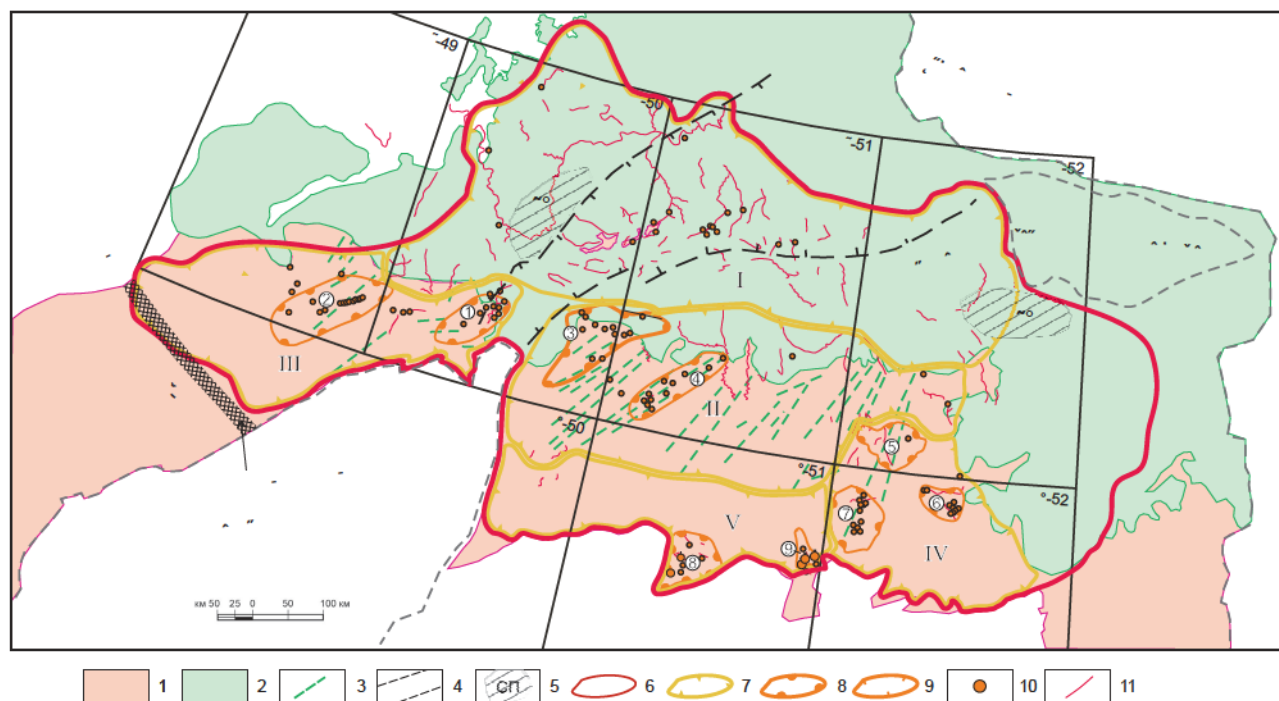


Рис. 2. Геолого-структурная схема Алдано-Вилуйской рудно-россыпной золотоносной провинции с прогнозируемыми минерагеническими зонами и потенциально золоторудными районами и золоторудным узлом

1 – рифей-палеозойские отложения чехла Сибирской платформы; 2 – юрско-кайнозойские отложения чехла Сибирской платформы; 3 – среднепалеозойские дайковые пояса базитов; 4 – границы Вилуйского рифта; 5 – погребенные поднятия фундамента Сибирской платформы (СП – Сунтарское, ЯП – Якутское); 6 – Алдано-Вилуйская рудно-россыпная золотоносная провинция; 7 – минерагенические зоны, выделенные в результате проводимых и завершенных работ по созданию комплексов ГК-1000/3 листов О-51, О-52, Р-50, Р-51 и Р-52 (I – Лено-Вилуйская, II – Приленская, III – Ленско-Нюйская, IV – Амгинская, V – Чаро-Алданская); 8 – потенциально золоторудные районы (1 – Джербинский, 2 – Нюйский, 3 – Намана-Бирюкский, 4 – Олёкминский, 5 – Улуйский, 6 – Междуреченский, 7 – Модутокский, 8 – Верхнеамгинский, 9 – Куранахский); 9 – Куранахский золоторудный узел; 10 – рудопроявления и месторождения коренного золота; 11 – шлиховые ореолы и россыпи золота

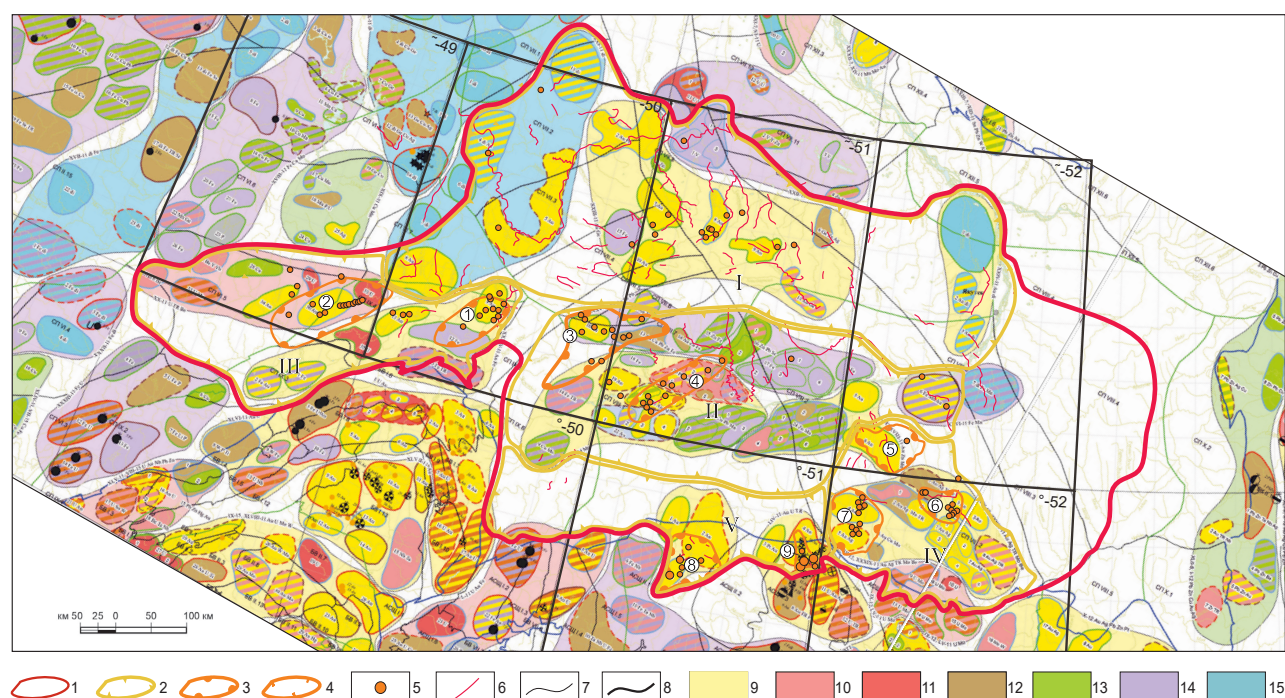


Рис. 3. Положение Алдано-Вилуйской рудно-россыпной золотоносной провинции в региональных геохимических полях. Фрагмент геохимической карты России масштаба 1 : 2 500 000 (материалы ИМГРЭ, 2020 г.)

1–4 – контуры металлогенических таксонов: 1 – Алдано-Вилуйской золотоносной РРП, 2 – золотоносных минералогических зон, 3 – потенциальных золоторудных районов, 4 – золоторудных узлов; 5 – проявления и месторождения коренного золота; 6 – шлиховые ореолы и россыпи золота; 7, 8 – границы рудно-геохимических районов (7) и узлов (8); 9–15 – геохимическая специализация рудно-геохимических районов: 9 – благородные металлы (Au, Ag, Pt), 10 – редкие металлы (Mo, Sr, TR, Be, Y, Yb), 11 – радиоактивные металлы (U, Th), 12 – смешанный тип, 13 – цветные металлы (Pb, Cu, Zn, Ni, Co), 14 – черные металлы (Cr, Mn, Ti, Fe, V), 15 – алмазы

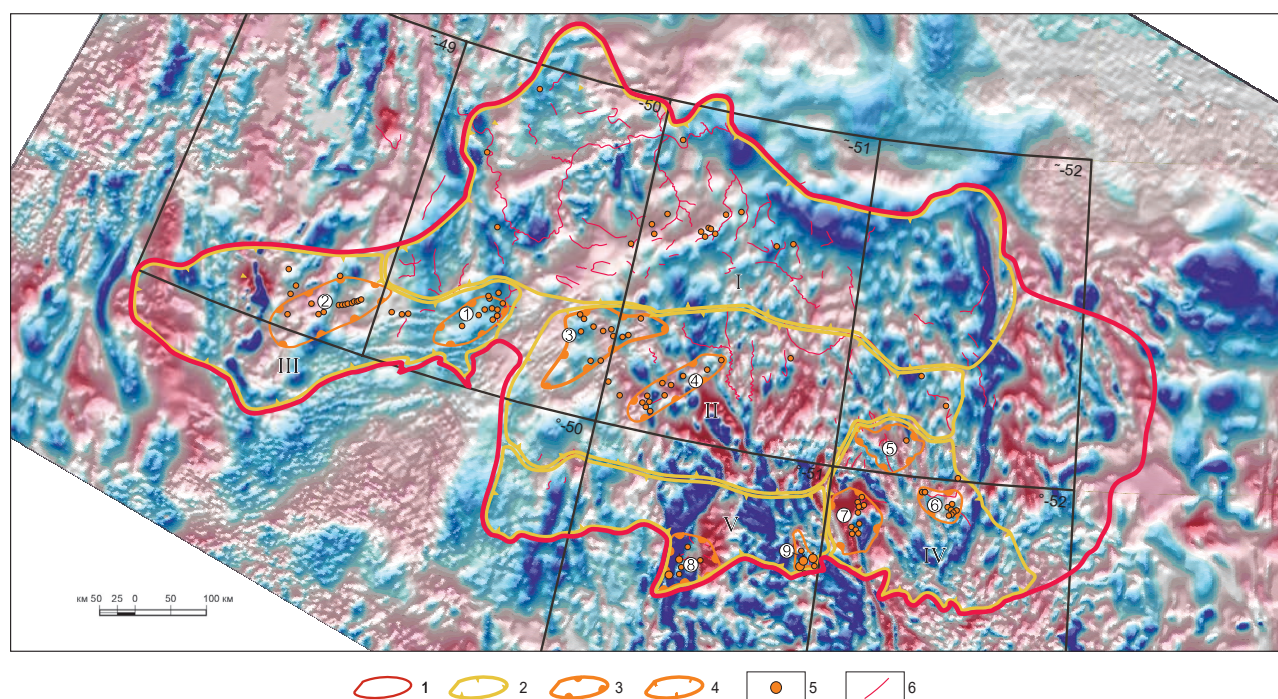


Рис. 4. Положение Алдано-Вилуйской рудно-россыпной золотоносной провинции в аномальном магнитном поле (ΔT_a) (материалы ВСЕГЕИ)

Усл. обозн. к металлогенической нагрузке см. на рис. 1

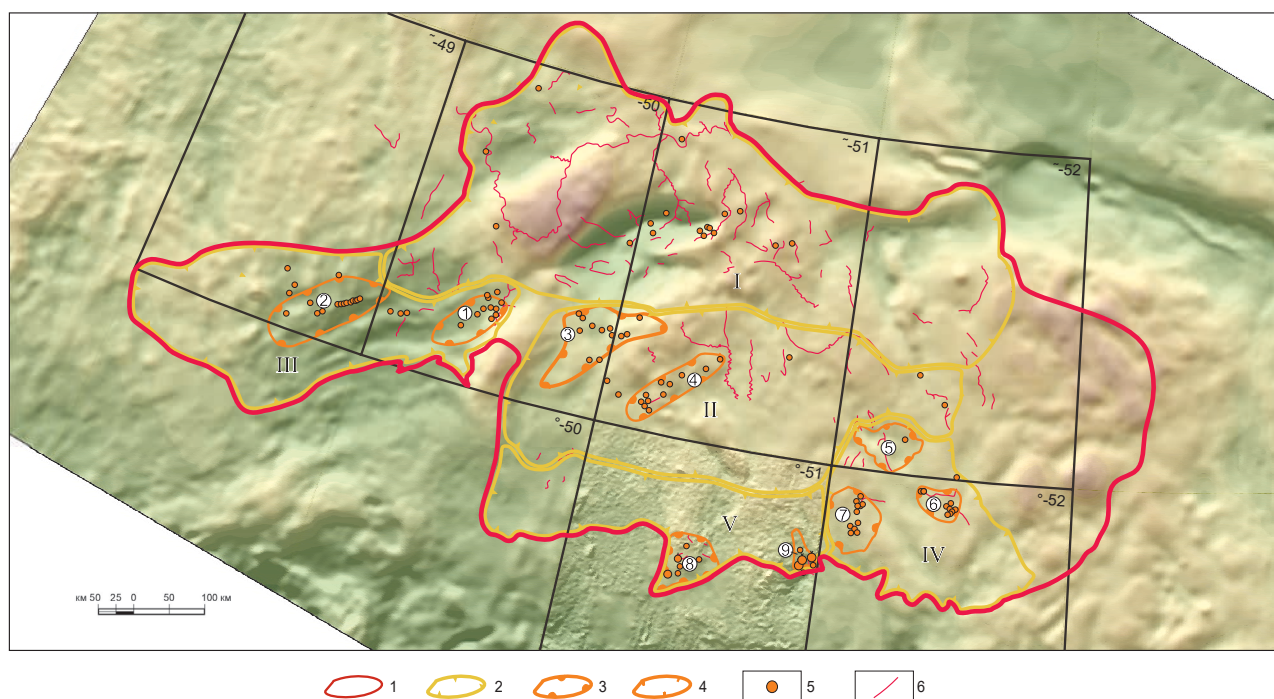


Рис. 5. Положение Алдано-Вилуйской рудно-россыпной золотоносной провинции в гравитационном поле Δg (материалы ВСЕГЕИ)

Усл. обозн. к металлогенической нагрузке см. на рис. 1

Гравитационное поле в пределах провинции (рис. 5) также неоднородно и указывает на дифференцированный фундамент в более глубоких его горизонтах. Разноранговые золоторудные объекты провинции тяготеют в основном к блокам фундамента с пониженными значениями гравитационного поля Δg .

Лено-Вилуйская золото-россыпная минерогеническая зона. Располагается в северной части Алдано-Вилуйской провинции и характеризуется прежде всего россыпной и палеороссыпной золотоносностью.

В региональных геохимических полях рассматриваемая минерогеническая зона отличается отчетливой благороднометалльной специализацией (Au, Pt). Отмечаются также геохимические районы с сидерофильной и редкометалльной специализацией. Для западной части зоны имеются перспективы россыпной алмазаносности (рис. 3).

Вопросам россыпной золотоносности территории посвящено значительное количество исследований. Наиболее ранние из них относятся еще к середине XIX в. С 1903 по 1947 г. более чем на 70 участках велась старательская добыча золота из русловых, реже трассовых образований. На р. Вилуй на 38 участках совместно с золотом добывалась платина. До 1928 г. здесь за сезон намывали до 50 кг золота, а в 1917 г. — не менее 100 кг. На р. Тонгуо в 1917–1924 гг. ежегодно добывали до 32 кг золота. Максимум добычи пришелся на период с 1932 по 1940 г., когда в бассейнах рек Тонгуо и Намана действовало небольшое предприятие треста «Якутзолото». С 1950-х годов началось изучение россыпных проявлений золота

геологами Амакинской, а затем Ботуобинской экспедиций. Тематическими работами на золото изучаемого региона занимались научные сотрудники института геологии ЯФ СО АН СССР, ВСЕГЕИ (А. В. Выриков, 1965; Л. И. Трушков, 1975; И. А. Веселова, 1970; Б. Н. Полунин, 1983; В. А. Камалетдинов, 1984; и др.). Россыпная золотоносность зоны приурочена главным образом к плиоценовым и четвертичным аллювиальным отложениям. Концентрация золота в них сформирована в результате перемиыва промежуточных коллекторов мезозойского, в меньшей мере позднепалеозойского возраста. Содержание золота в промежуточных коллекторах достигает 2,25 г/м³ (В. А. Камалетдинов, 1984). Частота встречаемости таких количеств металла увеличивается от ранних отложений к поздним. Наиболее значительные скопления золота отмечены в долинах рек Вилуй, Кемпендйя, Тонгуо, Табасында, Далыгыр, Чыбыда, Ыгыатта, Марха, Тюкян, Тымтайдах, Синяя, Намана, Намыльдиллах, Каменка и Халаманда. Наиболее перспективное россыпное проявление Далыгырское включает как современные аллювиальные отложения, так и четвертичные террасовые образования р. Тонгуо на участке протяженностью около 27 км (между устьями рек Далыгыр и Тонгуочан). Русловой аллювий обладает мощностью до 15 м и сложен песчано-гравийно-галечными отложениями 5–8 м, перекрытыми разноразмерными песками с прослоями суглинков 0,2–7,0 м. Концентрация золота в породах варьируется в пределах 10–2120 мг/м³ (И. А. Веселова, 1970; А. В. Выриков, 1965). Авторские прогнозные ресурсы россыпного золота кат. P₂ составляют 7,1 т Au, что соответствует

рангу крупной россыпи (С. М. Безбородов, 1997). Пробность золота 951,4–952.

Россыпному золоту территории в количестве от 5 до 40 % к весу сопутствует платина. Сосредоточена она в основном в долине р. Вилюй, на участке течения между реками Укугут и Марха, а также в низовьях рек Укугут, Ыгыатта и Марха. Максимальные содержания платины, варьирующие от первых до сотен миллиграммов на один кубический метр, отмечаются по р. Вилюй [33].

Весовые содержания платины в аллювиальных отложениях бассейна р. Вилюй пространственно приурочены к площади размыва доюрских отложений и распространены в обрамлении Сунтарского и Якутского поднятий. Вилюйская платина, в отличие от палладиевых Норильской и Алданской [20; 22], представлена преимущественно Fe-Pt интерметаллидами, богата родием, рутением, иридийным осмием и выражена в основном мелкими (0,16–0,1 мм и менее) окатанными чешуйками, редко дендритами. В то же время ассоциация в шлиховых пробах платиноидов с хромитом и уваровитом указывает на размыв хромитовых ультраосновных массивов в качестве их потенциального источника [16; 38; 45].

На юго-востоке потенциальной минерогенической зоны золотоносны преимущественно базальные горизонты ожелезненных конгломе-

ратов укугутской свиты раннеюрского возраста. Содержания золота в промежуточных коллекторах на р. Тонгуо, Чыбыда, Чына и др. достигают 1,67 г/м³ с попутными концентрациями ильменита от 410 до 3600 г/м³. В то же время на севере и востоке территории наблюдаются прямые и косвенные признаки связи россыпной золотоносности с коренными источниками предположительно мезозойского возраста, имеющими гидротермально-метасоматический генезис [16; 30; 31; 37; 42; 45; 46].

В ходе полевых исследований в рамках работ по составлению ГК-1000/3 (лист Р-52) авторами было отобрано и проанализировано пять шлиховых проб из среднего течения р. Кенгеме. На основе изучения морфологии и состава этих проб было выделено два типа золота. Россыпное золото первого типа не отличается от распространенного в пределах минерогенической зоны и является переотложенным [25; 26]. Золото второго типа (рис. 6) обладает типично рудным обликом, однородным внутренним строением и не несет механических следов длительного переноса. Все перечисленные признаки свидетельствуют о недолгом нахождении золота этого типа в россыпи и близости его коренного источника, что позволяет предположить наличие в пределах современного водосбора реки коренного проявления золоторудной минерализации, зона окисления которого является источником золота второго типа. По причине того, что река эродирует только мезозойские отложения, источник золота, скорее всего, характеризуется мезозойским возрастом.

В восточной части потенциальной зоны в верхнем течении рек Кемпендяй и Табасында известны находки тектонических зон с вкрапленной сульфидной минерализацией пирита, марказита и магнетита в позднедевонских, а также позднеюрских и раннемеловых отложениях мощностью до 50–60 м с содержаниями Au, варьирующими от 0,6 до 1,4 г/т (В. И. Тимофеев, 1968; С. М. Безбородов и др., 1997).

Приленская потенциальная золоторудная минерогеническая зона. Протягивается в широтном направлении и в качестве потенциально золоторудного таксона выделяется впервые. В ее геологическом строении принимают участие терригенные и терригенно-карбонатные отложения рифея и кембрия, а также терригенные отложения юрско-кайнозойского возраста, составляющие плитный комплекс Сибирской платформы. В пределах зоны закартированы многочисленные разрывные нарушения и дайки долеритов, формирующие протяженные рои северо-восточного простирания, объединяемые в Чаро-Синскую зону [3; 5; 7; 15; 21; 42]. На окраине города Олёкминск закартировано интрузивное тело сиенитов и сиенит-порфиров с возрастом 371 млн лет.

В толще терригенно-карбонатных и карбонатных отложений плитного комплекса масштабно и с высокой степенью проработки субстрата проявлены гидротермально-метасоматические

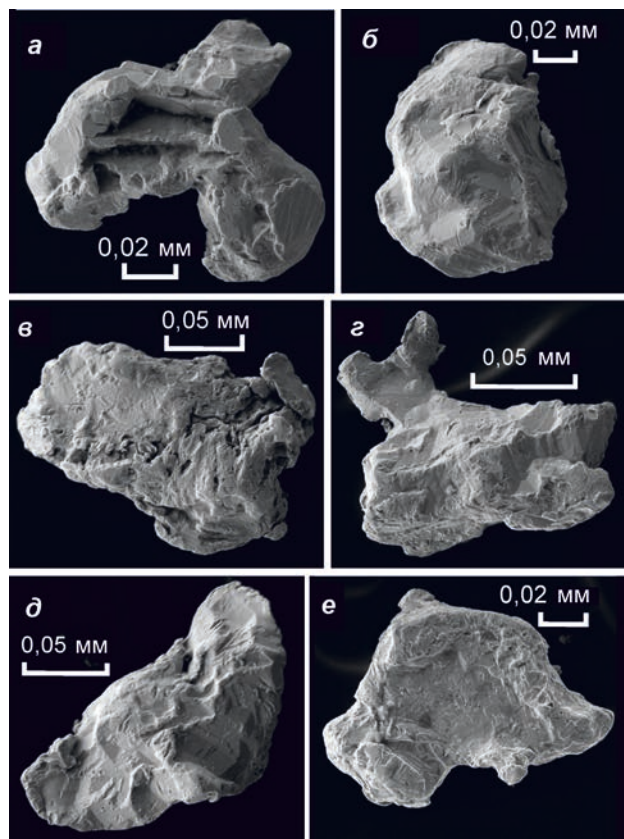


Рис. 6. Морфологические разновидности россыпного золота «рудного» облика из аллювиальных отложений р. Кенгеме [27]

а, в, е — комковидно-угловатое, б — изометрическое, г — комковидное и д — прожилково-чешуйчатое

процессы, зафиксированные на современном уровне эрозионного среза гидротермально-метасоматическими новообразованиями джаспероидов и аргиллизито-березитов. В карбонатных толщах отмечаются процессы термокарстообразования с окисной и сульфидной минерализацией. Дайки долеритов также иногда сульфидизированы. В экзоконтакте сиенитовой интрузии в окрестностях Олёкминска отмечены скарны с обильной магнетитовой минерализацией и локальными аномалиями золота (рудопроявления Олёкминское и Юбилейное).

В региональных геохимических полях Приленская потенциально золоторудная минерагеническая зона (ЗМЗ) характеризуется разнообразной геохимической специализацией (рис. 3). В ее

пределах отчетливо выделяются районы, узлы и зоны с благороднометалльной (Au, Pt), сидерофильной (Fe, Mn), халькофильной (Cu, Pb, Zn) и редкометалльной (TR, Sr) геохимической специализацией.

На карте аномального магнитного поля на площади Приленской зоны выделяются линейные узкие аномальные зоны диагональной ориентировки (рис. 4), к которым приурочены потенциально золотосные узлы. Гравитационное поле восточной части зоны характеризуется более высокими значениями Δg по сравнению с западной. При этом именно в западной части Приленской минерагенической зоны авторами выделяются два потенциальных золоторудных района — *Намана-Бирюкский* и *Олёкминский* (рис. 7, 8),

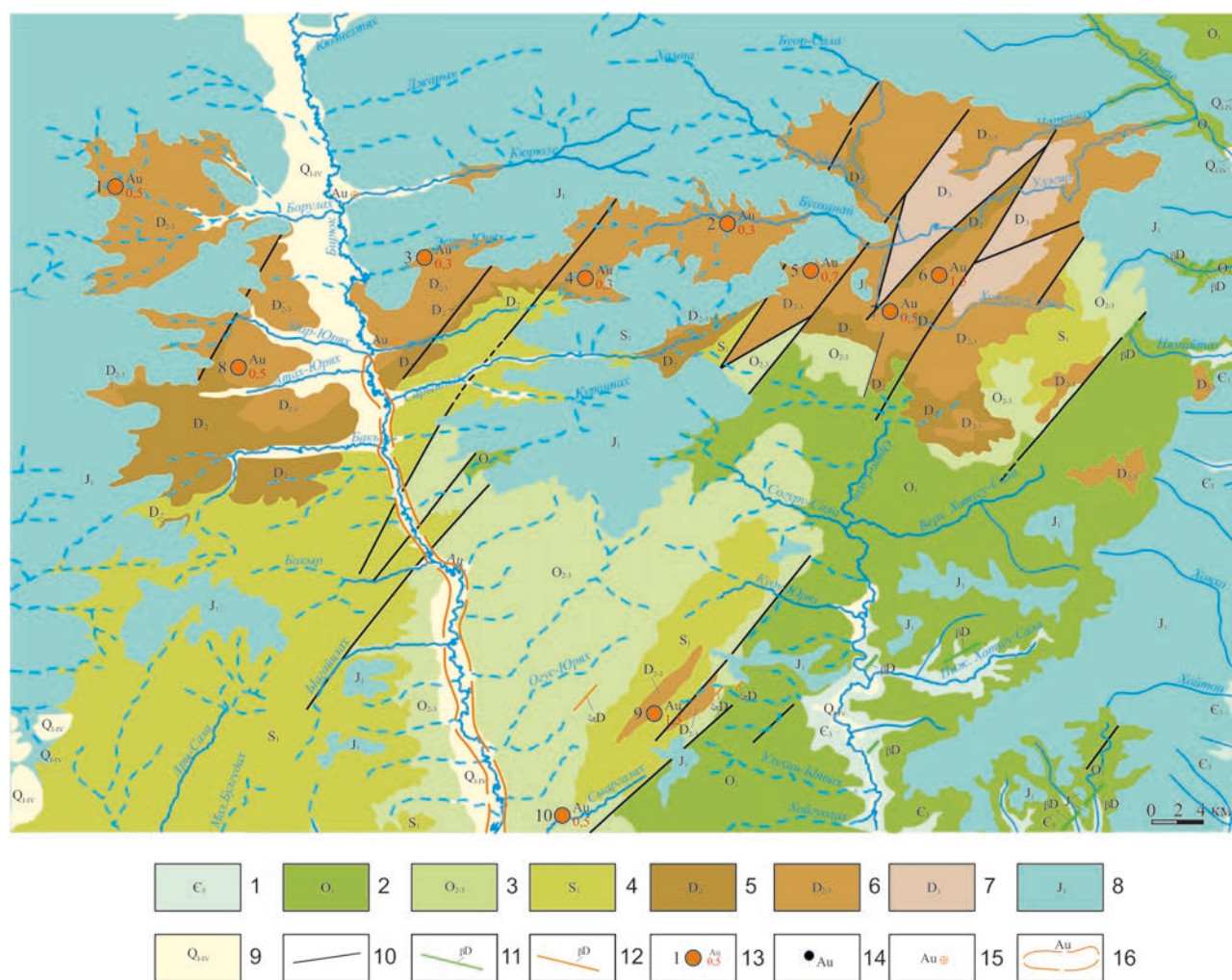


Рис. 7. Намана-Бирюкский потенциальный золоторудный район (фрагмент)

1 — кембрийская система, верхний отдел, пёстроокрашенные мергели с прослоями известняков, доломитов и песчаников; 2, 3 — ордовикская система: нижний отдел, известняки, доломиты (2), средний-верхний отделы, мергели, аргиллиты, доломиты, прослои песчаников, алевролитов, известняков (3); 4 — силурийская система, нижний отдел, доломиты, алевролитистые доломиты, известняки; 5–7 — девонская система: средний отдел, глинистые известняки, песчаники, алевролиты, доломиты, гипсы, базальты (5), средний-верхний отделы, песчаники, алевролиты, гравелиты, вулканомиктовые конгломераты и брекчии, покровы трахитов (6), верхний отдел, песчаники, прослои гравелитов и алевролитов, покровы базальтов (7); 8 — юрская система, нижний отдел, пески с прослоями конгломератов, галечников, песчаников, алевролитов, глин; 9 — верхнечетвертичные и современные аллювиальные отложения, пески и глины; 10 — разрывные нарушения; 11 — девонские интрузивы, дайки долеритов, габбро-долеритов; 12 — девонские дайки сиенит порфиров; 13 — рудопроявления Au (цифры у знака: черный цвет — номер рудопроявления, красный — содержание золота в г/т); 14 — пункты минерализации золота; 15 — точечная шлиховая проба с повышенным содержанием золота; 16 — золотосные россыпи

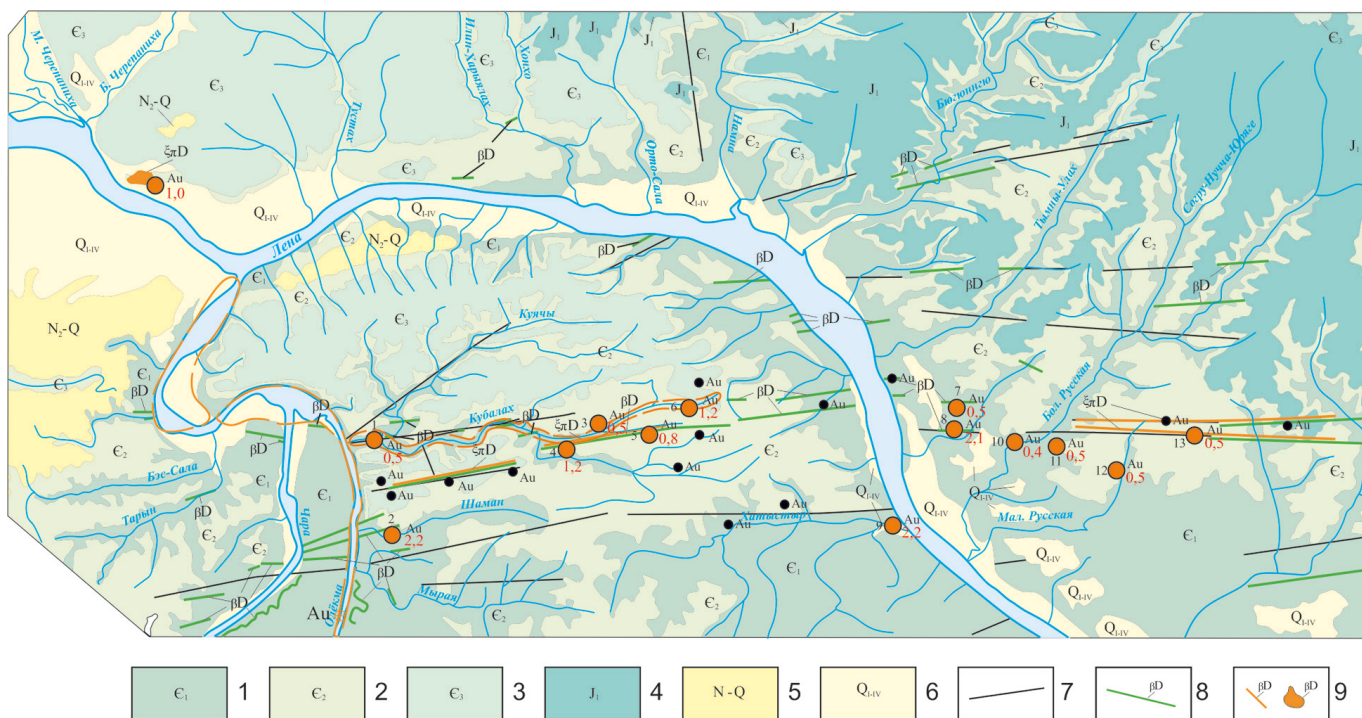


Рис. 8. Олёкминский потенциальный золоторудный район (фрагмент)

1–3 – кембрийская система: нижний отдел, доломиты, мергели (1), средний отдел, доломиты (2), средний-верхний отделы, мергели с прослоями известняков, доломитов и песчаников (3); 4 – юрская система, нижний отдел, пески с прослоями конгломератов, галечников, песчаников, алевролитов, глин; 5 – плиоцен-нижнечетвертичные аллювиальные отложения, пески с примесью суглинков, глин и галечников; 6 – верхнечетвертичные и современные аллювиальные отложения, пески и глины; 7 – разрывные нарушения; 8, 9 – девонские интрузивы: дайки долеритов и габбро-долеритов (8), сиенит-порфиры, дайки сиенит-порфиров (9); 10 – см. усл. обозн. к рис. 7, п. 13; 11 – пункты минерализации золота; 12 – точечная шлиховая проба с повышенным содержанием золота; 13 – золотосодержащие россыпи

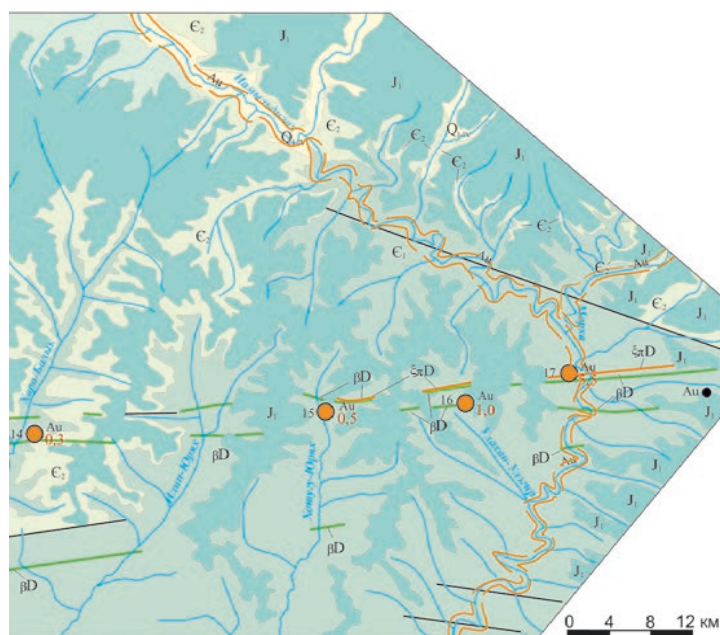
обладающие высокими перспективами выявления промышленно значимых месторождений золота куранахского и лебединского типов, на площади которых уже известны многочисленные рудопроявления золота и сопутствующей рудной минерализации. В восточной части потенциальной минерагенической зоны отмечены единичные пункты минерализации золота в карстовых полостях или кварц-карбонатных метасоматитах. Результаты наших работ показали, что метасоматиты изучаемой части территории обладают Pb, Zn, Mn, Ag или Cu, W, Mo специализацией и ассоциированы со стратиформным оруденением в карбонатных толщах MVT-типа [23]. Содержания золота в них, по данным предшественников, не превышают 0,3–0,4 г/т (В. С. Хан, 1965; В. А. Камалетдинов и др., 1984).

Намана-Бирюкский потенциальный золоторудный район. В пределах района известно 14 проявлений рудного золота среднепалеозойского возраста, которые контролируются разломами северо-восточного, северо-западного и широтного простираний. Золотосодержащие породы, как правило, представлены лимонитизированными и джаспероидизированными карбонатными, терригенно-карбонатными, реже терригенными отложениями.

В дифференцированных дайках чаро-синского комплекса, прорывающих карбонатно-глинистые отложения нижнего палеозоя (р. Большая

Черепаниха), содержание золота – 0,4–1,8 г/т (И. Г. Павличенко, 2003). В среднем течении р. Намана, вблизи тела туфобрекчий основного состава, найдены обломки кварцевых метасоматитов, концентрации золота в которых достигают 1,2 г/т. На р. Хотугу-Салаа (правый приток р. Намана) локализовано комплексное проявление, приуроченное к брекчированным и минерализованным трахибазальтам наманинской свиты в экзоконтакте с сиенит-порфирами чаро-синского комплекса [24; 25]. Рудная зона протяженностью 70 и шириной 40 м вскрыта предшественниками до глубины 35 м. Она включает два рудных тела линзовидной формы мощностью 4–5 м, с обильной вкрапленностью ковеллина и малахита, с примесью пирита, халькопирита, халькозина, борнита, куприта и единичных зерен самородной меди и киновари. По данным борзодового и штучного опробования, содержание Cu – 0,16–9,17 %, Zn – 0,03 %, Au – 0,2 г/т, Ag – 0,06–4 г/т. В рудном концентрате установлены Ge – 0,0003 % и Cd – 0,001 %. Здесь же в окварцованных известняках кривоуцкой свиты на контакте с секущим телом палагонитовых долеритов отмечено золото до 1,9 г/т. Повышенные количества золота также установлены и на некоторых магнетитовых проявлениях района.

Олёкминский потенциальный золоторудный район (рис. 8) имеет общее северо-восточное простирание, в структур-



но-вещественном выражении тяготеет к разрывным нарушениям и рою дайковых тел базитового и субщелочного составов, характеризующихся северо-восточным простиранием (Чара-Олёкминская зона разрывных нарушений). Золото приурочено к дайкам чаро-синского комплекса, сложенным дифференцированными телами габбро-долеритов, монцо-габбро-долеритов и порфировидных сиенитов. В интрузивных породах повсеместно отмечается обильная вкрапленность сульфидной минерализации. Всего в пределах района известно 17 рудопоявлений и 14 пунктов минерализации золота.

Гидротермально-метасоматические новообразования минерогенической зоны представлены джаспероидами и аргиллизито-березитами, широко проявленными среди исходных осадочно-терригенных, вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород плитного комплекса. Здесь же отмечены термокарстовые полости. Поэтому ареалы развития джаспероидов, аргиллизито-березитов, термокарстовых полостей, а также участки тектонической нарушенности пород контролируют размещение многочисленных рудопоявлений золотой минерализации [3; 24; 25].

На водоразделе рек Лена и Олёкма известно семь рудопоявлений идентичного строения. Наиболее изученные из них — Юбилейное и Кубалах — приурочены к зоне джаспероидизации терригенно-карбонатных пород метегерской свиты мощностью 20–60 м. Кварцевые и кварц-карбонатные метасоматиты содержат золото в количестве от следов до 0,5 г/т, реже 1,2 г/т (проявление Кубалах) и 2,1 г/т (проявление Юбилейное) и прослежены на глубину до 35 м. Кроме того, в метасоматитах установлено содержание Ag до 2,5 г/т, а также Cu до 0,01–0,02,

Zn до 0,02–0,05, Pb до 0,01 и Hg до 0,0035 %. (В. Л. Масайтис, 1977; И. Г. Павличенко, 2003).

На окраине Олёкминска известно одноименное скарновое проявление железа, приуроченное к контакту карбонатных пород метегерской свиты с сиенит-порфирами чаро-синского комплекса. Мощность рудных тел варьируется от 0,5 до 30 м при протяженности 50–60 м. Руда представлена мелкокристаллическим магнетитом с редкой вкрапленностью пирита, халькопирита, гематита и лимонита. Среднее содержание оксидов железа составляет 58,5 %. В отдельных пробах магнетитовой руды содержится Au до 1,7 и Ag до 1,8 г/т (В. Л. Масайтис, 1977; С. Д. Костюк, 1989; И. Г. Павличенко, 2003).

Ленско-Нюйская потенциально золоторудная минерогеническая зона располагается в юго-западной части Алдано-Вилуйской провинции и в геологическом отношении сложена терригенно-карбонатными, карбонатными отложениями кембрия и ордовика, в меньшей степени терригенными отложениями юрского возраста, слагающими плитный комплекс Сибирской платформы (рис. 1). Магматические породы, представленные в основном долеритами, формируют рои даек северо-восточного и меридионального простираний. В пределах зоны широко проявлены также тектонические нарушения северо-восточного простирания.

В региональных геохимических полях Ленско-Нюйская потенциальная золоторудная зона (ПЗЗ) характеризуется благороднометалльной (Au), сидерофильной (Fe) и редкометалльной (TR, Be, Y, Yb) специализациями. Кроме того, в центральной части зоны выделяются геохимические районы и узлы с радиоактивной (U) и халькофильной (Cu) специализациями (рис. 3). Аномальное магнитное поле в пределах зоны дифференцировано (рис. 7). В ее западной части отчетливо выделяется узкая линейная зона субмеридионального простирания положительных значений поля (ΔT)_а. Гравитационное поле относительно провинции в целом характеризуется пониженными значениями Δg (рис. 8).

В пределах Ленско-Нюйской ПЗЗ авторами выделено два потенциальных золоторудных узла — Джербинский и Нюйский (рис. 1).

Н ю й с к и й п о т е н ц и а л ь н ы й р у д н ы й р а й о н (рис. 9) включает 19 проявлений рудного золота, которые тяготеют к зонам Нюйского, Хамаринского и Чаяндинского разломов и приурочены к малопротяженным зонам или участкам брекчированных, окремненных, интенсивно лимонитизированных, содержащих рассеянную вкрапленность пирита карбонатных и терригенно-карбонатных отложений кембрийского и ордовикского возраста. Коренная золотоносность участка установлена в 1966 г. по результатам работ Ю. А. Дукарта, Г. В. Коробкова, О. К. Ляшкевича (1966 г.), Н. Т. Родионова (1960, 1964, 1966 и 1969 г.), А. В. Коробицына, С. В. Карелина, С. А. Захаров (1991 г.).

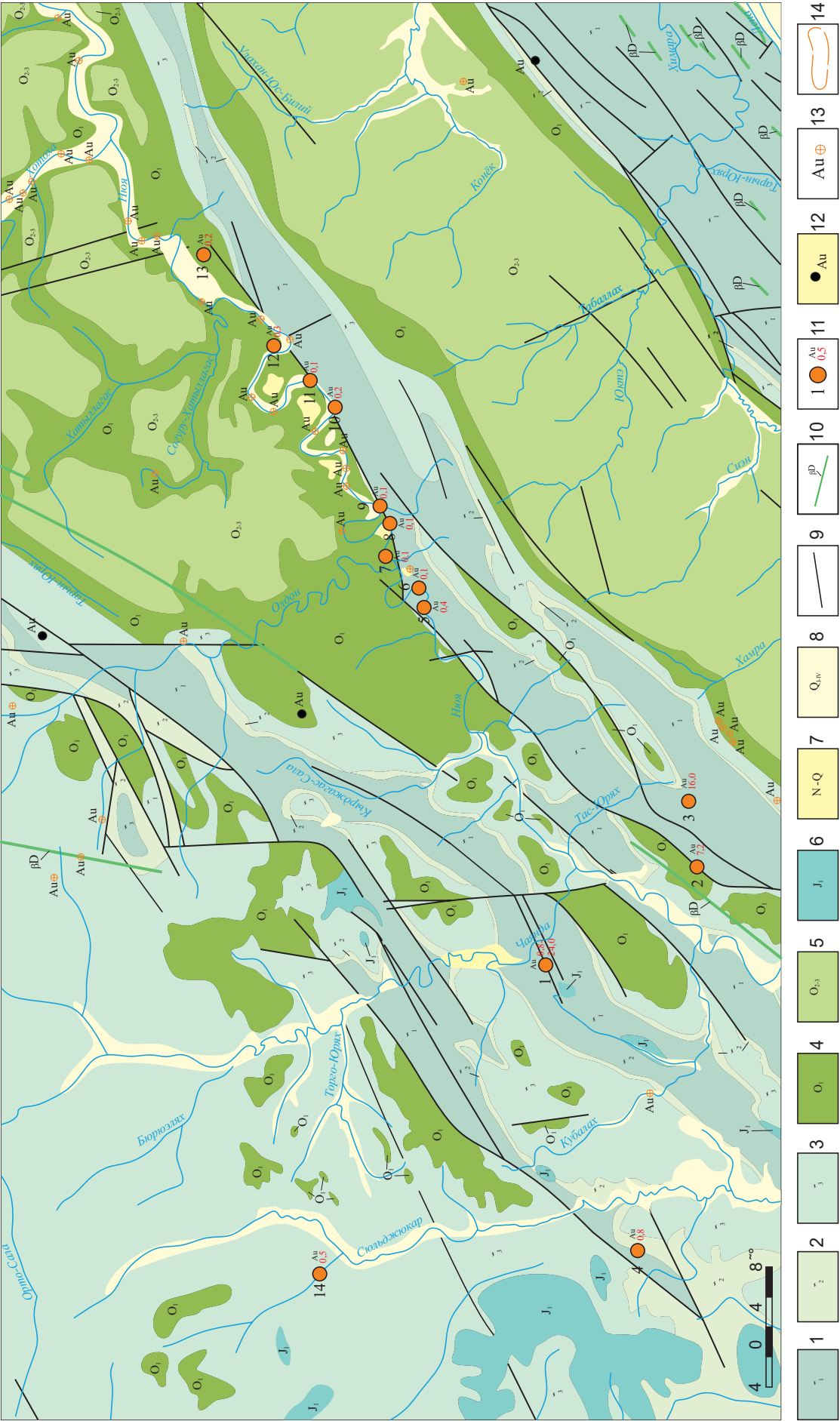


Рис. 9. Нойский потенциальный золоторудный район (фрагмент)

1–3 – кембрийская система: нижний отдел, доломиты, мергели (1), средний отдел, доломиты, прослой карбонатных брекчий (2), средний-верхний отделы, алевриты, аргиллиты, доломиты, прослой песчаников и известняков (3); 4, 5 – ордовикская система: нижний отдел, известняки, мергели (4), средний-верхний отделы, переслаивание песчаников, алевритов и аргиллитов (5); 6 – юрская система, нижний отдел, пески с прослоями конгломератов, галечников, алевритов, глин; 7 – плиоцен-нижнечетвертичные аллювиальные отложения, глины и галечники; 8 – верхнечетвертичные и современные аллювиальные отложения, пески, галечники, супеси и суглинки; 9 – разрывные нарушения; 10 – девонские интрузии, дайки долеритов, габро-долеритов; 11 – см. обозн. к рис. 7, п. 13; 1 – Чаядинское, 2 – Керемническое, 3 – Балаганах; 12 – точки минерализации золота; 13 – точечная шлиховая проба с повышенным содержанием золота; 14 – золотоносные россыпи

Мощность ореолов интенсивно измененных пород — джаспероидов — от 5 до 12 м и лишь на проявлениях Чуонда, Балаганах и Керемникке достигает 30–40 м. Главные рудные минералы — самородное золото, пирит и лимонит. По данным пробирного анализа, содержание золота на проявлениях, расположенных в долине Нюи, варьируется от следов до 0,3 г/т, на р. Олдон — до 1,2 г/т, р. Боруок — до 5,2 г/т, проявлениях Керемникке — до 7,4 г/т и Балаганах — до 16 г/т. На проявлении Чуонда, приуроченном к разлому северо-восточного простирания, в двух из шести штучных проб измененных пород чарской свиты ленского яруса золото достигает 20–24 г/т, в остальных пробах — 0,2–0,8 г/т. Минерализованные породы, содержащие золото, сложены

ожелезненным раздробленным кварцем с включениями корродированных зерен лепидокрокита. В них встречаются единичные знаки золота изометричной формы размером от 0,01 до 0,05 мм. Здесь же в бассейне р. Нюя, на реках Кудулах и Сыпаранда, в пластовых интрузивах долеритов среднего палеозоя пробирным анализом установлено золото от следов до 0,2 г/т. (Ю. А. Дукарт, 1969; А. В. Коробицын и др., 1991).

Джербинский потенциальный рудный район (рис. 10) объединяет 11 проявлений рудного золота среднепалеозойского возраста, которые контролируются разломами и дайками пород основного состава, главным образом северо-восточного простирания. Золотосодержащие породы палеозоя представлены

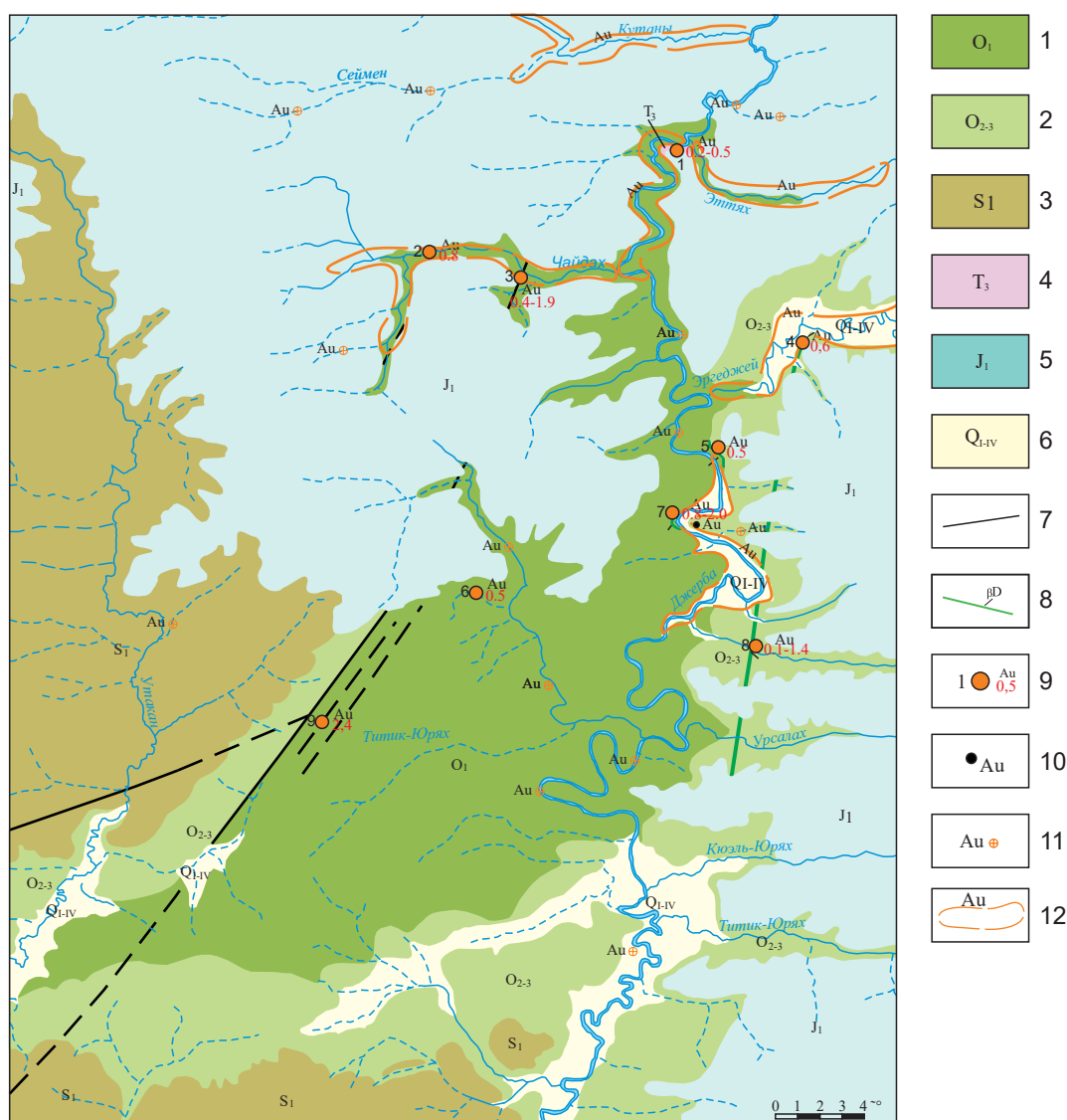


Рис. 10. Джербинский потенциальный золоторудный район (фрагмент)

1, 2 — ордовикская система: нижний отдел, известняки, доломиты (1), средний-верхний отделы, алевролиты, глины, известняки, песчаники (2); 3 — силурийская система, нижний отдел, известняки с прослоями глин и доломитов; 4 — триасовая система, верхний отдел, глины с прослоями углистого вещества; 5 — юрская система, нижний отдел, пески, конгломераты, галечники; 6 — четвертичная система, пески с галькой (аллювий); 7 — разрывные нарушения; 8 — девонские интрузии, дайки долеритов; 9 — см. усл. обозн. к рис. 7, п. 13: 2 — Чайдахское 2, 3 — Чайдахское 1, 4 — Эргедейское, 6 — Сарыньское, 8 — Онгкучахское, 9 — Утаканское; 10 — золотосодержащие точки минерализации; 11 — точечная шлиховая проба с повышенным содержанием золота; 12 — золотосодержащие россыпи

лимонитизированными и окварцованными карбонатными, реже терригенными породами. Содержание золота в них доходит до нескольких граммов на тонну. Так, в бассейне р. Джерба в окварцованных и лимонитизированных известняках нижнего ордовика, превращенных в джаспериоды, на проявлениях Чайдахское 1 содержание золота в двух пробах составило — 0,4 и 1,9 г/т, а Чайдахское 2 в одной пробе — 0,8 г/т. На проявлениях Сарынского и Утаканского в зоне разлома в плитчатых ожелезненных мелкозернистых песчаниках нижнего ордовика обнаружено золото в количестве 0,5 и 2,4 г/т соответственно (В. Л. Масайтис, 1975).

В бассейне р. Джерба в протяженной дайке долеритов контайско-джербинского комплекса зафиксированы проявления Эргеджейское и Онгкучахское. На первом долериты содержат золото в количестве до 0,6 г/т, на втором — до 0,2 г/т. В экзоконтакте в ороговикованных алевролитах нижнего ордовика золото выявлено в количестве от 0,2 до 1,4 г/т (В. Л. Масайтис, 1975).

На реках Нюя и Джерба в пластовых залежах мелкозернистых брекчированных долеритов (мощностью до 20 см), залегающих среди ордовикских отложений, установлено золото от 0,5 до 2 г/т (В. Л. Масайтис, 1975).

Амгинская потенциальная золоторудная минерогеническая зона. Расположена в юго-восточной части Алдано-Вилойской золотоносной РРП. В ее геологическом строении принимают участие терригенно-карбонатные и карбонатные отложения кембрийского возраста, относящиеся к плитному комплексу Сибирской платформы. На востоке рассматриваемой территории наблюдаются горизонтально залегающие терригенные отложения юры, а в южной части отмечены незначительные по площади выходы терригенных, терригенно-карбонатных отложений венда. Магматические образования представлены дифференцированными дайками долеритов-гранодиоритов чаро-синского комплекса северного и северо-восточного простирания, дайками сиенит-порфиров и бостонитов алданского комплекса, эксплозивными брекчиями тобукского комплекса нижнемелового возраста. Золотоносность территории слабо изучена и рассматривалась в ходе геологосъемочных, поисковых и тематических работ ЯГУ, ГУП РС(Я) «Алдангеология» и др. (В. А. Лавринович, 1963; А. Н. Угрюмов, 1979; В. А. Белых, 1980; А. П. Андреева, 1991; Е. П. Максимов, В. И. Уютов, 2003; и др.)

В геохимическом отношении зона характеризуется благороднометалльной (Au, Ag), в меньшей степени редкометалльной геохимической специализацией (рис. 3). Магнитное поле в пределах зоны сложно дифференцировано, выделяется множество вытянутых линейных аномалий как положительного, так и отрицательного значений (рис. 4). Наиболее ярко проявленная положительная аномалия сигмоидальной формы соответствует Амгинской зоне региональных разломов.

В пределах Амгинской потенциально ЗМЗ выявлены обширные ореолы джаспериодов, гумбеитов и аргиллизито-березитов, нередко приуроченные к зонам брекчирования и объемной трещиноватости пород. Кроме того, здесь отмечены признаки проявления процессов термокарстообразования в карбонатных отложениях, а также коры выветривания неоген-четвертичного возраста [8–10; 18; 28; 47]. К ореолам развития гумбеитов, джаспериодов, аргиллизито-березитов, карстовых воронок, а также зон брекчирования и объемной трещиноватости пространственно приурочены многочисленные проявления золоторудной минерализации, входящие в состав трех потенциальных золоторудных районов — Улуйского, Междуреченского и Модутковского (рис. 1).

Междуреченский потенциальный золоторудный район расположен на восточном фланге Амгинской ПЗЗ. В его геологическом строении принимают участие платформенные карбонатные и терригенно-карбонатные отложения кембрия, терригенные отложения юры, олигоцен-миоценовые аллогенные коры выветривания, а также предположительно мезозойские магматические образования (рис. 11).

Отложения нижнего кембрия занимают большую часть площади и представлены карбонатными мелководно-морскими отложениями, субгоризонтально залегающими на пенепленизированных породах фундамента с прослоями терригенно-карбонатных пород в основании разреза. Юрские отложения (укугутская свита) распространены на северо-востоке района, где они с несогласием залегают на коре выветривания кембрийских пород, представленной интенсивно ожелезненными конгломератами, грубозернистыми песками с прослоями бурых железняков. На востоке района, на вершинах водоразделов, получили развитие палеогеновые коры выветривания, сложенные глинистыми и терригенными образованиями каолинового состава с обломками продуктов ее ближайшего переотложения. Коры выполняют карстовые полости в карбонатных породах. Мощность их в пределах района варьируется от 5 до 10 м, крайне редко достигая 30 м.

Магматические образования развиты локально и представлены дайкой бостонитов предположительно алданского комплекса позднеюрского-раннемелового возраста [17; 32; 36].

Разломная тектоника в районе развита широко. Проявлены региональные разломы диагональной ориентировки сбросовой, взбросовой и сбросо-сдвиговой кинематики. На востоке территории в зоне развития терригенных мезо-кайнозойских образований наблюдаются системы дугообразных разломов сбросо-сдвигового характера.

В региональных геохимических полях Междуреченский ПЗР располагается в пределах благороднометалльного района (рис. 3) и трех благороднометалльных узлов.

Здесь выявлено 10 рудопроявлений золота, а также многочисленные пункты минерализации, шлиховые ореолы и точечные аномалии

в современных аллювиальных отложениях. Золотоносность района связывается с: 1 — залежами кварц-гематитовых руд и бурых железняков, расположенных на контакте юрских и кембрийских отложений; 2 — площадными ореолами низкотемпературных карбонат-кварцевых метасоматитов, несущих вкрапленность пирита и гематита и приуроченных к минерализованным зонам дробления пород; 3 — многочисленными карстовыми депрессиями, выполненными перетолженным рудосодержащим материалом.

Кварц-карбонатные метасоматиты (джаспериоды) широко распространены в карбонатном комплексе в виде многочисленных обломков интенсивно окисленных кварцевых, кремнистых, кварц-гидрослюдисто-карбонатных пород с реликтами сульфидов, выполненных окислами и гидроокислами железа. Метасоматиты ассоциируют с зонами стратиграфического контакта

юрских и кембрийских пород, межформационными перерывами в карбонатных толщах кембрия и рудоподводящими разрывными нарушениями. Также они слагают значительный объем обломочной части отложений кор выветривания.

Проявления золота в брекчированных карбонатных породах кембрия наблюдаются в северной части площади. *Рудопоявление Улу* расположено на левобережье р. Амга в 6,5 км ниже устья р. Улу. В доломитах и глинистых доломитах унгелинской свиты нижнего кембрия отмечается минерализованная зона брекчирования и дробления. Рудное тело сложено преимущественно обломками кварц-кальцитовых и кварц-карбонат-халцедоновых апокарбонатных метасоматитов, сцементированных глинистым интенсивно ожеженным цементом. Зона обладает видимой мощностью 30–35 м с неустановленной протяженностью. Простирание северо-восточное,

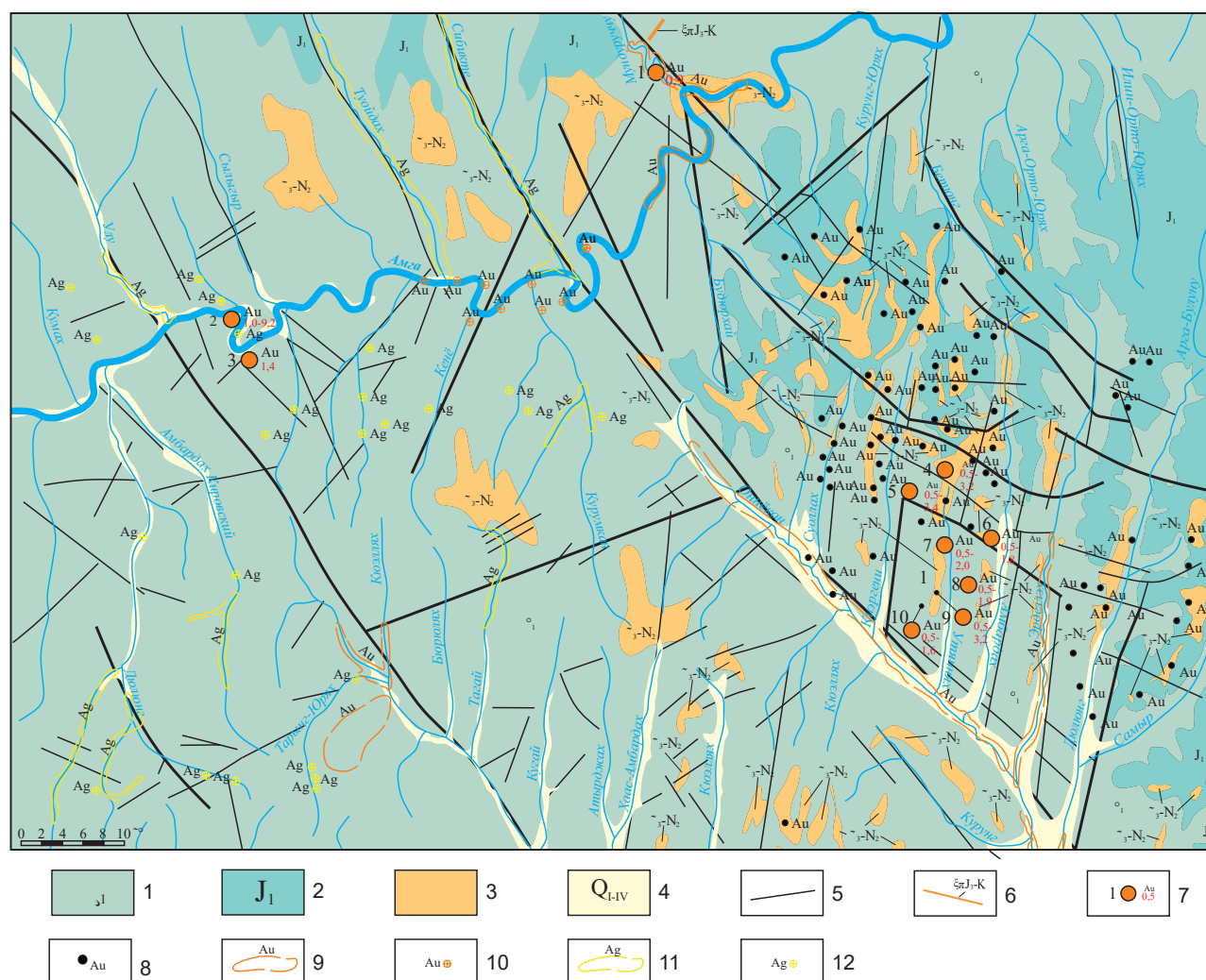


Рис. 11. Междуреченский потенциальный золоторудный район (фрагмент)

1 — нижнекембрийские известняки, мергели, доломиты; 2 — нижнеюрские терригенные отложения, песчаники, алевролиты, аргиллиты; 3 — эоцен-олигоценые пески и глины каолинизированные с прослоями бурых железняков; 4 — верхнечетвертичные аллювиальные отложения; 5 — разрывные нарушения; 6 — верхнеюрско-меловые интрузии; 7 — см. усл. обозн. к рис. 7, п. 13; 8 — пункты минерализации Au с содержанием выше 1,0 г/т; 9 — россыпные проявления золота; 10 — точечная шлиховая проба с повышенным содержанием золота; 11 — россыпные проявления серебра; 12 — точечные шлиховые пробы с повышенным содержанием серебра

с падением 10° – 70° . Содержание золота варьируется от следов до 7,2 г/т в центральной части (В. А. Белых, 1980).

Аналогичное строение имеет рудопоявление на правобережье р. Амга в 3 км выше по течению от устья р. Кюргеллях. В левом борту долины р. Амга наблюдаются крупные элювиально-делювиальные развалы гидротермально-метасоматически измененных кавернозных доломитов и глинистых доломитов унгелинской свиты раннего кембрия, а также интенсивно лимонитизированные кварц-кальцитовые, халцедон-кварцевые апокарбонатные метасоматиты, в которых содержание Au – 0,5–1,4 и Ag – 1,8–2,0 г/т (В. А. Белых, 1980).

Рудопоявления, расположенные в верховьях р. Онъокоон на водоразделе с р. Амга в центральной части площади, локализованы преимущественно в карстовых полостях и имеют аналогичное строение. Выделяются два типа коры выветривания. Первый тип представляет собой мощные образования, сложенные в различной степени ожелезненными породами, бурыми железняками и гематитовыми рудами. Собственно, продуктивный горизонт, вмещающий железные руды, достигает мощности 4 м. По характеру и составу слагающих его пород первый тип близок к куранахскому. Второй тип коры, лишь в редких случаях превышающий метровую мощность, сложен как литифицированными, так и глинистыми породами, с пластами и конкрециями сидеритов и кремнисто-железистых пород.

В изучаемой части района широко развиты терригенные юрские отложения и карстовые депрессии, выполненные оруденелыми известняками и бурыми железняками. В нижележащих карбонатных породах отмечаются крутопадающие зоны дробления и минерализации субмеридионального простирания, имеющие максимальную протяженность 25 км и ширину от 500 до 1000 м.

Наиболее изученное рудопоявление Киэргэни расположено на левобережье р. Киэргени в 15 км выше устья. В доломитах нижнего кембрия наблюдается субсогласная напластованию зона брекчирования и низкотемпературной минерализации. Рудное тело сложено преимущественно обломками кварц-кальцитовых и кварц-карбонат-халцедоновых, кварц-карбонат-адуляровых метасоматитов, сцементированных глинистым интенсивно ожелезненным цементом. Предполагаемая мощность около 30 м. Содержание Au – 2,6 г/т, Ag – 3,1 г/т. Рудопоявления на водоразделе рек Киэргени и Эрделлех аналогичны по строению и характеризуются содержанием золота от 0,7 до 9,2 г/т (В. В. Лесняк, 2004).

В пределах района установлено около 75 пунктов минерализации с содержанием Au от 0,1 до 1,0 г/т, локализованного в карстовых полостях, бурых железняках и площадных апокарбонатных метасоматитах (В. В. Лесняк, 2004).

В аллювиальных отложениях рек района повсеместно фиксируются шлиховые ореолы золота и серебра. В контурах коренной золоторудной

минерализации зафиксированы площадные литохимические аномалии свинца и цинка до 0,03 %, кобальта и галлия до 0,01 %, а также повышенные коэффициенты концентрации меди, свинца, марганца и никеля.

Большая часть проявлений золота установлена относительно недавно, в рамках работ ГУП РС(Я) «Алдангеология» в 2004 г. (В. В. Лесняк, 2004).

Модутокский потенциальный золоторудный район расположен на юго-западном фланге Амгинской ПЗЗ. В его геологическом строении принимают участие метаморфизованные образования архея, платформенные карбонатные и терригенно-карбонатные отложения венда, раннего кембрия, терригенные отложения юры, элювиальные палеогеновые образования, протерозойские, палеозойские и мезозойские магматические образования (рис. 12).

Породы фундамента локально обнажены на южной границе района и представлены супракрустальными толщами раннеархейских биотитовых гнейсов и плагиосланцев, кварцитов верхнеалданской серии раннего архея и фёдоровской серии позднего архея. Отложения венда, нижнего и среднего кембрия занимают большую часть площади и представлены карбонатными мелководно-морскими отложениями, субгоризонтально залегающими на пенепленизированных породах фундамента с прослоем терригенно-карбонатных пород в основании разреза. Юрские отложения фрагментарно сохранились в долине р. Курумкан, где представлены интенсивно ожелезненными конгломератами, грубозернистыми песками, с резким несогласием залегающими на кембрийских карбонатных породах, и приурочены к крупному карстовому провалу. Мощность отложений не превышает трех метров. На вершинах водоразделов распространены палеогеновые коры выветривания, представленные элювиально-глинистыми и терригенными образованиями, выполняющими карстовые полости в известняках. Мощность элювиальных образований не превышает 2,5 м, однако севернее, в долине р. Амга, достигает порядка 200 м (А. П. Андреев, 1991).

Интрузивные образования представлены раннепротерозойскими гранитоидами, дайками среднепалеозойских долеритов и габбро-долеритов чаро-синского дифференцированного гипабиссального комплекса, а также дайками и диаграмами эруптивных брекчий сиенит-порфиоров тобукского комплекса, дайками сиенитов алданского комплекса [32].

Дайки чаро-синского комплекса обладают мощностью от 10 до 80 м при протяженности в десятки и первые сотни километров. Контактные изменения выражены в формировании ореолов мраморизованных карбонатных пород мощностью 1–5 м. Дайки имеют северо-восточное, близмеридиональное простирание, маркируют разрывные нарушения Чаро-Синской тектонической зоны и кулисообразно группируются в узкие (до 600 м) зоны.

В центральной части площади в придорожных карьерах вдоль трассы Амуро-Якутской автомагистрали обнажены два субвертикальных тела взрывных брекчий сиенит-порфиров эллипсовидной формы в плане и небольших размеров (2×8 м и 2×6 м).

Разломная тектоника имеет сбросовую, взбросовую и сбросо-сдвиговую кинематику. Нарушения чехла платформы обновлялись в палеозойское и мезозойское время и наследуют структуры глубинных разломов фундамента.

В региональных геохимических полях район охватывает два благороднометалльных узла (рис. 3).

В пределах Модутковского района выявлено 11 рудопроявлений золота, а также многочисленные пункты минерализации, шлиховые ореолы и точечные аномалии в современных аллювиальных отложениях. Коренное оруденение приурочено к зонам джаспероидизации и гумбеитизации карбонатных пород кембрия и аллогенным корам выветривания по гидротермально-

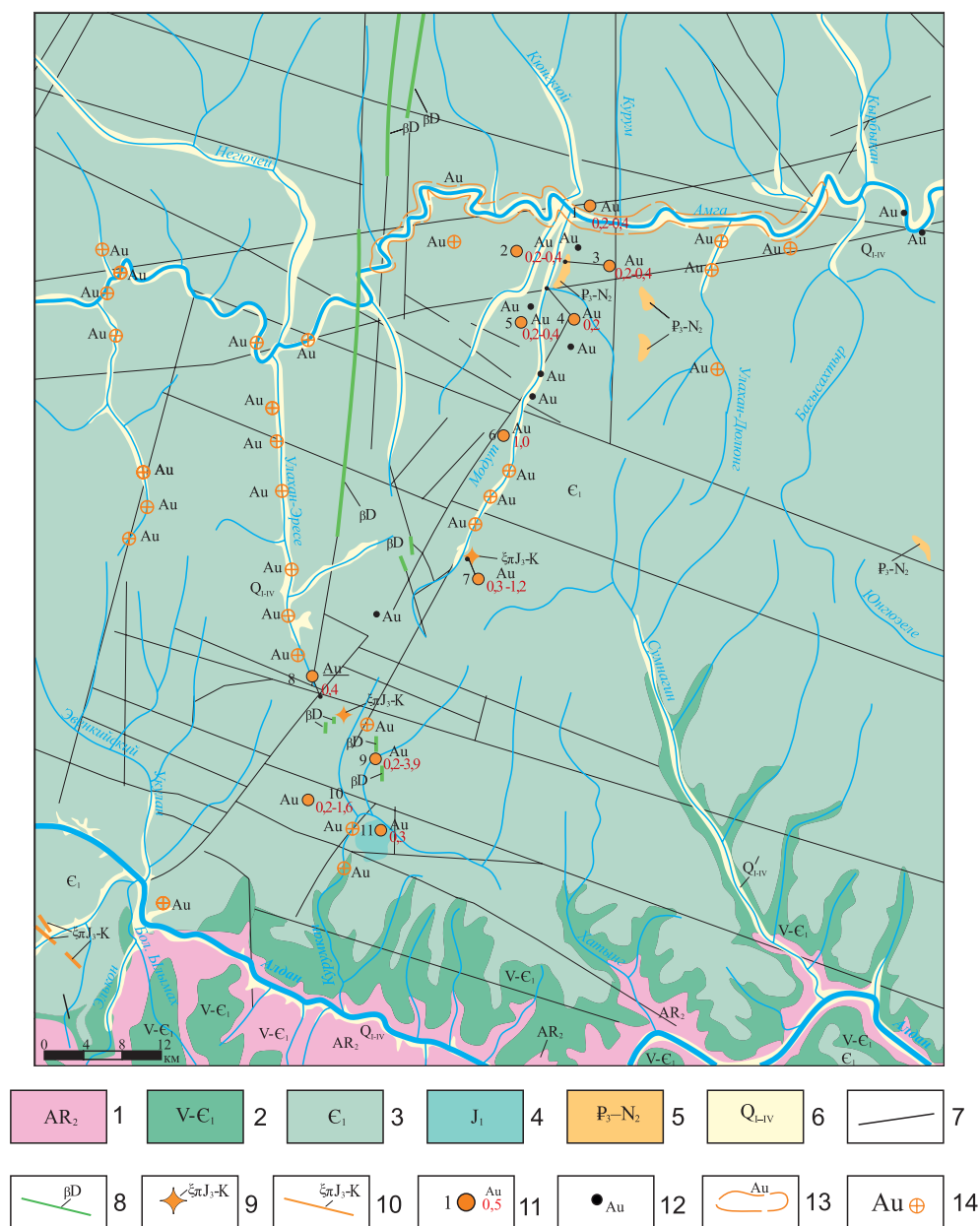


Рис. 12. Модутковский потенциальный золоторудный район (фрагмент)

1 – позднеархейские плагиосланцы, биотитовые плагиосланцы и плагиогнейсы, биотит-роговообманковые плагиогнейсы; 2 – венд-нижнекембрийские известняки, доломиты, мергели; 3 – нижнекембрийские известняки, мергели; 4 – нижнеюрские нерасчлененные отложения, песчаники, алевролиты, аргиллиты; 5 – эоцен-олигоценые пески и глины каолинизированные с прослоями бурых железняков; 6 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения; 7 – разрывные нарушения; 8 – чаро-синий гипабиссальный комплекс долеритов, кварцевых долеритов, габбро-долеритов, монцогаббро-долеритов; 9, 10 – алданский plutonic complex, штоки, дайки, силлы, взрывные брекчии, диатремы эгириновых сиенитов, сиенит-порфиров; 11 – см. усл. обозн. к рис. 7, п. 13; 12 – пункты минерализации Au с содержанием выше 1,0 г/т; 13 – россыпные проявления золота; 14 – точечная шлиховая проба с повышенным содержанием золота

метасоматическим образованиям, реже к диа-тремам сиенит-порфиров.

Гумбеиты (пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты [18]) локально распространены в бассейне рек Модут и Сахамакит, где в карбонатных породах венда – нижнего кембрия образуют на разных уровнях горизонты мощностью до первых метров, редко – до 40 м, тяготеющие к мезозойским разрывным нарушениям. С ореолами гумбеитизации ассоциированы некоторые проявления рудного золота, а на сопредельных территориях с ними связаны крупные месторождения золота и урана [6; 40; 41].

Кварц-карбонатные метасоматиты (джаспериоды) широко распространены в карбонатном комплексе и наблюдаются в виде элювиально-делювиальных развалов многочисленных обломков интенсивно окисленных кварцевых, кремнистых, кварц-гидрослюдисто-карбонатных пород с реликтами сульфидов, замещенных повсеместно

окислами и гидроокислами железа. Метасоматиты приурочены к стратиграфическому контакту юрских и кембрийских пород и межформационным перерывам в карбонатных толщах кембрия, локализуясь в зонах рудоподводящих разрывных нарушений. Также они слагают значительный объем обломочной части отложений кор выветривания [6; 41].

Рудопроявления золота Модутского района характеризуются однотипным геологическим строением. В южной части территории наиболее изучены рудопроявления *Курумканское*, *Хамыган*, *Сахамакит* и *Темнякитское*, располагающиеся в зонах пересечения субширотных и меридиональных разломов. Вмещающие карбонатные породы тумулдурской свиты нижнего кембрия интенсивно мраморизованы. В зонах, сопряженных с разломами, наблюдаются новообразования халцедоновидного кварца с единичными зернами пирита, халькопирита и псиломелана, а также аду-

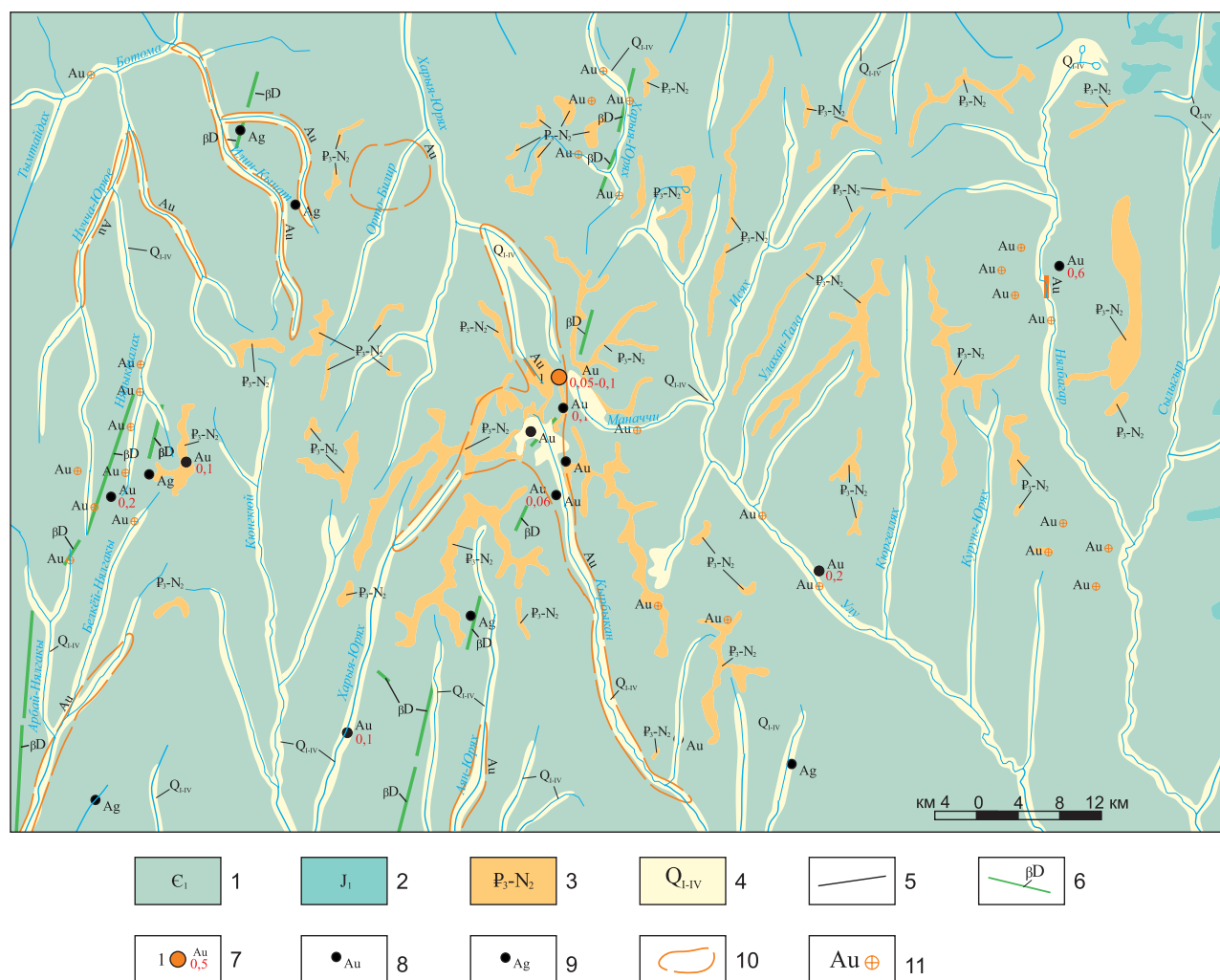


Рис. 13. Улуйский потенциальный золоторудный район (фрагмент)

1 – нижнекембрийские известняки, доломиты, глинистые доломиты, известковые мергели; 2 – нижнеюрские базальные конгломераты, песчаники, пески, прослои бурого железняка; 3 – эоцен-олигоценные конгломераты, пески, элювиальные глины, обломки бурых железняков; 4 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения; 5 – разрывные нарушения; 6 – девонские интрузии, дайки долеритов, габбро-долеритов; 7 – см. усл. обозн. к рис. 7, п. 13: 1 – рудопроявление Кырбыкан 1; 8 – пункты минерализации золота с содержанием металла выше 1,0 г/т; 9 – пункты минерализации серебра; 10 – россыпные проявления золота; 11 – точечные шлиховые пробы с повышенным содержанием золота

ляра, кальцита и доломита. В пределах рудопроявлений фиксируются карстовые полости, обломочная часть которых сложена преимущественно осколками гидротермально-метасоматических образований, а также грубозернистыми песчаниками с лимонитовым и глинистым цементом. Золото фиксируется в основном в отложениях карстовых полостей, в дайках и диатремах сиенит-порфиров (рудопроявления Хамыган, Сахамакит и верховья р. Модут) и ассоциированных с ними гидротермально-метасоматических породах (В. Т. Николаев, Д. И. Федоров, 1999).

По данным бороздового опробования, на рудопроявлениях содержание (г/т): Курумканское — Au 0,2–1,7 и Ag 11,2–15,8, Хамыган — Au до 0,6, Сахамакит — Au 0,1–3,9, Темнякитское — Au 0,4 и Ag 0,7. Рудопроявления в устьевой части р. Модут приурочены к субпластовой зоне площадных гидротермально-метасоматических образований кварцевого и кварц-карбонатного составов, развитых по доломитам тумулдурской свиты и сопряженных с зонами пересечения разломов субширотного и меридионального простираний. По геологическому строению они аналогичны рудопроявлениям в верховьях р. Модут. Золото варьируется от 0,05 до 1,2 г/т, в среднем составляя 0,4 г/т. В пределах района установлено около 34 пунктов минерализации с содержанием Au 0,1–1,0 г/т, локализованных в карстовых полостях, бурых железняках и площадных ореолах гидротермально измененных пород (джаспероидах и гумбеитах) (Э. Ф. Баранов, В. Н. Федоренко, 1992; Н. К. Демин, Е. А. Сарвилов, 1993; Н. П. Жирков, В. К. Колодезников, 1994).

Улу́йский потенциа́льный золо́торудный райо́н расположен на северном фланге Амгинской ПЗЗ. Занимает площадь водораздела рек Амга и Ботома. В геологическом строении района принимают участие платформенные карбонатные терригенно-карбонатные и карбонатно-глинистые отложения раннего и среднего кембрия, терригенные отложения юры, элювиальные кайнозойские породы и палеозойские магматические образования (рис. 13).

В геохимическом отношении Улуйский ПЗР включает один благороднометалльный узел (рис. 3).

Отложения нижнего кембрия занимают большую часть площади района. В основании разреза преобладают доломиты и глинистые доломиты, в кровле наблюдаются доломиты с прослоями песчаных доломитов, доломитовых песчаников и песчаников с прослоями гравелитов и небольшими биогермными археоциатовыми постройками. Юрские породы локально развиты на восточной границе района. Они представлены терригенными породами, преимущественно конгломератами и гравелитами, сложенными хорошо окатанной галькой терригенных, карбонатных, метаморфических и изверженных пород с базальным горизонтом в основании и остаточной корой выветривания. Кайнозойские интенсивно каолинизированные продукты переотложенной

доюрской коры выветривания заполняют карстовые провалы в наиболее возвышенных частях водораздела рек Амга и Ботома. Они сложены грубообломочными песками и песчаниками с конгломератами, гравелитами карбонатных, терригенных и метаморфических пород, включают прослой бурых железняков.

Магматические образования представлены дайками среднедевонского чаро-синского комплекса сложного состава, дифференцированных от долеритов и кварцевых долеритов до монцогаббро-долеритов и граносиенитов. Золоторудная минерализация в пределах района связана с низкотемпературными апокарбонатными метасоматитами, в том числе локализованными в корях выветривания, где они слагают значительную часть обломочной фракции, а также с базальными горизонтами юры и прослоями бурых железняков. Метасоматиты ассоциируют с зонами стратиграфического несогласия юрских и кембрийских пород и контролируются рудоподводящими разрывными нарушениями.

Проявления и пункты золоторудной минерализации локализованы преимущественно в карстовых полостях и в границах рудного района имеют сходное строение. К карстовым полостям приурочены пункты минерализации в истоках рек Кырбыкан и Нялыкталах.

Рудопроявление Кырбыкан 1 отмечено в истоках р. Кырбыкан и локализовано в отложениях аллогенной коры выветривания, выполняющей карстовые полости в кембрийских доломитах. Поисковыми скважинами вскрыта карстовая полость сложного строения площадью 2,8 км². Проявление сложено ожелезненными каолиновыми глинами, гравелитами и песчаниками с железистым цементом, а также обломками бурых железняков, формирующих линзовидные тела и прослои. Содержания Au варьируются от 0,005 до 0,1 г/т (в среднем 0,05), увеличиваясь с глубиной. Пункт минерализации *Кырбыкан 2* размещен в истоках р. Кырбыкан и локализован также в отложениях переотложенной коры выветривания кырбыканской толщи. По данным предшественников, на вершине водораздела р. Кырбыкан и Аччыгый-Кырбыкан геофизическими работами выделена карстовая полость глубиной 40 м при площадных параметрах 200 × 700 м, сложенная преимущественно каолиновой глиной с обломками ожелезненных брекчий, низкотемпературными апокарбонатными метасоматитами, обломками измененных известняков. В породах на непрерывном отрезке в 24 м выявлено Au в среднем 0,07–0,15 г/т с ростом содержаний с глубиной (А. П. Андреев, 1991).

В западной части района в ассоциации с карстовыми полостями фиксируются делювиальные развалы кварц-карбонатных метасоматитов, в которых, по данным штучного опробования, содержание золота достигает 0,2 г/т (А. П. Андреев, 1991).

К минерализованным зонам дробления в кембрийских породах приурочены пункты

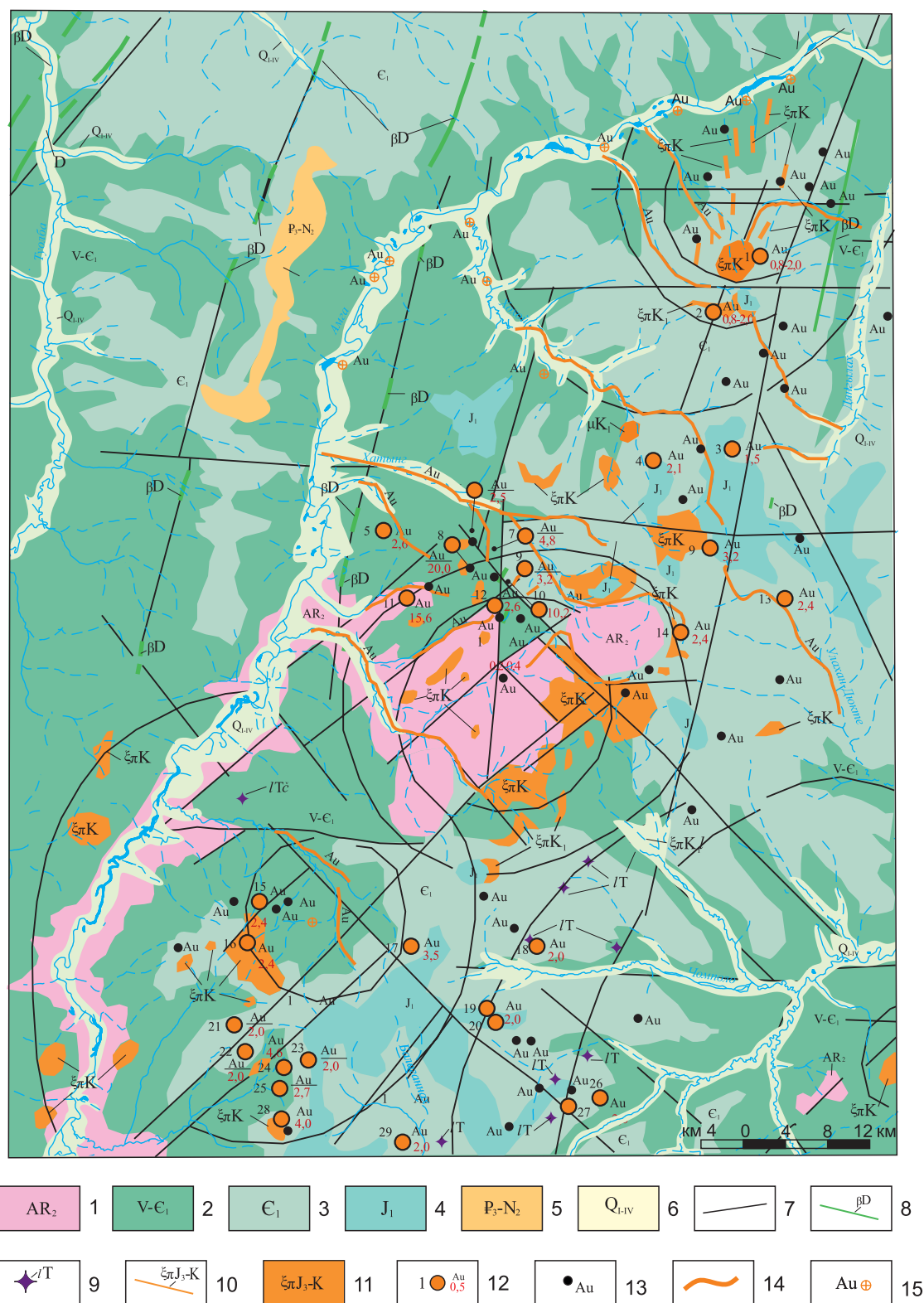


Рис. 14. Верхнеамгинский потенциальный золоторудный район

1 – поздний архей, плагиосланцы, биотитовые плагиосланцы и плагиогнейсы, биотит-роговообманковые плагиогнейсы; 2 – венд-нижнекембрийские известняки, доломиты, мергели; 3 – нижнекембрийские известняки, мергели; 4 – нижнеюрские отложения, галечники, бурые железняки, песчаники, алевролиты, аргиллиты; 5 – эоцен-олигоценые пески и глины, каолинизированные с прослоями бурых железняков; 6 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения; 7 – разрывные нарушения; 8 – девонские долериты, кварцевые долериты, габбро-долериты, монцогаббро-долериты; 9 – чомполинский комплекс – диатремы кимберлитов (лампроитов), дайки лампрофиров; 10, 11 – магматические образования верхней юры и мела, лакколлиты, лакколитообразные залежи, штоки, пластовые тела сиенитов, сиенит-порфиров, бостонитов, пуласки-тов, эссенитов, шонкинитов; 12 – см. усл. обозн. к рис. 7, п. 13; 13 – пункты минерализации золота с содержанием выше 1,0 г/т; 14 – россыпные проявления золота; 15 – точечная шлиховая проба с повышенным содержанием золота

минерализации в долине рек Улу и Кырбыкан, локализованные в зонах гидротермально-метасоматической переработки известняков унгелинской свиты. Метасоматиты состоят из кварца, калиевого полевого шпата и карбонатного материала. Рудные минералы представлены пиритом, борнитом, халькозином, висмутином, халькопиритом, а также самородным золотом, содержания которого 0,2 г/т. Кроме того, в долине р. Кырбыкан, на пересечении с трассой А-360, карьерами вскрыты маломощные ожелезненные зоны дробления субширотного простирания мощностью до 5 м. В аншлифах из данных образований установлено тонкодисперсное золото, приуроченное к агрегатам халцедоновидного кварца. В верховьях рек Кырбыкан и Нялбагар в бурых железняках также отмечено золото с содержанием до 0,6 г/т (В. А. Белых, 1980).

Чаро-Алданская золоторудная минерагеническая зона. Располагается в южной части Алдано-Вилуйской золотоносной РРП. В ее геологическом строении участвуют карбонатные, терригенно-карбонатные отложения венда, нижнего кембрия и терригенные отложения юрского возраста. В карбонатных отложениях венда и кембрия отмечаются карстовые воронки, включающие обломки железо-золоторудных образований, джаспероидов и глинистых кор выветривания красно-бурого цвета. В западной части зоны карбонатные отложения нередко имеют черный и серо-черный цвета, обусловленные наличием обильных битумопроявлений с повышенными содержаниями золота до 2 г/т. Золотоносности данной территории посвящено значительно количество научных исследований, а поисковые, геологосъемочные и тематические работы на золото проводятся с начала XX в. (В. Н. Зверев (1925 г.), Д. С. Коржинский (1931 г.), Ю. К. Дзевановский (1935 г.), Ю. А. Билибин, А. И. Казаринов и Н. В. Петровская (1951 г.) и др.). В пределах минерагенической зоны продолжается активная разработка месторождений куранахской группы и сопутствующих им россыпных месторождений.

Магматические породы Чаро-Алданской ЗМЗ представлены дайками долеритов, дайками и штокообразными телами сиенитов и сиенит-порфилов мезозойского возраста.

В региональных геохимических полях рассматриваемая минерагеническая зона характеризуется благороднометалльной (Au) специализацией. Магнитное поле зоны линейно дифференцировано с чередованием положительных и отрицательных значений (ΔT)_a (рис. 4). Ориентация региональных магнитных аномалий близмеридиональная.

Гидротермально-метасоматические процессы, проявленные в пределах Чаро-Алданской ЗМЗ, привели к формированию широких ореолов джаспероидов, аргиллизито-березитов, в меньшей степени гумбеитов. В структурном отношении метасоматиты ассоциированы с зонами крупных

разрывных нарушений, экзо- и эндоконтактовых частей интрузивных тел.

К зонам и ареалам развития низкотемпературных гумбеитов, джаспероидов и карстовых полостей приурочены месторождения и рудопроявления золота [2; 4; 8–10; 13; 19; 39; 44; 47–49]. В пределах Чаро-Алданской ЗМЗ выделены Куранахский золоторудный узел и Верхнеамгинский ПЗР (рис. 14–15).

Верхнеамгинский потенциальный золоторудный район расположен на юге рассматриваемой потенциальной золоторудной зоны, по северному обрамлению Алданского щита (рис. 14).

В геологическом строении района принимают участие метаморфизованные в условиях гранулитовой фации позднеархейские гнейсы и кристаллические сланцы, терригенные, терригенно-карбонатные, карбонатные и карбонатно-глинистые отложения венда и нижнего кембрия, терригенные отложения ранней юры, аллювиальные кайнозойские образования. Магматические породы района представлены дайками среднего состава позднедевонско-раннекаменноугольного возраста и интрузивами мезозойских щелочных пород.

Докембрийские образования наблюдаются в центральной и юго-западной частях района в долине р. Амга. Венд-кембрийские отложения с резким стратиграфическим и угловым несогласием залегают на пенепленизированной поверхности пород фундамента. Они распространены по всей площади района. В основании разреза наблюдаются кварц-полевошпатовые песчаники, конгломераты и гравелиты с прослоями глинистых, песчано-глинистых и кремнистых доломитов. Средняя часть разреза сложена битуминозными доломитами с пачками доломитов, мергелистых доломитов и мергелей. Верхняя часть разреза представлена преимущественно доломитами с прослоями мергелистых доломитов. Юрские терригенные отложения локально распространены в верхних частях водоразделов и сложены песчаниками и гравелитами, несогласно залегающими на поверхности венд-кембрийских отложений. Палеогеновые элювиальные образования фиксированы в северо-западной части потенциального района и объединяют толщи глинистых, песчано-глинистых продуктов доюрской коры выветривания, переотложенных в карстовые полости в карбонатных породах нижнего кембрия.

Магматические образования представлены долеритами, кварцевыми долеритами и габбро-долеритами среднепалеозойского возраста, проявленными в виде маломощных протяженных даек северо-восточного простирания. Мезозойские магматические образования широко распространены по всей площади района, формируя дайки и лакколиты щелочных сиенитов, сиенит-порфилов, бостонитов, лампрофилов и шонкинитов, принадлежащих алданскому и лебединскому плутоническим комплексам мезозойского возраста.

В структурно-тектоническом отношении район приурочен к зоне сочленения Алданской

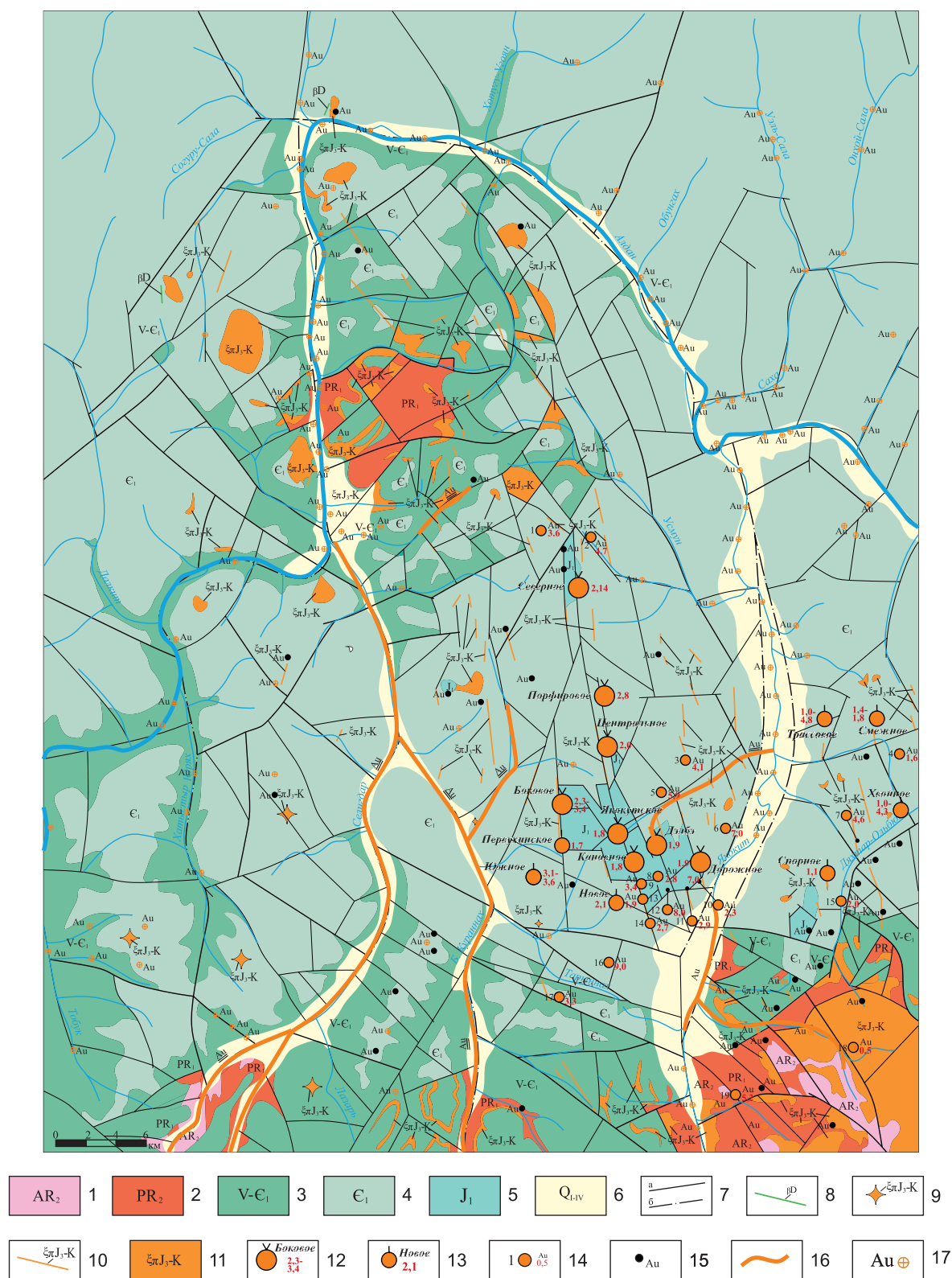


Рис. 15. Куранахский рудный узел

1 – верхнеархейские кристаллосланцы диопсид-амфиболовые, биотит-диопсидовые, биотит-амфиболовые, амфиболовые; 2 – раннепротерозойский каменковский plutonic complex лейкогранитовый; 3 – венд-нижнекембрийские доломиты, прослои мергелей; 4 – нижнекембрийские доломиты и известняки; 5 – нижнеюрские отложения, галечники, бурые железняки, песчаники, алевролиты, аргиллиты; 6 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения; 7 – разрывные нарушения; 8 – девонские долериты, кварцевые долериты, габбро-долериты, монцо-габбро-долериты; 9 – чомполинский комплекс – диатремы кимберлитов (лампроитов), дайки лампрофиров; 10, 11 – магматические образования верхней юры и мела, лакколиты, лакколитообразные залежи, штоки, пластовые тела сиенитов, сиенит-порфиров, бостонитов, пуласитов, эссенитов, шонкинитов; 12, 13 – месторождения золота (12 – средние, 13 – малые); 14 – см. усл. обозн. к рис. 7, п. 13; 15 – пункты минерализации золота с содержанием выше 1,0 г/т; 16 – россыпные проявления золота; 17 – точечная штиховая проба с повышенным содержанием золота

антеклизы и Алданского кристаллического щита. Мезозойская тектоно-магматическая активизация привела к амплитудным вертикальным перемещениям блоков осадочного чехла Сибирской платформы. Всего в пределах района выделены четыре системы разрывных нарушений, фиксируемых зонами гидротермально-метасоматической переработки пород, катаклаза и милонитизации с амплитудами смещения от 40–60 до 500 м и протяженностью до 45 км.

В региональных геохимических полях рассматриваемый район охватывает ряд благороднометалльных геохимических узлов (рис. 3).

Верхнеамгинский район хорошо изучен в геологическом отношении. В его пределах известно 29 рудопроявлений, 41 пункт минерализации, 7 россыпных месторождений и многочисленные шлиховые ореолы золота [8]. Основной объем золоторудной минерализации связан с Хатырхайским и Хохойским щелочными массивами на правом берегу р. Амга и ассоциированными с ними скарнами, средне- и низкотемпературными гидротермально-метасоматическими образованиями [10; 19; 44]. Они наблюдаются как на контакте кембрийского и юрского комплексов, так и в пределах самих венд-кембрийских пород непосредственно на контакте с щелочными магматическими образованиями.

В юго-западной части района, на рудопроявлениях и сопутствующих им пунктах минерализации, оруденение локализовано на контакте венд-кембрийского и юрского комплексов. Рудные тела представлены линзовидными прослоями интенсивно ожелезненных песчаников и конгломератов, обломочный материал которых цементируется гидроокислами железа и рудоносными брекчиями кварц-карбонатных метасоматитов с окисленной сульфидной минерализацией мощностью 0,4–0,7 м. Данные руды пористые, кавернозные и рыхлые. Содержания Au – 0,9–2,4 и Ag – 2,5 г/т, Fe – 15,4–52 %.

К рудопроявлениям на контакте с мезозойскими магматическими образованиями приурочены рудопроявления золота в бассейне рек Хатырхай и Хохой в центральной части рудного района. Кембрийские породы на контакте интенсивно изменены и представлены магнетитовыми скарнами, кварц-гематит-карбонатными породами с вкрапленностью сульфидов. На проявлении 8 в магнетитсодержащих скарнах и кварц-гематитовых прожилках содержание Au достигает 20 и Ag до 12,6 г/т.

Окварцеванные доломиты в зонах измененных пород на аналогичных рудопроявлениях и пунктах минерализации (1–3, 18, 22–23) содержат Au 0,6–4 г/т.

Куранахский рудный узел также расположен на юге рассматриваемой Чаро-Алданской золоторудной зоны, по северному обрамлению Алданского щита, в восточной части Куранахской грабен-впадины (рис. 15).

Стратифицированные образования на площади рудного узла представлены сложнорас-

члененными метаморфическими породами раннего и позднего архея, входящими в состав кристаллического фундамента, терригенно-карбонатными осадочными отложениями венда – раннего кембрия и терригенными отложениями ранней юры, образующими осадочный чехол. Все вышеперечисленные разновозрастные породы перекрыты маломощным чехлом кайнозойских образований. Разрывные нарушения проявлены широко и образуют в общем виде систему диагональных и ортогональных дизъюнктивов.

В региональных геохимических полях рассматриваемая территория соответствует благороднометалльному геохимическому узлу (рис. 3).

В пределах Куранахского рудного узла расположено восемь средних месторождений (Северное, Порфиоровое, Центральное, Якокутское, Боковое, Канавное, Дэлбэ, Дорожное) и семь малых (Первухинское, Южное, Смежное, Трассовое, Хвойное, Новое, Спорное). Все месторождения находятся в наиболее опущенной части Куранахской грабен-впадины, где осадочный чехол имеет максимальную мощность около 700 м. Размещение месторождений контролируется зонами разрывных нарушений субмеридионального простирания, осложненных разломами северо-западных и северо-восточных направлений. Зоны представляют собой серии сближенных малоамплитудных (первые десятки метров) сбросов, создающих своеобразную микроблоковую структуру месторождений, приуроченных к стратиграфическому контакту известняков нижнего кембрия с песчаниками юхтинской свиты нижней юры.

В пределах Куранахского рудного узла известны 17 рудопроявлений коренного золота. Все они принадлежат золото-пирит-адюляр-кварцевой рудной формации, в целом соответствуют куранахскому геолого-промышленному типу, уступаая месторождениям в содержаниях золота, масштабах оруденения, а также в степени изученности.

Наиболее перспективные из них рудопроявления Дальнее, Дэлбинское, Бурное, Усталый, Правое, Енные, Гагарское, Сомнительное.

Выводы. Впервые за несколько десятилетий в пределах Российской Федерации обосновано выделение новой рудно-россыпной золотоносной провинции – Алдано-Вилуйской, которая, по мнению авторов, обладает металлогеническим потенциалом золота в объеме более 5 тыс. т металла.

К наиболее близкому ее аналогу принадлежит Провинция бассейнов и хребтов штата Невада (США), хорошо известная своими многочисленными месторождениями золота карлинского типа, достоверные запасы которой составляют несколько тысяч тонн металла [50].

В результате проведенных исследований в пределах Алдано-Вилуйской провинции осуществлено металлогеническое районирование и локализованы потенциальные золоторудные минерагенические зоны и районы. Выделяемые впервые минерагенические подразделения ранга

потенциальных минерогенических зон и областей отличаются возрастом и спецификой вещественных проявлений золоторудной минерализации и ассоциированных с ней магматических и гидротермально-метасоматических образований. Так, Лено-Вилуйская золоторудно-россыпная зона характеризуется преимущественным распространением оруденения формации золотоносных россыпей, погребенных золотоносных россыпей с единичными рудопроявлениями и пунктами минерализации золота джаспероидного типа. Ленско-Нюйская и Приленская потенциальные минерогенические зоны относятся соответственно к северо-западному и юго-восточному бортам Палеовилуйской грабен-рифтовой системы [3; 5; 43] с широким проявлением субщелочного рифтового магматизма и ассоциированных с ним магматогенных (скарны) и тектоногенных (джаспероиды, аргиллизито-березиты) гидротермально-метасоматических образований. Амгинская и Чара-Алданская минерогенические зоны отличаются вещественными проявлениями магматической и гидротермально-метасоматической деятельности мезозойского возраста в пределах осадочного чехла Сибирской платформы [17; 19; 32]. Примечательно то, что минералого-геохимические особенности рудных и гидротермальных и магматических образований палеозойского и мезозойского возрастов оказываются в целом идентичны [21; 43]. Значительная часть территории этой провинции остается неизученной, а известные проявления золота не востребованы. Проведение крупномасштабных прогнозно-металлогенических исследований (ГМК-50) позволит локализовать в ее пределах перспективные участки для проведения поисковых работ на рудное золото карлинского (кураханского) типа.

Несомненно, что в случае благоприятного развития событий в скором будущем рассматриваемая провинция может стать новой масштабной ресурсной базой золота и сопутствующих благороднометаллических элементов на востоке Российской Федерации.

1. Амузинский В. А., Коробицын А. В. Минералого-геохимическая оценка золотоносности палеозойских пород Средней Лены // Металлоносность осадочных и магматических комплексов средней Лены. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1995. — С. 44–65.

2. Билибин Ю. А. Избранные труды / под ред. А. Г. Бетехина. Т. 1–4. — М.: Изд-во АН СССР. Т. 1. — 1958. — 432 с.; Т. 2. — 1959. — 498 с.; Т. 3. — 1961. — 518 с.; Т. 4. — 1963. — 492 с.

3. Гайдук В. В. Вилуйская среднепалеозойская рифтовая система. — Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1988. — 128 с.

4. Геологические формации и металлогения Алданского щита / Т. В. Билибина, А. Д. Дашкова, В. И. Донаков и др. — Л.: Недра, 1976. — 338 с.

5. Геология и геохимия базитов восточной части Сибирской платформы / Б. В. Олейников, В. Т. Савинов, А. Д. Коробейников и др. — М.: Наука, 1975. — 235 с.

6. Гидротермально-метасоматические формации России / О. В. Петров, Е. В. Плюшев, В. В. Шатов, А. В. Молчанов, Н. С. Соловьев, С. В. Кашин, А. Е. Соболев, А. В. Терехов // Региональная геология и металлогения. — 2016. — № 66. — С. 5–19.

7. Глубинная эволюция субщелочной толеит-базальтовой магмы в режиме палеорифтогенеза (на примере Чаро-Синской зоны) / Б. В. Олейников, М. Д. Томшин, О. В. Королева и др. — Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984. — 32 с.

8. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист О-51 — Алдан. Объяснительная записка / А. В. Радьков, А. В. Молчанов и др. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. — 365 с. + 9 вкл.

9. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист О-52 — Томмот. Объяснительная записка / А. В. Радьков, А. В. Молчанов и др. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. — 276 с. + 3 вкл.

10. Золотое оруденение лебединского и куранахского типов в Верхнеамгинском районе (Южная Якутия) / Г. С. Анисимова, Л. А. Кондратьева, Е. П. Соколов, В. Н. Кардашевская // Отечественная геология. — 2018. — № 5. — С. 1–11.

11. Золотоносность Вилуйской синеклизы и ее обрамления / Ю. Н. Трушков, Э. Д. Избеков, А. И. Томская, В. И. Тимофеев — Новосибирск: Наука, 1975. — 148 с.

12. Золотоносность востока Сибирской платформы: россыпи — коренные источники / З. С. Никифорова, Б. Б. Герасимов, Е. Г. Глушкова, А. Г. Каженкина // Геология рудных месторождений. — 2013. — Т. 55, № 4. — С. 305–319.

13. Золоторудные и золото-урановые месторождения Центрального Алдана / В. Е. Бойцов, Г. Н. Пилипенко, Л. А. Дорожкина // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых: [монография: в 3 т.]. — М.: ИГЕМ РАН, 2006. — Т. 2. — С. 215–240.

14. Золоторудные районы и узлы Алдано-Становой металлогенической провинции / А. В. Молчанов, А. В. Терехов, В. В. Шатов, О. В. Петров, К. А. Кукушкин, Д. С. Козлов, Н. В. Шатова // Региональная геология и металлогения. — 2017. — № 71. — С. 93–111.

15. Игнатов П. А., Новиков К. В. Полевая диагностика тектонических нарушений и флюидоразрывных образований в кимберлитовмещающих отложениях нижнего палеозоя. — Мирный: АПРОСА, 2019. — 79 с.

16. Каженкина А. Г., Никифорова З. С. Прогнозирование возможных коренных источников золото-платиноидной минерализации на территории Лено-Вилуйского междуречья (восток Сибирской платформы) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. — 2018. — Т. 63, вып. 4. — С. 520–532.

17. Калиевый щелочной магматизм Байкало-Становой рифтогенной системы / В. П. Костюк, Л. И. Панина, А. Я. Жидков, М. П. Орлова, Т. Ю. Базарова. — Новосибирск: Наука, 1990. — 239 с.

18. Фокжирский А. Ф. Околожильные изменения боксовых пород Гумбейских месторождений шеелита // Вопросы геологии Урала. — Свердловск: ГГИ УрФ АН СССР, 1959. — С. 17–41. — (Труды Горно-геол. ин-та; вып. 42).

19. Кочетков А. Я. Мезозойские золотоносные рудно-магматические системы Центрального Алдана // Геология и геофизика. — 2006. — Т. 47, № 7. — С. 850–864.

20. Ким А. А., Панков В. Ю., Уютов В. И. Минералогия и генезис минералов платиновых металлов из аллювиальных объектов Центрального Алдана // Самородное металлообразование в магматическом процессе. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1991. — С. 111–135.

21. Левашов К. К. Среднепалеозойская рифтовая система востока Сибирской платформы // Советская геология. — 1975. — № 10. — С. 49–58.

22. Лескова Н. В. Минералогия и генезис минералов платиновых металлов из аллювиальных объектов Центрального Алдана // Самородное металлообразование в магматическом процессе. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1991. — С. 111–135.
23. Литолого-геохимические особенности раннекембрийских карбонатных отложений юго-восточной части Анабаро-Синской структурно-формационной области Республики Саха (Якутия) и их связь со стратиформным свинцово-цинковым оруденением / Г. А. Козлов, В. Е. Гусев, А. В. Молчанов, А. В. Терехов // Региональная геология и металлогения. — 2021. — № 86. — С. 31–44.
24. Масайтис В. Д., Туганова Е. В., Старицкий Ю. Г. Рудоносность магматических формаций Сибирской платформы // Рудообразование и его связь с магматизмом. — Якутск: Якутское книжное издательство, 1969. — С. 112–114.
25. Масайтис В. Л., Михайлов М. В., Селивановская Т. В. Вулканизм и тектоника Патомско-Вилуйского среднепалеозойского авлакогена. — М.: Недра, 1975. — 175 с.
26. Мартенс Е. О. К вопросу о типоморфизме россыпного золота реки Кенгкеме (восток Сибирской платформы) // XVIII Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов: тезисы докладов. — СПб.: СПГУ, 2020. — С. 216.
27. Мартенс Е. О., Леонтьев В. И., Терехов А. В. К вопросу о типоморфизме россыпного золота реки Кенгкеме (восток Сибирской платформы) // Новое в познании процессов рудообразования: Девятая Российская молодежная научно-практическая школа с международным участием. — М.: ИГЕМ РАН, 2019. — С. 248–250.
28. Метасоматизм и метасоматические породы / В. А. Жариков, В. Л. Русинов, А. А. Маракушев, Г. П. Зарайский, Б. И. Омеляненко и др. — М.: Научный мир, 1998. — 492 с.
29. Никифорова З. С., Тулаева Е. Г. Внутреннее строение россыпного золота (юго-восток Сибирской платформы) // Структура и разнообразие минерального мира: Материалы Международного минералогического семинара. — 2008. — С. 194–195.
30. Никифорова З. С., Ивенсен Г. В. К вопросу формирования эпitherмальных месторождений золота на территории Лено-Вилуйского междуречья // Рудогенез: Материалы Международной конференции. — Миас, 2008. — С. 203–206.
31. Никифорова З. С. Перспективы золотоносности Сибирской платформы // Наука и образование. — 2016. — № 4. — С. 25–34.
32. О расчленении мезозойских интрузивных пород Центрально-Алданского района (Южная Якутия) / К. А. Кукушкин, А. В. Молчанов, А. В. Радков, В. В. Шатов, А. В. Терехов, Н. В. Шатова, Е. И. Хорохорина, Д. Н. Ремизов // Региональная геология и металлогения. — 2015. — № 64 — С. 48–58.
33. Округин А. В. Россыпная платиноносность Сибирской платформы. — Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2000. — 184 с.
34. Округин А. В. Платиновые минералы в аллювиальных отложениях бассейна среднего течения р. Лены // Металлоносность осадочных и магматических комплексов средней Лены. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1995. — С. 74–89.
35. Олейников Б. В. Распределение золота в некоторых геологических образованиях среднего Приленья // Металлоносность осадочных и магматических комплексов средней Лены. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1995. — С. 66–73.
36. Орлова М. П. Особенности формирования щелочных магматических комплексов // Записки ВМО. — 1983. — Т. 112, № 3. — С. 288–299.
37. Основные эпохи россыпеобразования золотоносности на востоке Сибирской платформы / З. С. Никифорова, В. А. Михайлов, А. А. Сурнин, Б. Б. Герасимов, Е. Г. Тулаева // XIII Международное совещание по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. — Пермь, 2005. — С. 199–201.
38. Платиноносные россыпи Сибирской платформы: минеральные ассоциации и их возрастные характеристики как индикаторы проявления крупных изверженных провинций на древней платформе / А. В. Округин, О. В. Якубович, Р. Эрнст, Ж. Ю. Дружинина // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. — 2018. — Т. 25, № 3. — С. 36–52.
39. Прогнозно-минерагеническая карта России масштаба 1 : 2 500 000 как отражение прогнозно-поисковой эффективности региональных геологических исследований / О. В. Петров, А. Ф. Морозов, А. В. Молчанов, В. В. Шатов, Т. Н. Зубова, М. А. Шишкин, С. В. Кашин, А. Е. Соболев, Н. С. Соловьев, А. В. Терехов, В. А. Шамахов // Региональная геология и металлогения. — 2017. — № 70. — С. 5–16.
40. Плюшев Е. В., Шатов В. В. Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований — Л.: Недра, 1985. — 247 с.
41. Плюшев Е. В., Шатов В. В., Кашин С. В. Металлогения гидротермально-метасоматических образований. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. — 560 с.
42. Протерозойские, палеозойские и мезозойские магматические комплексы Сибирской платформы / В. Л. Масайтис, Л. С. Егоров, В. П. Леднева и др. // Вопросы корреляции магматических и метаморфических комплексов Восточной Сибири. — Л., 1977. — С. 5–16. — (Труды ВСЕГЕИ. Новая серия; т. 265).
43. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / отв. ред. Л. М. Парфенов, М. И. Кузьмин. — М.: Наука/Интерпериодика, 2001. — 571 с.
44. Типоморфизм самородного золота из кайнозойских отложений руч. Горелый и его связь с коренными источниками в пределах Верхнеамгинского рудно-россыпного узла (Южная Якутия) / А. В. Терехов, А. В. Молчанов, В. В. Шатов, Е. И. Хорохорина, О. Л. Соловьев // Региональная геология и металлогения. — 2016. — № 65. — С. 94–103.
45. Топоминералогическая характеристика потенциально рудоносных объектов Якутского погребенного поднятия (восточная часть Сибирской платформы) / А. В. Округин, В. М. Мишнин, А. П. Андреев, К. А. Бекренев // Отечественная геология. — 2010. — № 5. — С. 13–22.
46. Формирование россыпных проявлений золота юго-востока Березовской впадины и прилегающей части Алданского щита / Е. Г. Тулаева, З. С. Никифорова, А. А. Сурнин, П. О. Иванов // Отечественная геология. — 2004. — № 5. — С. 7–11.
47. Хотина Е. Б., Жежель О. Н., Ромм Г. М. Кайнозойские отложения Алдано-Амгинского стратотипического района Южной Якутии // Кайнозойский седиментогенез и структурная геоморфология СССР. — Л., 1987. — С. 44–51.
48. Goldstrike gold system, North Carlin trend, Nevada, USA / P. J. Dobak, F. Robert, S. L. L. Barker, J. R. Vaughan, D. Eck // SEG Special Publications. — 2020. — No. 23. — Pp. 313–334.
49. Giant Carlin-type gold deposits of the Cortez District, Lander and Eureka Counties, Nevada / M. A. Bradley, L. P. Anderson, N. Eck, K. D. Creel // SEG Special Publications. — 2020. — No. 23. — Pp. 335–353.
50. Rodionov S. M. The Kuranakh epithermal gold deposit (Aldan Shield, East Russia) / S. M. Rodionov, R. S. Fredericksen, N. V. Berdnikov, A. S. Yakubchuk // Ore Geology Reviews. — 2014. — No. 59. — Pp. 55–65.

1. Amuzinskiy V. A., Korobitsyn A. V. Mineralogo-geokhimicheskaya otsenka zolotonosnosti paleozoyskikh porod Sredney Leny [Mineralogical-geochemical assessment of the gold content of the Paleozoic rocks of the Middle Lena]. *Metalonost' osadochnykh i magmaticheskikh kompleksov sredney Leny*. Yakutsk, 1995, pp. 44–65. (In Russian).

2. Bilibin Yu. A. Izbrannye Trudy [Selected Works]. Ed.: A. G. Betekhtina. Vol. 1–4. Moscow. Vol. 1, 1958, 432 p.; vol. 2, 1959, 498 p.; vol. 3, 1961, 518 p.; vol. 4, 1963, 492 p.
3. Gayduk V. V. Vilyuyskaya srednepaleozoyskaya riftovaya Sistema [Vilyui Middle Paleozoic rift system]. Yakutsk, 1988, 128 p.
4. Bilibina T. V., Dashkova A. D., Donakov V. I. et al. Geologicheskie formatsii i metallogeniya Aldanskogo shchita [Geological formations and metallogeny of the Aldan Shield]. Leningrad, Nedra, 1976, 338 p.
5. Oleynikov B. V., Savinov V. T., Korobeynikov A. D. et al. Geologiya i geokhimiya bazitov vostochnoy chasti Sibirskoy platformy [Geology and geochemistry of basites of the eastern part of the Siberian platform]. Moscow, Nauka, 1975, 235 p.
6. Petrov O. V., Plyushchev E. V., Shatov V. V., Molchanov A. V., Solov'ev N. S., Kashin S. V., Sobolev A. E., Terekhov A. V. Hydrothermal-metasomatic formations of Russia. *Regional Geology and Metallogeny*, 2016, vol. 66, pp. 5–19. (In Russian).
7. Oleynikov B. V., Tomshin M. D., Koroleva O. V. et al. Glubinnaya evolyutsiya subshchelochnoy toleit-bazal'tovoy magmy v rezhime paleoriftogeneza (na primere Charo-Sinskoy zony) [Deep evolution of subalkaline tholeiite-basaltic magma in the regime of paleoriftogenesis (on the example of the Charo-Sinskaya zone)]. Yakutsk, 1984, 32 p.
8. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Aldano-Zabaykal'skaya. List O-51 – Aldan. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Aldan-Transbaikalian series. Sheet O-51 – Aldan. Explanatory note]. Eds.: A. V. Rad'kov, A. V. Molchanov et al. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2015. 365 p. + 9 vkl.
9. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Aldano-Zabaykal'skaya. List O-52 – Tommot. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Aldan-Transbaikalian series. Sheet O-52 – Tommot. Explanatory note]. Eds.: A. V. Rad'kov, A. V. Molchanov et al. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2016, 276 p. + 3 vkl.
10. Ignatova G. S., Kondrat'eva L. A., Sokolov E. P., Kardashevskaya V. N. Gold mineralization of the Lebedinsky and Kuranakh types in Verkhneamginsky District (South Yakutia). *Otechestvennaya Geologiya*, 2018, no. 5, pp. 1–11. (In Russian).
11. Trushkov Yu. N., Izbekov E. D., Tomskaya A. I., Timofeev V. I. Zolotonosnost' Vilyuyskoy sineklizy i ee obramleniya [The gold content of the Vilyui syncline and its framing]. Novosibirsk, Nauka, 1975, 148 p.
12. Nikiforova Z. S., Gerasimov B. B., Glushkova E. G., Kazhenkina A. G. Gold resource potential of the eastern Siberian platform: placers and their feeding sources. *Geology of Ore Deposits*, 2013, vol. 55, no. 4, pp. 305–319. (In Russian).
13. Boytsov V. E., Pilipenko G. N., Dorozhkina L. A. Zolotrudnye i zoloto-uranovye mestorozhdeniya Tsentral'nogo Aldana [Gold ore and gold-uranium deposits of the Central Aldan]. *Krupnye i superkrupnye mestorozhdeniya rudnykh poleznykh iskopaemykh*. Moscow, 2006, vol. 2, pp. 215–240. (In Russian).
14. Molchanov A. V., Terekhov A. V., Shatov V. V., Petrov O. V., Kukushkin K. A., Kozlov D. S., Shatova N. V. Gold ore districts and ore clusters of the Aldanian metallogenic province. *Regional Geology and Metallogeny*, 2017, no. 71, pp. 93–111. (In Russian).
15. Ignatov P. A., Novikov K. V. Polevaya diagnostika tektonicheskikh narusheniy i fluidorazryvnykh obrazovaniy v kimberlitovmeshchayushchikh otlozheniyakh nizhnego paleozoya [Field diagnostics of tectonic faults and fluid fractures in kimberlite-bearing sediments of the Lower Paleozoic]. *Mirnyy*, 2019, 79 p.
16. Kazhenkina A. G., Nikiforova Z. S. Prognozirovaniye vozmozhnykh korennykh istochnikov zoloto-platinoidnoy mineralizatsii na territorii Leno-Vilyuyskogo mezhdurech'ya (vostok Sibirskoy platformy) [Prediction of possible primary sources of gold-platinoid mineralization in the Lena-Vilyui interfluvium (east of the Siberian platform)]. *Vestnik Sankt-Petersburgskogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2018, vol. 63, iss. 4, pp. 520–532. (In Russian).
17. Kostyuk V. P., Panina L. I., Zhidkov A. Ya., Orlova M. P., Bazarova T. Yu. Kalievyy shchelochnoy magmatizm Baykalo-Stanovoy riftogennoy sistemy [Potassium alkaline magmatism of the Baikal-Stanovoy riftogenic system]. Novosibirsk, Nauka, 1990, 239 p.
18. Korzhinskiy A. F. Okolozhil'ne izmeneniya bokovykh porod Gumbeykskikh mestorozhdeniy sheelita [Near-vein changes in the lateral rocks of the Gumbey scheelite deposits]. *Voprosy geologii Urala*. Sverdlovsk, 1959, pp. 17–41. (In Russian).
19. Kochetkov A. Ya. Mesozoic gold-bearing ore-magmatic systems of Central Aldan. *Geologiya i geofizika*, 2006, vol. 47, no. 7, pp. 850–864. (In Russian).
20. Kim A. A., Pankov V. Yu., Uyutov V. I. Mineralogiya i genezis mineralov platinovykh metallov iz allyuvial'nykh ob'ektov Tsentral'nogo Aldana [Mineralogy and genesis of platinum metal minerals from alluvial objects of Central Aldan]. *Samorodnoe metalloobrazovanie v magmaticheskoy protsesse*. Yakutsk, 1991, pp. 111–135. (In Russian).
21. Levashov K. K. Srednepaleozoyskaya riftovaya sistema vostochnoy Sibirskoy platformy [Middle Paleozoic rift system in the east of the Siberian platform]. *Sovetskaya geologiya*, 1975, no. 10, pp. 49–58. (In Russian).
22. Leskova N. V. Mineralogiya i genezis mineralov platinovykh metallov iz allyuvial'nykh ob'ektov Tsentral'nogo Aldana [Mineralogy and genesis of platinum metal minerals from alluvial objects of Central Aldan]. *Samorodnoe metalloobrazovanie v magmaticheskoy protsesse*. Yakutsk, 1991, pp. 111–135. (In Russian).
23. Kozlov G. A., Guzev V. E., Molchanov A. V., Terekhov A. V. Lithology and geochemistry of the Early Cambrian carbonate deposits in the SE Anabar-Sin region, the Republic of Sakha (Yakutia), and their implication to stratiform Pb-Zn mineralization. *Regional Geology and Metallogeny*, 2021, no. 86, pp. 31–44. (In Russian).
24. Masaytis V. D., Tuganova E. V., Staritskiy Yu. G. Rudonosnost' magmaticheskikh formatsiy Sibirskoy platformy [Ore content of magmatic formations of the Siberian Platform]. *Rudoobrazovanie i ego svyaz' s magmatizmom*. Yakutsk, 1969, pp. 112–114. (In Russian).
25. Masaytis V. L., Mikhaylov M. V., Selivanovskaya T. V. Vulkanizm i tektonika Patomsko-Vilyuyskogo srednepaleozoyskogo avlakogena [Volcanism and tectonics of the Patomsko-Vilyui Middle Paleozoic aulacogen]. Moscow, Nedra, 1975, 175 p.
26. Martens E. O. K voprosu o tipomorfizme rossypnogo zolota reki Kengkeme (vostok Sibirskoy platformy) [The question of the typomorphism of placer gold in the river Kengkeme (east of the Siberian platform)]. *XVIII Vserossiyskaya konferentsiya-konkurs studentov i aspirantov: tezisy dokladov*. St. Petersburg, 2020, pp. 216. (In Russian).
27. Martens E. O., Leont'ev V. I., Terekhov A. V. K voprosu o tipomorfizme rossypnogo zolota reki Kengkeme (vostok Sibirskoy platformy) [To the question of the typomorphism of placer gold of the Kengkeme River (east of the Siberian platform)]. *Novoe v poznanii processov rudoobrazovaniya: Devyatyaya Rossiyskaya molodezhnaya nauchno-prakticheskaya shkola s mezhdunarodnym uchastiem*. Moscow, 2019, pp. 248–250. (In Russian).
28. Zharikov V. A., Rusinov V. L., Marakushev A. A., Zarayskiy G. P., Omel'yanenko B. I. et al. Metasomatizm i metasomaticheskie porody [Metasomatism and metasomatic rocks]. Moscow, Nauchnyy mir, 1998, 492 p.
29. Nikiforova Z. S., Tulaeva E. G. Vnutrennee stroenie rossypnogo zolota (yugo-vostok Sibirskoy platformy) [Internal structure of placer gold (southeast of the Siberian platform)]. *Struktura i raznoobrazie mineral'nogo mira: Materialy Mezhdunarodnogo mineralogicheskogo seminara*, 2008, pp. 194–195. (In Russian).
30. Nikiforova Z. S., Ivensen G. V. K voprosu formirovaniya epitermal'nykh mestorozhdeniy zolota na territorii Leno-Vilyuyskogo mezhdurech'ya [On the formation of epithermal gold

deposits in the Lena-Vilyui interfluvium]. *Rudogenez: Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii*. Mias, 2008, pp. 203–206. (In Russian).

31. Nikiforova Z. S. Perspektivy zolotonosnosti Sibirskoy platformy [Prospects for the gold content of the Siberian platform]. *Nauka i obrazovanie*, 2016, no. 4, pp. 25–34. (In Russian).

32. Kukushkin K. A., Molchanov A. V., Radkov A. V., Shatov V. V., Terekhov A. V., Shatova N. V., Khorokhorina E. I., Remizov D. N. Towards differentiation of the Mesozoic intrusive rocks in the Central Aldan district (South Yakutia). *Regional Geology and Metallogeny*, 2015, no. 64, pp. 48–58. (In Russian).

33. Okrugin A. V. Rossylnaya platinonosnost' Sibirskoy platformy [Placer platinum-bearing capacity of the Siberian platform]. Yakutsk, 2000, 184 p.

34. Okrugin A. V. Platinovye mineraly v alluvial'nykh otlozheniyakh basseyna srednego techeniya r. Leny [Platinum minerals in alluvial deposits of the middle reaches of the river Lena]. *Metallonosnost' osadochnykh i magmaticheskikh kompleksov sredney Leny*. Yakutsk, 1995, pp. 74–89. (In Russian).

35. Oleynikov B. V. Raspredelenie zolota v nekotorykh geologicheskikh obrazovaniyakh srednego Prilen'ya [Gold distribution in some geological formations of the Middle Lena]. *Metallonosnost' osadochnykh i magmaticheskikh kompleksov sredney Leny*. Yakutsk, 1995, pp. 66–73. (In Russian).

36. Orlova M. P. Osobennosti formirovaniya shhelochnykh magmaticheskikh kompleksov [Features of the formation of alkaline magmatic complexes]. *Zapiski Vserossiyskogo mineralogicheskogo obshchestva*, 1983, vol. 112, no. 3, pp. 288–299. (In Russian).

37. Nikiforova Z. S., Mihaylov V. A., Surnin A. A., Gerasimov B. B., Tulaeva E. G. Osnovnye epohi rossyepobrazovaniya zolotonosnosti na vostoche Sibirskoy platformy [Main epochs of gold placer formation in the east of the Siberian platform]. *XIII Mezhdunarodnoe soveshhanie po geologii rossyepi i mestorozhdeniy kor vyvetrivaniya*. Perm', 2005, pp. 199–201. (In Russian).

38. Okrugin A. V., Yakubovich O. V., Ernst R., Druzhnina Zh. Yu. Platinum-bearing placers of Siberian platform: mineral associations and their age characteristics as indicators of large igneous provinces manifested in old platform. *Arctic and Subarctic Natural Resources*, 2018, vol. 25, no. 3, pp. 36–52. (In Russian).

39. Petrov O. V., Morozov A. F., Molchanov A. V., Shatov V. V., Zubova T. N., Shishkin M. A., Kashin S. V., Sobolev A. E., Solov'ev N. S., Terekhov A. V., Shamahov V. A. Prognostic-mineragenic map of Russia of scale 1:2,500,000 as a reflection of the prospecting efficiency of regional geological studies. *Regional Geology and Metallogeny*, 2017, no. 70, pp. 5–16. (In Russian).

40. Plyushhev E. V., Shatov V. V. Geohimiya i rudonosnost' gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy [Geochemistry

and ore content of hydrothermal-metasomatic formations]. Leningrad, Nedra, 1985, 247 p.

41. Plyushhev E. V., Shatov V. V., Kashin S. V. Metallogeniya gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy [Metallogeny of hydrothermal-metasomatic formations]. St. Petersburg, VSEGEI, 2012, 560 p.

42. Masaytis V. L., Egorov L. S., Ledneva V. P. et al. Proterozoyskie, paleozoyskie i mezozoyskie magmaticheskie komplekсы Sibirskoy platformy [Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic magmatic complexes of the Siberian platform]. *Voprosy korrelyatsii magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov Vostochnoy Sibiri*. Leningrad, 1977, pp. 5–16. (In Russian).

43. Parfenov L. M., Kuz'min M. I. (ex. eds.). Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Saha (Yakutiya) [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)]. Moscow, Nauka/Interperiodika, 2001, 571 p.

44. Terekhov A. V., Molchanov A. V., Shatov V. V., Khorokhorina E. I., Solov'ev O. L. Tipomorfizm samorodnogo zolota iz kaynozoykskh otlozheniy ruch'ya Gorelyy i ego svyaz' s korennyimi istochnikami v predelakh Verhneamginskogo rudnorossypnogo uzla (Yuzhnaya Yakutiya) [Typomorphism of native gold from the Cenozoic deposits of the Gorely brook and its relationship with primary sources within the Verkhneamginsky ore-placer cluster (South Yakutia)]. *Regional Geology and Metallogeny*, 2016, no. 65, pp. 94–103. (In Russian).

45. Okrugin A. V., Mishnin V. M., Andreev A. P., Bekrenev K. A. Topomineralogicheskaya kharakteristika ob'ektov s ore-nosivym potentsialom iz podzemnykh Yakutskikh Uplift (eastern Siberian platform). *National Geology*. 2010, no. 5, pp. 13–22. (In Russian).

46. Tulayeva E. G., Nikiforova Z. S., Surnin A. A., Ivanov P. O. Formation of placer gold showings in south-eastern Berezovskaya Depression and adjacent part of Aldan Shield. *National Geology*, 2004, no. 5, pp. 7–11. (In Russian).

47. Hotina E. B., Zhezhe' O. N., Romm G. M. Kaynozoykskie otlozheniya Aldano-Amginskogo stratotipicheskogo rayona Yuzhnoy Yakutii [Cenozoic deposits of the Aldan-Amginsky stratotype region of South Yakutia]. *Kaynozoykskiy sedimentogenez i strukturnaya geomorfologiya SSSR*. Leningrad, 1987, pp. 44–51. (In Russian).

48. Dobak P. P. J., Robert F., Barker S. L. L., Vaughan J. R., Eck D. Goldstrike gold system, North Carlin trend, Nevada, USA. *SEG Special Publications*, 2020, no. 23, pp. 313–334.

49. Bradley M. A., Anderson L. P., Eck N., Creel K. D. Giant Carlin-type gold deposits of the Cortez District, Lander and Eureka Counties, Nevada. *SEG Special Publications*, 2020, no. 23, pp. 335–353.

50. Rodionov S. M., Fredericksen R. S., Berdnikov N. V., Yakubchuk A. S. The Kuranakh epithermal gold deposit (Aldan Shield, East Russia). *Ore Geology Reviews*, 2014, no. 59, pp. 55–65.

Молчанов Анатолий Васильевич — доктор геол.-минерал. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ¹. <Anatoly_Molchanov@vsegei.ru>
Петров Олег Владимирович — чл.-корр. РАН, доктор геол.-минерал. наук, доктор экон. наук, ген. директор, ВСЕГЕИ¹. <vsegei@vsegei.ru>

Леонтьев Василий Иванович — канд. геол.-минерал. наук, вед. геолог, ВСЕГЕИ¹. <vasily_leontiev@vsegei.ru>

Шатов Виталий Витальевич — канд. геол.-минерал. наук, директор центра, ВСЕГЕИ¹. <Vitaly_Shatov@vsegei.ru>

Козлов Глеб Александрович — аспирант, геолог, ВСЕГЕИ¹. <Gleb_Kozlov@vsegei.ru>

Терехов Артем Валерьевич — канд. геол.-минерал. наук, зам. зав. отделом, ВСЕГЕИ¹. <Artem_Terekhov@vsegei.ru>

Лебедев Иван Олегович — вед. геолог, ВСЕГЕИ¹. <Ivan_Lebedev@vsegei.ru>

Хорохорина Елена Ивановна — вед. инженер, ВСЕГЕИ¹. <Elena_Horokhorina@vsegei.ru>

Ашихмин Дмитрий Сергеевич — геолог, ВСЕГЕИ¹. <Dmitry_Ashihmin@vsegei.ru>

Артемьев Дмитрий Сергеевич — вед. геолог, ВСЕГЕИ¹. <Dmitry_Artemiev@vsegei.ru>

Кукушкин Константин Александрович — вед. геолог, ВСЕГЕИ¹. <Konstantin_Kukushkin@vsegei.ru>

Лебедева Галина Борисовна — геолог, ВСЕГЕИ¹. <Galina_Lebedeva@vsegei.ru>

Гузев Владислав Евгеньевич — аспирант, СПГУ; инженер, ВСЕГЕИ¹. <Vladislav_Guzev@vsegei.ru>

Соловьёв Олег Леонидович — вед. геолог, ВСЕГЕИ¹. <Oleg_Soloviev@vsegei.ru>

Титов Дмитрий Юрьевич — геолог, ВСЕГЕИ¹. <Dmitriy_Titov@vsegei.ru>

Molchanov Anatoly Vasilyevich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department, VSEGEI¹.
<Anatoly_Molchanov@vsegei.ru>

Petrov Oleg Vladimirovich – Corresponding Member of RAS, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Doctor of Economic Sciences, Director General, VSEGEI¹. <vsegei@vsegei.ru>

Leont'ev Vasily Ivanovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Major Geologist, VSEGEI¹.
<vasily_leontiev@vsegei.ru>

Shatov Vitaliy Vital'evich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Center, VSEGEI¹.
<Vitaly_Shatov@vsegei.ru>

Kozlov Gleb Aleksandrovich – Ph. D. Student, Geologist, VSEGEI¹. <gleb_kozlov@vsegei.ru>

Terekhov Artem Valerievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Head of Department, VSEGEI¹.
<Artem_Terekhov@vsegei.ru>

Lebedev Ivan Olegovich – Leading Geologist, VSEGEI¹. <Ivan_Lebedev@vsegei.ru>

Khorokhorina Elena Ivanovna – Leading Engineer, VSEGEI¹. <Elena_Horokhorina@vsegei.ru>

Ashikhmin Dmitriy Sergeevich – Geologist, VSEGEI¹. <Dmitry_Ashikhmin@vsegei.ru>

Artem'ev Dmitriy Sergeevich – Leading Geologist, VSEGEI¹. <Dmitry_Artemiev@vsegei.ru>

Kukushkin Konstantin Aleksandrovich – Leading Geologist, VSEGEI¹. <Konstantin_Kukushkin@vsegei.ru>

Lebedeva Galina Borisovna – Geologist, VSEGEI¹. <Galina_Lebedeva@vsegei.ru>

Guzev Vladislav Evgen'evich – Ph. D. Student, SPMU; Engineer, VSEGEI¹. <Vladislav_Guzev@vsegei.ru>

Solov'ev Oleg Leonidovich – Leading Geologist, VSEGEI¹. <Oleg_Soloviev@vsegei.ru>

Titov Dmitriy Yur'evich – Geologist, VSEGEI¹. <Dmitriy_Titov@vsegei.ru>

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

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

Г. А. КОЗЛОВ, С. В. КАШИН, В. Е. ГУЗЕВ,
А. В. МОЛЧАНОВ, А. В. ТЕРЕХОВ (ВСЕГЕИ)

Минералого-геохимические особенности и рудоносность апокарбонатно-кремнистых гидротермально-метасоматических образований в раннекембрийских отложениях Синско-Ботомской структурно-формационной зоны, Республика Саха (Якутия)

Обсуждаются новые данные о петрографии и геохимии гидротермально-метасоматических образований в раннекембрийских отложениях юго-восточной части Синско-Ботомской структурно-формационной зоны и их связи со стратиформным свинцово-цинковым оруденением в карбонатных толщах. На изучаемой территории эти образования впервые рассмотрены в качестве гидротермально-метасоматической системы и отнесены к тектоногенной апокарбонатно-кремнистой гидротермально-метасоматической формации. Обуславливается их генетическая связь с позднедевонско-раннекаменноугольным этапом континентального рифтогенеза в пределах восточной части Сибирской платформы, моделируется состав и тип породогенерирующего флюида. Продemonстрировано, что ореолы апокарбонатно-кремнистых метасоматитов в совокупности с мультипликативными аномалиями Pb, Zn, Mn, Ag и Sr в коренных породах могут быть использованы в качестве одного из критериев прогнозирования стратиформного Pb-Zn оруденения в карбонатных толщах раннепалеозойского карбонатного чехла Сибирской платформы.

Ключевые слова: карбонатные отложения, геохимические особенности, гидротермально-метасоматические породы, апокарбонатно-кремнистая гидротермально-метасоматическая формация, доломитизация, месторождения миссисипского типа.

G. A. KOZLOV, S. V. KASHIN, V. E. GUZEV,
A. V. MOLCHANOV, A. V. TEREKHOV (VSEGEI)

Mineralogical and geochemical features and ore potential of apocarbonate-siliceous hydrothermally altered rocks in the Early Cambrian deposits of the Sinsk-Botomian Formation, Republic of Sakha (Yakutia)

The article describes new data on petrography and geochemistry of hydrothermally altered rocks in Early Cambrian deposits of the southeastern part of the Sinsk-Botomian Formation and their relationship with MVT-type lead-zinc mineralization. In this area, the mineralization was first identified as a hydrothermal metasomatic system and referred to the tectonogenic carbonate-siliceous hydrothermal formation. Their genetic relationship with the Late Devonian – Early Carboniferous of continental rifting in the eastern Siberian Platform is determined. The composition and type of the rock-generating fluid is simulated. It is shown that halos of carbonate-siliceous hydrothermal mineralization, combined with multiplicative Pb, Zn, Mn, Ag and Sr anomalies in the bedrock can be used as one of the criteria for predicting the MVT-type mineralization in the Early Paleozoic carbonate cover of the Siberian platform.

Keywords: carbonate sediments, geochemical features, hydrothermally altered rock, carbonate-siliceous metasomatism, dolomitization, Mississippi-type deposits.

Для цитирования: Козлов Г. А. Минералого-геохимические особенности и рудоносность апокарбонатно-кремнистых гидротермально-метасоматических образований в раннекембрийских отложениях Синско-Ботомской структурно-формационной зоны, Республика Саха (Якутия) / Г. А. Козлов, С. В. Кашин, В. Е. Гузев, А. В. Молчанов, А. В. Терехов // Региональная геология и металлогения. — 2021. — № 88. — С. 65–83. DOI: 10.52349/0869-7892_2021_88_65-83

Введение. При изучении рифогенных раннекембрийских карбонатных отложений Западно-Якутского барьерного рифового комплекса авторы установили, что значительная часть полей развития доломитов, закартированных предшественниками в составе стратиграфических под-

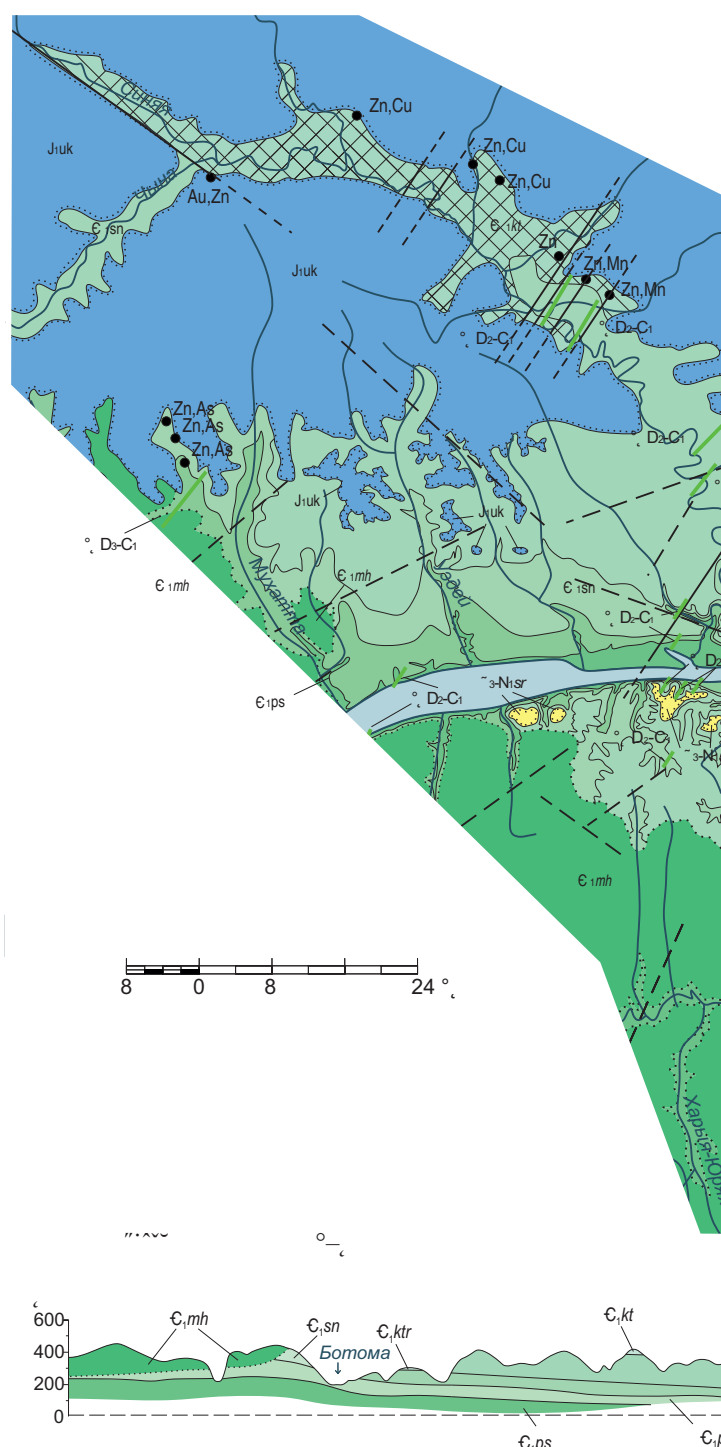
разделений, имеет эпигенетическую природу и пространственную связь с зонами джаспероидизации. Такая ассоциация пород позволила предположить их сингенетичность и рассмотреть в качестве единой гидротермально-метасоматической формации (ГМФ) с характерной

зональностью, отражающей направленность гидротермально-метасоматического (ГМ) процесса. В соответствии с принятой классификацией, разработанной сотрудниками ВСЕГЕИ [4; 22], метасоматиты отнесены к *тектоногенной апокарбонатно-кремнистой ГМФ*.

Ранее авторами установлена геохимическая специализация вмещающих данные ГМ-образования раннекембрийских отложений на свинцово-цинковое оруденение стратиформного типа в карбонатных породах (Mississippi Valley Type – MVT-тип) [19; 29]. Связь оруденения с низкотемпературными апокарбонатными метасоматитами является одной из главных особенностей геолого-генетической и прогнозно-поисковой моделей изучаемого типа оруденения [2; 9; 10; 18; 27; 28; 30; 32; 37]. Таким образом, выявление типоморфных петрографических и геохимических характеристик состава ГМ-пород позволит использовать их в качестве основы прогноза стратиформного оруденения в пределах рассматриваемой территории.

Материалы и методы. В настоящей статье применяется комплексный подход к минералогическому петрографическому исследованию постседиментационных ГМ-образований во всей полноте их проявления, что обеспечивает полноту исследования гидротермального и полигенного оруденения в объеме изучаемой территории. В качестве методической основы исследования использованы положения методики петрографо-геохимического изучения и картирования полей слабопроявленных ГМ-изменений пород, разработанной во ВСЕГЕИ Е. В. Плющевым и соавторами [4; 24–26]. Эта методика широко применяется с целью прогнозирования гидротермального оруденения, однако она практически не использовалась применительно к стратиформному свинцово-цинковому оруденению в карбонатных породах [26]. Одной из главных задач настоящей работы является демонстрация на примере Синско-Ботомской структурно-формационной зоны (СФЗ) особенностей применения и целесообразности использования этой методики при прогнозировании стратиформного свинцово-цинкового оруденения в карбонатных толщах.

Исследование включало полевые работы, в рамках которых проводились геологические маршруты масштаба 1:200 000 и 1:50 000 в пределах левобережья р. Лена и на водоразделе рек Амга и Лена с целью уточнения геологического строения территории и изучения вещественного состава потенциально рудоносных ГМ-образований. Детальные геологосъемочные маршруты осуществлялись на участках интенсивного проявления гидротермально-метасоматических рудоформирующих процессов (рис. 1). По результатам работ составлялись карты распространения ГМ-образований, а также карты аномального геохимического поля с выявлением закономерных ассоциаций химических элементов.



Для оценки направленности процесса метасоматоза проведен расчет баланса вещества в пределах зон метасоматических колонок гидротермально измененных пород с использованием атомно-объемного метода [11].

Микроскопическое изучение пород производилось на оптическом микроскопе Leica DM2700P, а состав тонкодисперсных карбонатных минералов – методом рентгеноструктурного фазового анализа на базе электронного микроскопа-микроанализатора модели MV 2300 с энергодисперсионным микроанализатором

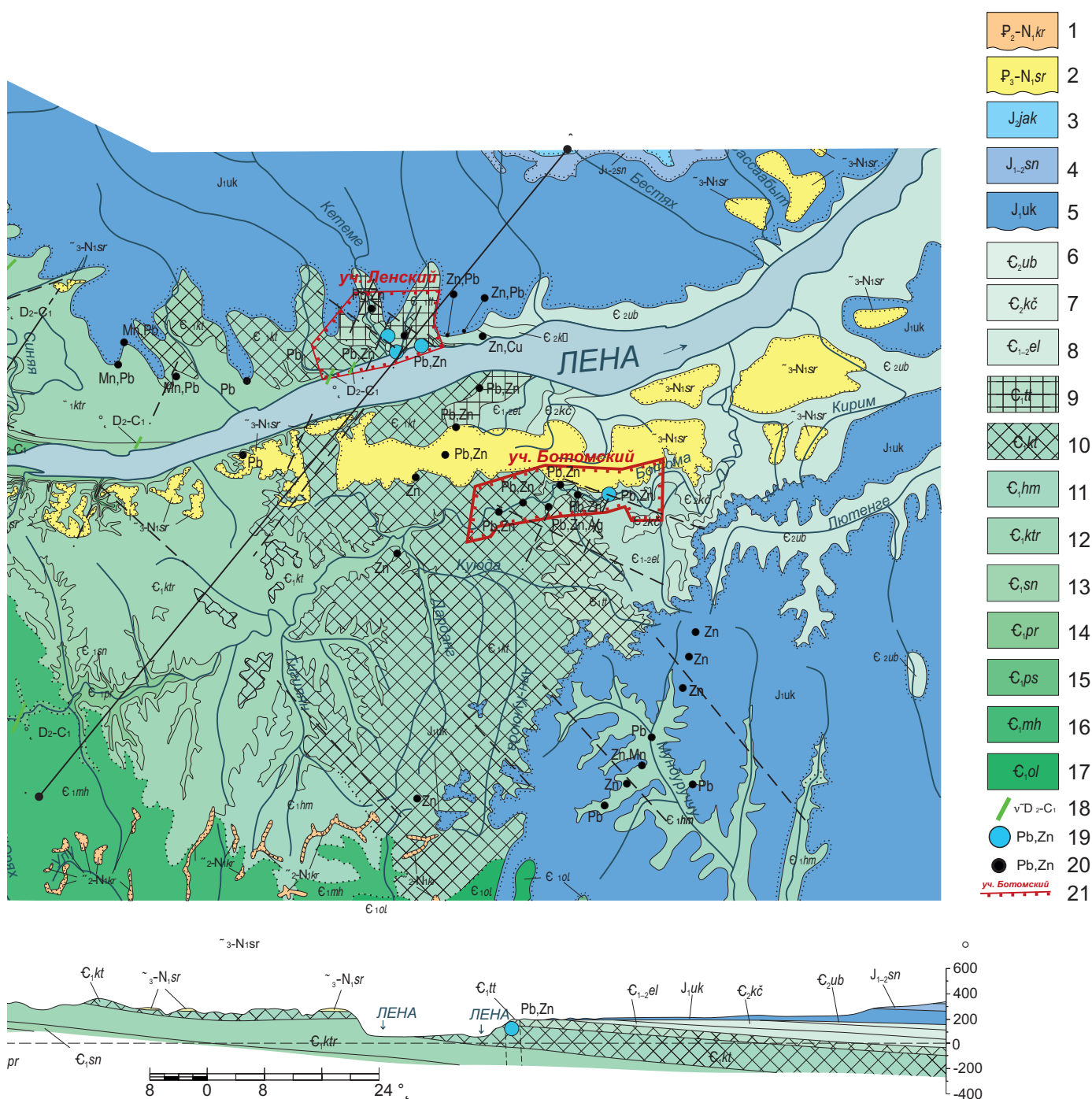


Рис. 1. Карта геологического строения северо-восточной части Приленской минерагенической области (на основе данных О. И. Шербакова и др., [5; 6], В. А. Камалетдинова (1985), С. Д. Костюка (1992), с авт. доп.)

Кайнозойские отложения: 1 – кырбыканская и 2 – сырсарская толщи; 3–5 – ранне-среднеюрские терригенные отложения: толщи якутская (3), сунтарская (4) и укугутская (5); среднекембрийские отложения: 6 – усть-ботомская и 7 – кычикская свиты; ранне-среднекембрийские отложения: 8 – еланская свита; раннекембрийские отложения: свиты 9–15 – титаринская (9), кетеманская (10), хомустахская (11), курторгиновья (12), синская (13), переходная (14), пестроцветная (15); 16 – мухаттинская толща; 17 – олёкминская свита; 18 – дифференцированные дайки долеритов – монцо-габбро-долеритов чаро-синского комплекса; 19, 20 – рудопроявления (19) и пункты минерализации (20) полезных ископаемых и их индексы; 21 – контуры участков детализации и их наименования

LINK Pentafet (Oxford Instx). Химический состав пород определялся в ЦЛ ВСЕГЕИ рентгено-спектральным флуоресцентным (силикатным) методом (XRF), микроэлементы и редкоземельные элементы — методом ICP-MS. Определение изотопного состава свинца и серы в сульфидах и породах — на масс-спектрометре DELTA Plus в ЦИИ ВСЕГЕИ.

Геологическое строение территории. В геологическом строении территории принимают участие ранне-среднекембрийские карбонатные отложения, относимые к Анабаро-Синской структурно-формационной области [1; 5; 6; 12; 13; 31; 34]. Она объединяет площадь распространения сложнодифференцированных рифогенных карбонатных отложений так называемого разреза переходного типа. Изученные отложения относятся к фации внешнего предрифового склона и объединяются в Синско-Ботомскую структурно-формационную зону (СФЗ). Породы характеризуются моноклинальным залеганием с пологим падением к северо-востоку, где погружаются под чехол юрских терригенных и прибрежно-морских отложений.

В Синско-Ботомской СФЗ наблюдается выдержанный стратифицированный разрез (рис. 1), представленный существенно глинистыми известняками и мергелями, оолитовыми и комковатыми известняками и доломитами *пестроцветной* и *переходной свит*, в различной степени битуминозными известняками, углеродистыми сланцами *синской* и *куторгиновой свит*, доломитами и известняками *кетеманской* и *титаринской свит* раннекембрийского возраста, известняками, в том числе органогенно-обломочными, *еланской* и *кычикской свит* ранне- и среднекембрийского возраста, переслаиванием глинистых известняков и мергелей *усть-ботомской свиты* среднекембрийского возраста. Предполагается, что карбонатное осадконакопление в пределах эпиконтинентального палеобассейна Юго-Восточной Сибири происходило в течение раннего палеозоя до силура включительно, но данные отложения были денудированы в доюрское время. По карбонатным отложениям развита каолин-монтмориллонитовая кора выветривания, ее мощность максимально достигает 15–20 м. Для карбонатного комплекса характерно пологое, субгоризонтальное залегание пород с падением к северо-востоку. Мощность кембрийского разреза варьируется от 300 до 600 м.

Юрские отложения локально распространены на северной и восточной границах участка исследования и представлены песчано-гравийными и песчано-глинистыми отложениями укугутской свиты с базальным горизонтом в основании, в том числе содержащим прослой бурожелезняковых гидрогенно-инфильтрационных железомарганцевых руд. Мощность юрских отложений в пределах участка не превышает 100 м. Также на левобережье рек Лена и Ботом развиты олигоцен-миоценовые аллювиально-озерные

отложения сырсарской и аллогенные коры выветривания кырбыканской толщ, локализованные в карстовых полостях известняков. Мощность данных образований не превышает 40 м.

В пределах территории широко распространены вещественные проявления палеозойской тектоно-магматической активизации в виде протяженных зон разрывных нарушений северо-восточного простирания, объединяемых в *Чаро-Синскую* тектоническую зону [3; 21; 22; 34]. Ее формирование связано с раскрытием на рубеже девона — карбона Палеовилуйской грабен-рифтовой системы. Разрывные нарушения формируют кулисообразные зоны разломов и разрывов раздвигового характера без существенного смещения блоков, зачастую залеченных интрузивами гипабиссального дифференцированного чаро-синского долерит-граносиенитового комплекса. Также залегание кембрийских отложений осложнено незначительными разрывами конседиментационного характера, ориентированными согласно простиранию пород. Проявления полиметаллической минерализации локализованы в полях развития отложений кетеманской и титаринской свит. На сегодняшний день известно четыре рудопроявления и более 40 пунктов свинцово-цинковой минерализации с повышенными концентрациями Ag, Mn, Fe и Au на левобережье р. Лена и в нижнем течении р. Ботомы.

Петрографические особенности вещественных проявлений апокарбонатно-кремнистой ГМФ.

Особенностям литологического состава раннекембрийских карбонатных пород территории посвящено значительное количество работ [1; 12; 13; 31], однако в качестве ГМ-образований площадные ореолы эпигенетической доломитизации рассмотрены нами впервые. Результаты полевых исследований позволили установить широкое распространение вещественных проявлений ГМ-деятельности. Выделенные петротипические разновидности пород отражают концентрическую зональность ГМ-системы апокарбонатно-кремнистых метасоматитов и направленность метасоматического процесса. Типовая метасоматическая колонка апокарбонатно-кремнистой ГМФ по пелитоморфным известнякам кетеманской свиты выглядит следующим образом (табл. 1):

1. **Внешняя зона** включает ореолы площадной эпигенетической доломитизации, выделяющиеся по резкому замещению пелитоморфных известняков яснозернистыми сахаровидными доломитами. От вмещающих преимущественно серых и светло-серых до известняков они отличаются буро-желтой, желтой или белой окрасками, обусловленными степенью их насыщения железом и марганцем, а также резко повышающейся пористостью. Стоит отметить, что на коренных выходах породы интенсивно пигментируются гидроокислами железа, поступающими из вышележащих кор выветривания и четвертичных глинистых пород. Этой зоне соответствуют *доломитизированные известняки* и *массивные*

Минеральный состав и генетическая типизация гидротермально-метасоматических апокарбатно-кремнистых образований в пределах изученной площади

Генетический тип, формация	Гидротермально-метасоматическая ассоциация	Индекс зоны	Минеральные ассоциации	Породы
ТЕКТОНОГЕННЫЙ Апокарбонатно-кремнистых метасоматитов, связанный с процессами континентального рифтогенеза	Неизмененные породы	0	Cal ± C	Пелитоморфный известняк
	Неполнопроявленные доломитизированные известняки	D1	Cal + Dol ± C	Доломитизированный пелитоморфный известняк
	Полнопроявленные эпигенетические доломиты	D2	Dol + (Kut-Sd) ± Gp ± Cal ± ± (Gn, Sp, Py)	Эпигенетический неравномерно-зернистый доломит
	Джаспероидизированные эпигенетические доломиты	J1	Dol + (Kut-Sd) + C + Qtz ± Py ± (Gn, Sp)	Джаспероидизированный эпигенетический доломит
	Полнопроявленные джаспероиды	J2	Qtz + C ± Dol ± ± (Kut-Sd) ± (Gn, Sp) ± Cal	Полнопроявленный джаспероид

Примечание: Cal – кальцит; C – халцедон; dol – доломит; Sd – сидерит; Kut – кутнагорит; Qtz – кварц; Py – пирит; Gn – галенит; Sp – сфалерит; Gp – гипс. В пределах минеральных ассоциаций минералы приведены в порядке убывания распространенности.

сахаровидные доломиты, а также локально развитые кальцитизированные доломиты.

Доломитизированные известняки (D1) широко распространены в периферийных частях полей эпигенетической доломитизации (рис. 2). Они представляют собой пелитоморфные аллотриоморфно-зернистые, реже комковатые водорослевые известняки с локальными субпластовыми и субвертикальными зонами замещения кальцита

мелко-среднезернистыми гипидиоморфно-зернистыми кристаллами доломита размерами от 0,05 до 0,2 мм. Мощность этих зон варьируется от 0,5 до 5 мм, иногда до первых десятков сантиметров. Для комковатых известняков, локально распространенных в пределах разреза, характерно избирательное замещение цементирующей оолиты и онколиты пелитоморфной массы. Отметим, что на полях развития мухаттинской тощи

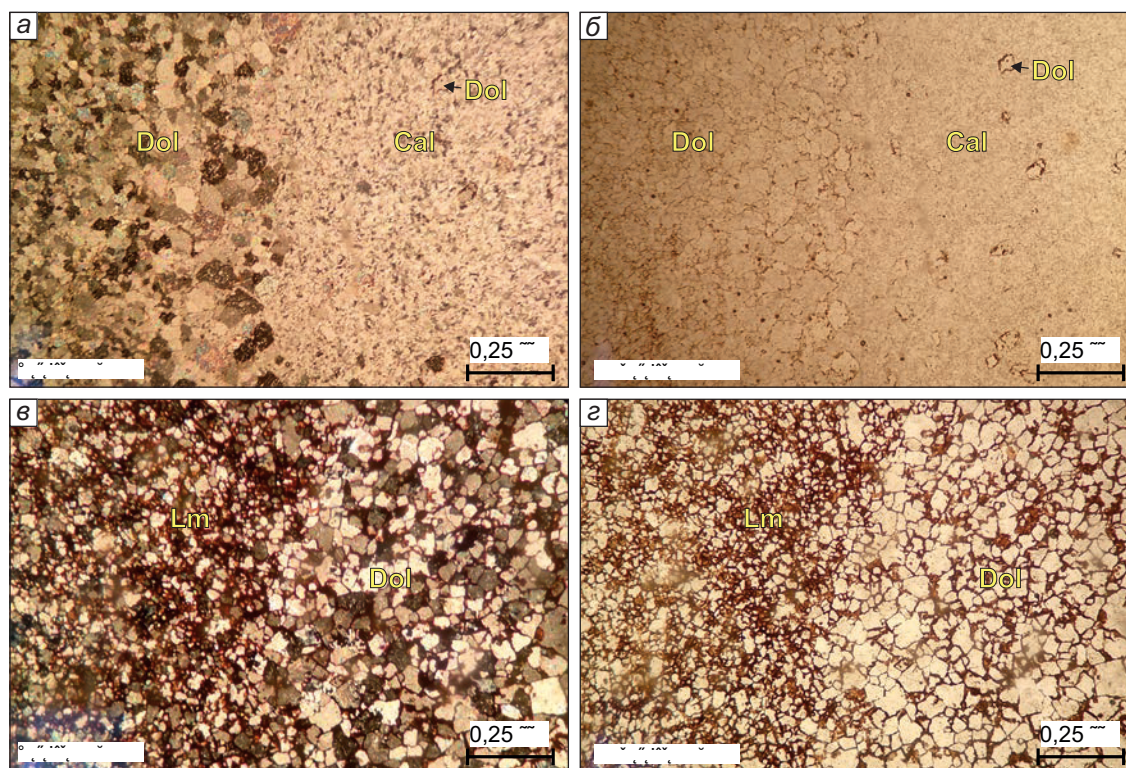


Рис. 2. Микрофотографии шлифов гидротермально-метасоматических образований внешней зоны ГМ-колонки: а, б – левобережье р. Лена (D1); в, г – нижнее течение р. Ботомы (D2)

а, б – доломитизированные пелитоморфные известняки кетеменской свиты; в, г – лимонитизированные эпигенетические гипидиоморфно-зернистые доломиты.

Dol – доломит, Cal – кальцит, Lm – лимонит

и олёкминской свиты за пределами изучаемой территории нами наблюдалось полное замещение вторичным доломитом не только цемента, но и водорослевых оолитов и онколитов (рис. 3).

Мелко-среднезернистые эпигенетические доломиты (D2) — широко распространенная в пределах разреза группа вторичных карбонатных пород. В петрографическом отношении они представлены массивной или тонкослоистой массой гипидиоморфно-зернистых кристаллов доломита ромбического облика размерами от 0,1 до 0,5 мм, формирующих мозаичную структуру породы (рис. 2). Текстуры их преимущественно массивные, а в пределах кетеменской свиты — часто яснослоистые с выраженным размером зерен. Кристаллы конформно-зернистые, зональные. Зачастую грани кристаллов, в особенности мелкозернистых, интенсивно корродированы с образованием сплошного сетчатого цемента из бурого железистого вещества, замещающего грани зерен. Каверны занимают от 10 до 25 % объема породы и выполнены преимущественно крустификационными зернами минералов группы доломита-кутнагорита-сидерита с повышенной железистостью и марганцевистостью (рис. 3).

Кальцитизированные эпигенетические доломиты (D3) на изучаемой территории распространены локально, формируя маломощные субвертикаль-

ные зоны в пределах полей трещиноватости и разрывных нарушений в верхних частях кембрийского плато. Они, как правило, ассоциированы с площадями развития эпигенетических доломитов и представляют собой жильные тела мелко-крупнозернистого кальцита, зачастую с друзово-шестоватым внутренним строением. Размеры кристаллов — от 0,5 мм до 5,0 см. В целом вторичная жильная, вкрапленная и прожилковая кальцитизация широко распространена в породах и также фиксируется в пределах центральной и ядерной зон метасоматической колонки (рис. 4). Общая мощность зоны эпигенетической доломитизации составляет первые десятки километров.

2. **Центральная зона колонки** фиксируется интенсивным проявлением процесса джаспероидизации в эпигенетических доломитах. Гидротермальные изменения выражаются в видимой инкрустации порового пространства доломитов халцедоном и халцедоновидным кварцем в пределах субпластовых зон протяженностью в первые десятки метров. Зона сложена *кварц-карбонатными метасоматитами (джаспероидизированными доломитами)*.

Кварц-карбонатные метасоматиты (J1) формируют узкие, преимущественно субвертикальные линейные зоны, приуроченные к разрывным

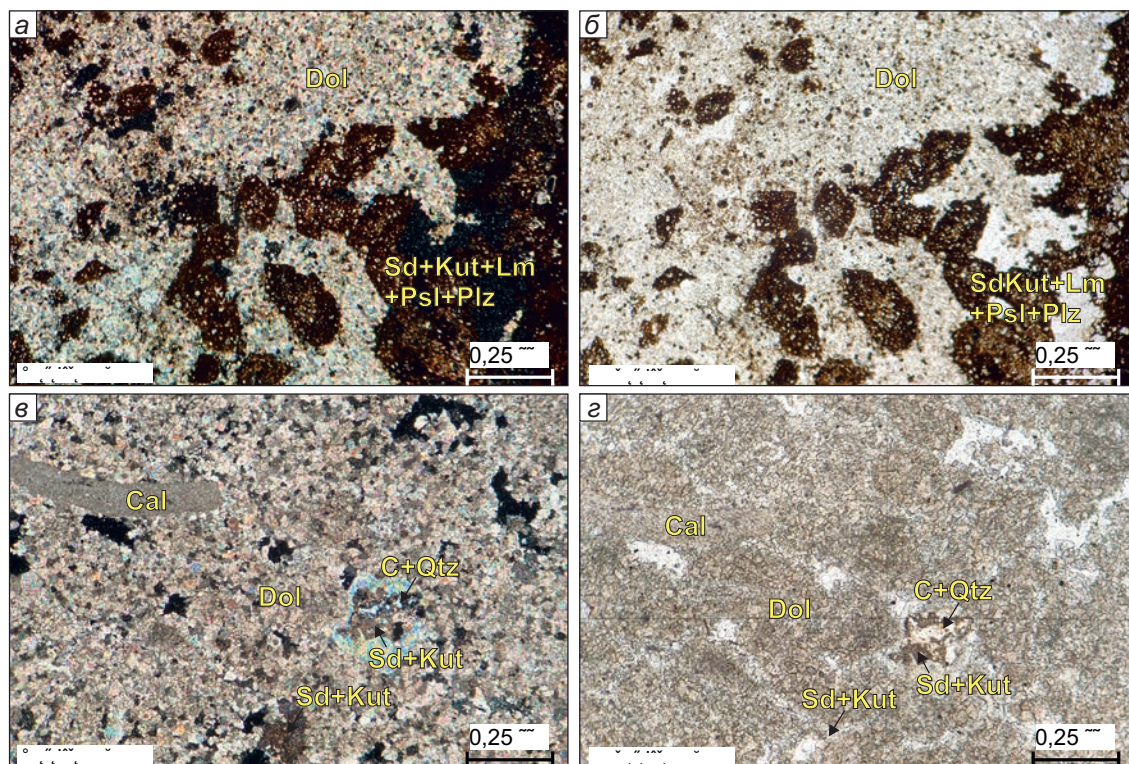


Рис. 3. Микрофотографии шлифов гидротермально-метасоматических образований внешней зоны ГМ-колонки: а, б — район р. Куччугуй-Кетеме (D2); в, г — левобережье р. Лена

а, б — эпигенетические гипидиоморфно-зернистые доломиты, развитые по органогенно-обломочным породам титаринской свиты; в, г — эпигенетические гипидиоморфно-зернистые доломиты со среднезернистыми кристаллами минералов группы доломита-сидерита-пирролизита (D2).

С — халцедон, Qtz — кварц, Sd — минералы группы сидерита, Kut — минералы группы доломита-кутнагорит, Psl — псидомелан, Plz — пирролизит.

Ост. усл. обозн. см. на рис. 2

нарушениям. В петрографическом отношении они представлены сплошными зонально-построенными агрегатами перекристаллизованного доломита, аналогичными вышеописанным полнопроявленным эпигенетическим доломитам, включающим прожилковую и вкрапленную кремнистую минерализацию. Кварц — халцедоновидный, различной степени раскристаллизованности, представлен неравномерно-зернистыми агрегатами неправильной или сфероидальной форм с размерами от 0,1–0,25 до 0,5–1,2 мм. Как правило, приурочен к межзерновому пространству доломита в ассоциации с вкрапленной и прожилково-гнездовой сульфидной минерализацией. Характерно сочетание халцедоновидного и полнокристаллического кварца. Содержание данных минералов в породе не превышает 5–15 % от ее объема.

3. Ядерная зона метасоматической колонки тесно ассоциирована с рудными образованиями, ее минеральный состав зависит от обогащения рудовмещающих пород минералами свинца и цинка. Нами зафиксированы участки полнопроявленной джаспероидизации в виде халцедона с кварцем и окисленными сульфидами вдоль зон разрывных нарушений. Такие породы хорошо идентифицируются на фоне массивных доломитов, однако зачастую приурочены к структурному делювию, а зоны разрывных нарушений геоморфологически выражены овра-

гами. К изучаемой зоне относятся следующие петротипические разновидности пород:

Существенно кварц-халцедоновые с карбонатом метасоматиты (джаспероиды) (J2) наблюдались в ассоциации с краевыми участками рудных тел стратиформной свинцово-цинковой минерализации. Как правило, они слагают маломощные протяженные зоны в пределах разрывных нарушений северо-восточного и северо-западного простираний, зоны дробления и брекчирования пород, а также субсогласные с напластованием минерализованные зоны. На основании структурных и текстурных особенностей пород выявлены две их разновидности.

В первом случае породы интенсивно кавернозные, с преобладанием крустификационных, массивных зерен. Они представлены сплошной массой мелкозернистых агрегатов (0,1–0,3 мм) преимущественно хорошо раскристаллизованного халцедоновидного кварца с редкими идиоморфными кристаллами доломита размером 0,1–0,2 мм. Облик кристаллов таблитчатый, угловатый. В кавернах наблюдается более крупнозернистый кварц в виде крустификационных и друзовых агрегатов.

Во втором случае для джаспероидов характерна сфероидальная текстура. Основная масса таких образований сложена сферолитовыми агрегатами халцедоновидного кварца, загрязненного

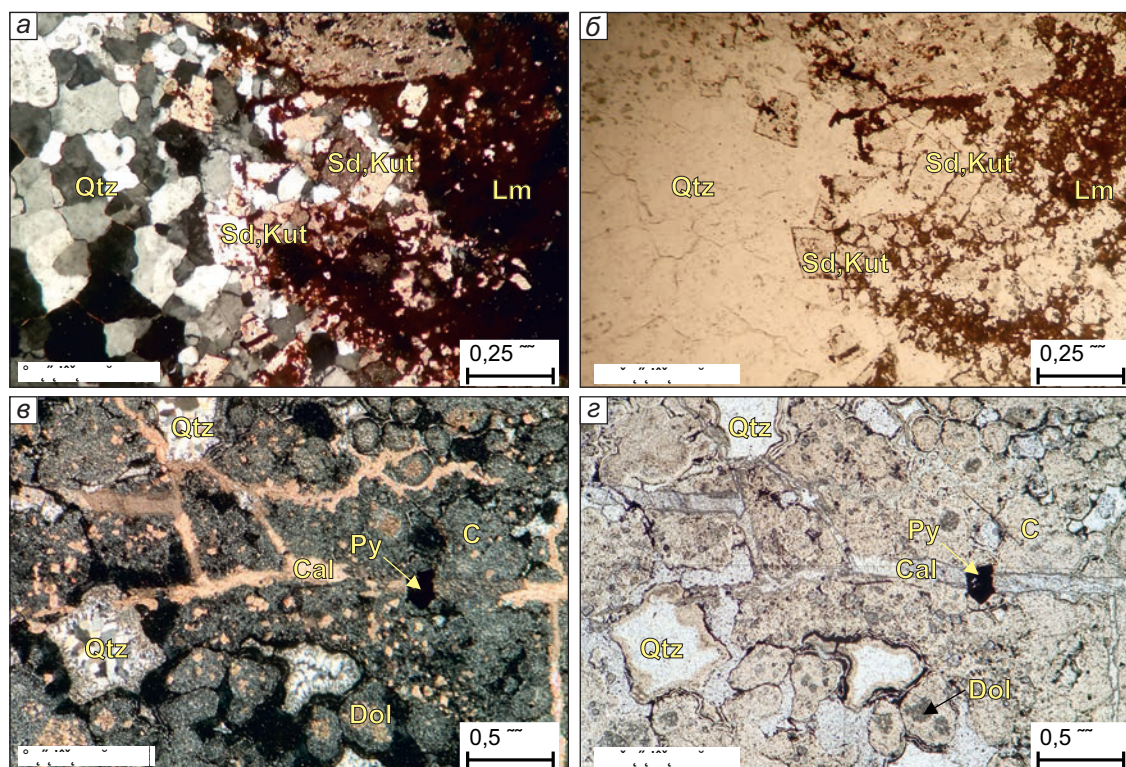


Рис. 4. Микрофотографии шлифов гидротермально-метасоматических образований внешней зоны ГМ-колонки: а, б — нижнее течение р. Ботома (J1); в, г — водораздел рек Лена и Амга (J2)

а, б — джаспероидизированные эпигенетические доломиты с псевдоморфозами лимонита по сульфидам и сидериту-кутнаториту; в, г — полнопроявленные колломорфно-друзовые джаспероиды, развитые по оолитовым известнякам. Py — пирит, С — халцедон.

Ост. усл. обозн. см. на рис. 2 и 3

пелитовым материалом, формирующими причудливую колломорфно-друзовую текстуру породы. Характерно присутствие гидроокислов железа, которые образуют вкрапленные включения или мелкие гнезда размером 0,1–1,0 мм, часто неправильной формы, с губчатой структурой. На плоскостях трещиноватости и гранях кристаллов наблюдаются темно-серые, почти черные налеты гидроокислов марганца, а иногда мелкие желваки халцедоновидного кварца, замещенные изометрично-зернистым кварцем (рис. 4).

Для обеих разновидностей свойственно также присутствие поздних секущих кальцитовых жил, иногда в сочетании с ксеноморфными монокристаллами кальцита, выполняющими ядерную часть сферолитов, а также вкрапленные, прожилково-вкрапленные и прожилково-гнездовидные зерна пирита, марказита, сфалерита или галенита, часто замещенные гидроокислами железа.

Геохимические особенности апокарбонатно-кремнистых метасоматитов. Выделенные на основе петрографических особенностей минерального состава зоны колонки обладают различными геохимическими характеристиками. Дисперсия содержаний петрогенных оксидов в пределах зон метасоматической колонки на разных участках территории не значительна, что объясняется выдержанным литологическим составом пород-протолитов. Выявленная зональность ГМ-образований (рис. 5) является типичной для тектоногенного типа апокарбонатных метасоматитов [4; 8; 18; 23–26; 33].

В связи с неустойчивостью кальцита во внешней зоне колонки под воздействием хлоридных растворов происходит его замещение доломитом, в котором фиксируется Mg. Отношение MgO к CaO в породах близко к 1:1, что свидетельствует о стехиометрическом составе доломита (рис. 6, а). Минералы группы доломита-кутнагорита-сидерита фиксируются во внешней зоне метасоматической колонки незначительными

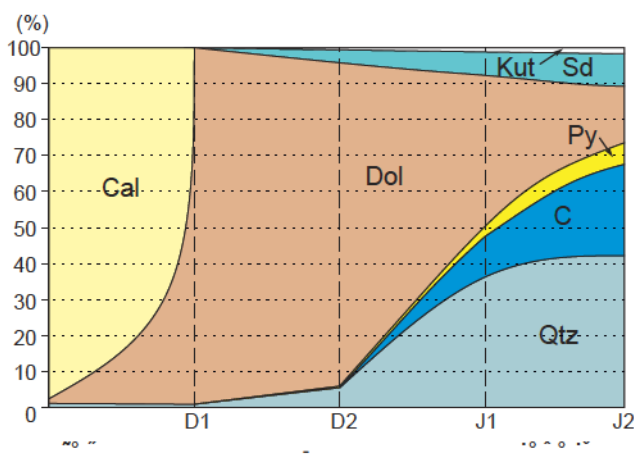


Рис. 5. Графики, отображающие баланс вещества (петрогенных оксидов) в пределах выделенных зон ГМ-колонки апокарбонатно-кремнистых метасоматитов

Усл. обозн. см. на рис. 2–4

концентрациями таких элементов, как Fe и Mn, что отражает и степень закрытости порового пространства. Ближе к центральной зоне происходит заметный рост содержаний кремнезема за счет новообразований в породах кварца и халцедона (рис. 6, б). В ядерной части ГМ-колонки содержания кремнезема продолжают расти, достигая величин в 50 % атомной массы породы. Одновременно с этим наблюдается рост содержаний Fe_2O_3 , концентрирующегося как в сульфидной массе, так и в карбонатных минералах группы сидерита-кутнагорита-доломита (рис. 6, в). Незначительное накопление K_2O и Al_2O_3 в ядерной части колонки предположительно связано с наложением на гипогенную минерализацию гипергенных процессов. Концентрации остальных элементов в породах не значительны.

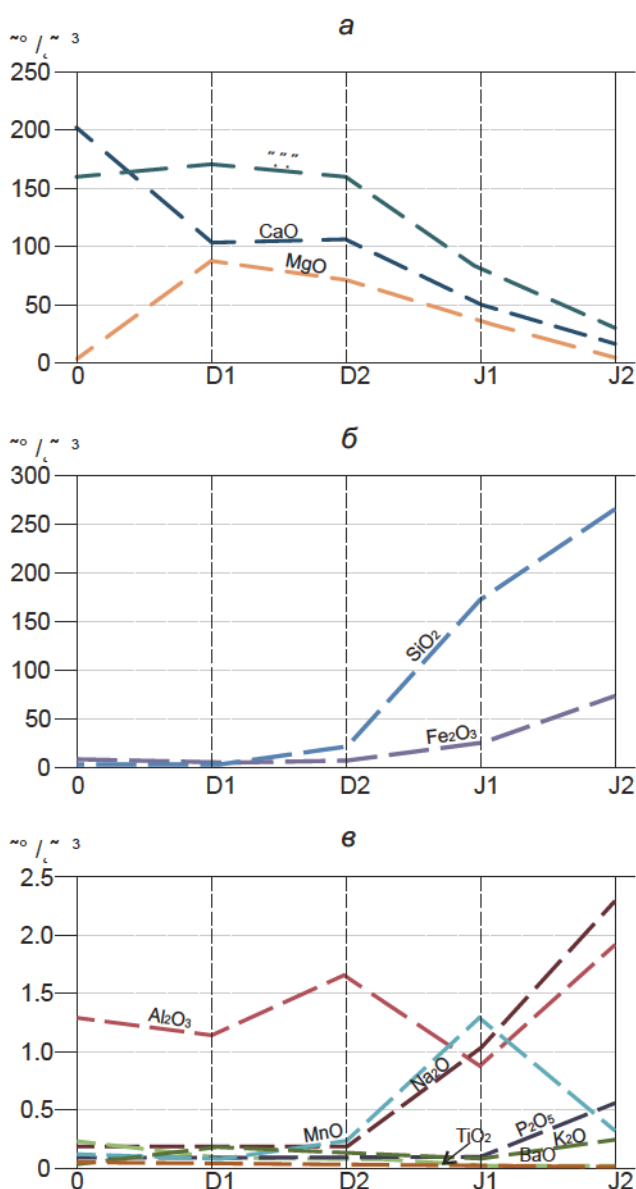


Рис. 6. Петрографо-минералогическая зональность зон ГМ-колонки

Графики баланса для: а – CaO, MgO (п.п.п. – потери при прокаливании); б – SiO_2 и Fe_2O_3 ; в – Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , MnO, TiO_2 , BaO, P_2O_5

Таблица 2

Характер распределения петрогенных и рудных элементов в гидротермально-метасоматических образованиях, развитых по породам кетеменской и титаринской свит раннего кембрия

Индекс зоны	0	D1		D2	J1	J2		
SiO ₂	0,01	0,01	0,01	1,25	4,75	47,46	65,75	58,55
Al ₂ O ₃	0,35	0,32	0,25	0,57	0,46	0,24	0,52	5,75
TiO ₂	0,06	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	<0,01	0,08
Fe ₂ O ₃	1,21	0,73	0,82	0,79	1,41	6,06	19,16	25,88
MnO	0,03	0,02	0,02	0,10	0,06	0,35	0,09	0,62
MgO	0,34	23,58	23,93	22,46	19,78	9,90	1,29	0,24
CaO	54,48	28,44	28,18	27,93	28,98	13,66	4,36	0,08
Na ₂ O	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,28	0,62	0,80
K ₂ O	<0,01	0,05	0,05	0,01	0,03	0,02	0,07	2,54
P ₂ O ₅	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,15	0,14
п.п.п.	43,44	46,77	46,67	46,81	44,46	22,03	8,00	5,17
BaO	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,19
Сумма	100,00	100,03	100,03	100,02	100,03	100,08	100,00	100,00
Pb	2,75	7,75	1,17	6,29	3,69	4,82	294	15,4
Zn	9,43	19,9	9,56	13,4	14,1	108	1290	60,4
Li	0,5	0,5	0,5	0,5	1,45	1,87	1,7	3,49
Sc	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,28	1,2	0,1
Co	0,25	0,25	0,25	0,25	1,64	2,58	11,4	0,86
Ni	0,25	0,25	0,25	0,25	1,79	4,76	28,4	2,3
Cu	0,25	0,25	0,25	1,83	0,25	2,3	6,64	1,07
Ag	0,02	0,02	0,005	0,036	0,005	0,068	0,044	0,014
Sb	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	0,51	0,05
Te	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bi	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Be	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
V	0,75	5,74	2,84	7,02	3,47	9,44	34,3	2,58
Cr	0,25	1,49	0,25	3,06	18,2	5,07	90,6	17,7
Rb	1	2,83	1	1	1	1	1	1
Sr	172	80,5	50	121	63,4	32,2	49,3	5,92
Y	1,62	1,75	0,72	1,99	2,58	4,31	6,71	0,85
Zr	13,3	20,7	14,2	18	13,5	12,3	5,73	4,33
Nb	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,66
Mo	0,74	0,66	0,3	0,75	2,73	1,07	11,2	1,5
Sn	0,73	0,49	0,55	0,64	0,6	0,59	0,72	0,61
La	1,32	1,27	0,24	1,08	1,07	1,5	3,54	0,33
Ce	2,08	2,38	0,32	1,97	2,19	2,86	5,55	0,64
Pr	0,3	0,3	0,063	0,27	0,28	0,41	0,69	0,077
Nd	1,2	0,99	0,25	1,19	1,2	1,8	2,83	0,3
LREE	4,90	1,37	5,18	8,67	2,59	5,03	7,11	3,30
MREE	0,52	0,11	0,50	0,76	0,46	0,60	1,24	0,57
HREE	0,38	0,08	0,24	0,31	0,21	0,32	0,68	0,39
W	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,98	0,25
Th	0,05	0,31	0,05	0,12	0,05	0,05	0,32	0,05
U	1,07	2,49	0,44	0,76	0,45	0,44	0,95	0,32
As	0,25	0,65	0,72	0,92	1,19	7,32	17,7	1,57
Li	0,5	0,5	0,5	0,5	1,45	1,87	1,7	3,49
Sc	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,28	1,2	0,1
Co	0,25	0,25	0,25	0,25	1,64	2,58	11,4	0,86
Q (г/см ³)	2,72	2,78	2,74	2,57	2,77	2,8	2,51	3,14
Номер пробы	6956	6941	6939	6950-1	6944	6944-1	6945-1	6953

Примечание: индексами обозначены **0** – неизменные пелитоморфные известняки; **D1** – неполнопроявленные эпигенетические доломиты; **D2** – полнопроявленные эпигенетические доломиты; **J1** – джаспероидизированные эпигенетические доломиты; **J2** – полнопроявленные джаспероиды. Содержания петрогенных оксидов приводятся в процентах, редких и рассеянных элементов – в ppm.

Баланс вещества редких и рассеянных элементов в ходе формирования апокристовых тектонических метасоматитов по карбонатным породам кетеманской и тигаринской свиты раннего кембрия

Гиротермально-метасоматические образования			Привнос, + %					Вынос, – %			
Тип	Породы	Индекс	>1000	1000–500	500–100	100–50	50–20	10–25	25–50	<50	
Тектоногенные, связанные с веществовыми проявлениями палеозойского рифтогенеза	Неполнопроявленные эпигенетические доломиты	D1	–	–	–	–	Ba K Na Ca Mg Mn Fe Ti U HREE MREE Zr Y Cr Pb Zn	Al Th W Ta LREE Sn Mo Nb Sr Rb V Be Bi Sb Ag Cu Ni Co Li	P As	Si	
	Полнопроявленные эпигенетические доломиты	D2	–	Mg Mn	Fe Cr Zn Co	As HREE MREE V Pb Cu Ni	P K Si Th W Ta LREE Nb Y Rb Be Sb Ag Li	Ba Na Mo Bi	U Sn	Ca Ti Al Zr Sr	
	Джаспероидизированные доломиты	J1	Co Zn Pb Si Fe Mn	Ni Ag Y As Mg	Li Cu Sb V Cr HREE K P	Rb MREE Th	Be Nb Mo Sn LREE W U	Bi Zr	Ta Na Ba	Sr Al Ti Ca	
	Полнопроявленные джаспероиды	J2	Co Zn Si	Ni Ag Pb Fe Mn	Li Cu Sb V Cr Y HREE As Mg K P	MREE Th	Be Rb Nb Mo Sn LREE W U	Bi Zr Ta	Na Ba	Sr Ti Ca	
	Свинцово-цинковые руды	Руды	Co Ni Zn Pb Ag Fe Mn	Cu Cr Y HREE As P Ba	Sb Be V LREE MREE W Th U Si Mg Na K	Mo	Li Zr Nb Ta	Rb	Sn Al	Sr Ti Ca Al	
	Надрудные кальцитизированные доломиты	D3	Fe Mn Mg P	Li Zn LREE MREE HREE K	Co Ni Cu Ag Sb Pb V Cr Rb Y Nb	Zr Ta Th U Si Na	Mo W	Sn	Ca	Sr Al Ti Ba	

Примечание: коэффициент привноса-выноса элементов ΔC приведен в процентах и рассчитывался по формуле: $\Delta C = C_i - C_j / C_j \times 100\%$, где C_i – содержание элемента в интенсивно/полностью измененной породе, C_j – содержание элемента в минимально измененной породе пелитоморфного известняка кетеманской свиты в сравниваемых выборках. Общее количество проб – 106.

Они не формируют самостоятельных минеральных фаз и не вносят существенный вклад в минералогическо-геохимическую зональность метасоматической колонки. Петрохимический состав различных зон метасоматической колонки приведен в табл. 2. В случае значительного обогащения вмещающих пород свинцом и цинком в центральной и ядерной частях метасоматической колонки начинает проявляться рудная сульфидная минерализация. В таких случаях в оруденелых породах от 5 до 20 % их объема выполнено агрегатами пирит-сфалерит-галенитового состава в ассоциации с карбонатной и кремнистой минерализацией. Кальцитизированные эпигенетические доломиты – одна из петротипических разновидностей полнопроявленных эпигенетических доломитов. Для них расчет баланса вещества по отношению к петрогенным элементам в настоящей статье не рассматривается.

Характер распределения редких и рассеянных элементов в различных зонах метасоматической колонки имеет незначительные качественные, но выраженные количественные различия на участках распространения метасоматитов в долине рек Ботомы и Лены. Это связано с различиями в геохимической специализации вмещающих метасоматиты кембрийских отложений, заложенными еще на стадии седиментогенеза. Геохимическая характеристика различных зон колонки приводится в табл. 3. В ней же приведены данные по средним содержаниям элементов в ассоциированных с метасоматитами свинцово-цинковых рудах. Видно, что для рассматриваемой ГМ-системы характерна непрерывная концентрационная геохимическая зональность с выраженным закономерным обогащением и обеднением различных зон метасоматической колонки рассеянными и редкими элементами. Для большинства из них наблюдается непрерывный рост концентраций элементов относительно неизменных пород – от внешних зон к внутренним. Примечательно, что для таких элементов, как Pb, Zn, Co, Ni, Ag, характерен резкий рост концентраций на один и более порядков в рудных образованиях по сравнению с околорудными метасоматитами.

Таблица 4

Характер фракционирования изотопов серы сульфидов в гидротермально-метасоматических и рудных образованиях в карбонатных толщах кетеменской и титаринской свит раннего кембрия

Шифр пробы	Минерал	Привязка	$d^{34}\text{S}$, ‰
69187-2	Галенит	Вкрапленные руды, проявление Сульфидное	10,5
69099-2	Пирит	Прожилково-вкрапленные руды, проявление Сульфидное	11,1
69187-1	Галенит	Прожилково-вкрапленные руды, проявление Сульфидное	11,5
6929	Марказит	Поселок Тит-Ары, полнопроявленные джаспероиды	7,4
6934-2	Галенит	Массивные руды, проявление Сульфидное	12,0
69187-2/1	Галенит	Околорудные джаспероиды, проявление Сульфидное	11,9
6959	Галенит	Прожилково-вкрапленные руды, проявление Тютюнге	11,8
69187-3	Галенит	Прожилково-вкрапленные руды, проявление Сульфидное	10,5

Изотопные характеристики апокарбонатно-кремнистых метасоматитов. Особенности изотопного состава свинца и серы в ассоциированных с рудами ГМ-образованиях являются одними из главных компонентов генетических моделей стратиформного свинцово-цинкового оруденения [2; 10; 14; 18; 28; 30; 32; 33; 36]. Они позволяют моделировать условия формирования руд и рудоносных образований и предполагать природу источника серы сульфидов и сульфатов. Нами изучены характеристики валовых проб безрудных эпигенетических доломитов их оруденелых и джаспероидизированных разновидностей, а также мономинеральные навески галенита из сульфидных руд. Данные о фракционировании изотопов свинца в рудах и рудовмещающих ГМ-породах приведены в табл. 4. Полученные значения варьируются в узком диапазоне, что указывает на парагенетическую связь процессов формирования сульфидной минерализации и ГМ-образований.

Характер фракционирования изотопов серы в сульфидах изучен по мономинеральным навескам пирита, марказита, сфалерита и галенита (табл. 5). Интерпретация полученных данных производилась с учетом трех реперных значений: сульфат морской воды ($d^{34}\text{S} \approx 20,0$ ‰), эндогенная «метеоритная» сера ($d^{34}\text{S} \approx 0$ ‰) и биогенная сера $d^{34}\text{S} \approx -12 \pm 5$ ‰ [7]. Полученные данные в целом имеют узкий диапазон значений от 7,4 до 11,1 ‰. Следует отметить, что в пробе из сфалерита получены аномально низкие значения ($d^{34}\text{S} = -10,4$ ‰). Такие значения характерны для месторождений стратиформного типа в карбонатных толщах с коровым источником флюида и свидетельствуют о заимствовании серы сульфидов из морской воды и частичном смешении ее с биогенным источником [2; 28; 30; 32; 33]. Гетерогенность серы может являться показателем ее биогенной природы, что в целом согласуется как с геологическим строением территории, так

Таблица 5

Характер фракционирования изотопов свинца в галенитах, а также в рудных и гидротермально-метасоматических породах

Шифр пробы	Минерал	m, мг	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
6934-2	Галенит	2,31	18,2029	15,5460	39,0468
69187-1	Галенит	1,92	18,0969	15,5337	38,5589
69187-2/1	Галенит	1,10	18,0895	15,5270	38,5314
69187-3	Галенит	1,30	18,0962	15,5291	38,5253
Шифр пробы	Порода	m, мг	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
69187-1/1	Оруденелый джаспероид	32,39	18,1667	15,5701	38,7398
6934-3	Гнездовидная руда	90,08	18,1476	15,5391	38,6852
69187-2/1	Прожилково-вкрапленная руда	100,58	18,1957	15,5796	38,9987
69187-1	Оруденелый джаспероидизированный доломит	95,8	18,1247	15,5529	38,6884
69187-1/2	Прожилково-вкрапленная руда	101,98	18,1190	15,5543	38,6915
69187-2/2	Околорудный эпигенетический доломит	97,45	18,1674	15,5391	38,8673
6959	Вкрапленная руда	121,74	18,3294	15,6148	39,6577

и представлением о связи оруденения с миграцией нефидных вод [14; 16–18; 33; 34; 35; 36; 38]. Это первые результаты изотопии серы сульфидов изучаемого региона, но для более точного определения характера источника серы сульфидов необходимо провести дополнительные исследования.

Проведенные ранее исследования особенностей фракционирования изотопов углерода и кислорода в карбонатных породах титаринской и кетемонской свит позволили установить, что и пелитоморфные известняки, и раннедиагенетические и эпигенетические доломиты обладают незначительно различающимися изотопными характеристиками [19], что, по нашему мнению, указывает на седиментогенный катагенетический источник флюида, сохранившего характеристики морских вод палеобассейна.

Минералого-геохимическая зональность апокарбонатно-кремнистых гидротермально-метасоматических образований и их рудоносность. Процессы низкотемпературного апокарбонатно-кремнистого метасоматоза привели к интенсивному перераспределению вещества и формированию положительных и отрицательных мультипликативных аномалий элементов. По результатам комплексного минералого-геохимического и петрографического изучения гидротермально измененных карбонатных отложений Синско-Ботомской СФЗ составлены специализированные карты ГМ-зональности и аномального геохимического поля для участков детализации на левобережье р. Лена и в нижнем течении р. Ботомы, соответствующих доступным для изучения частям потенциальных рудных полей.

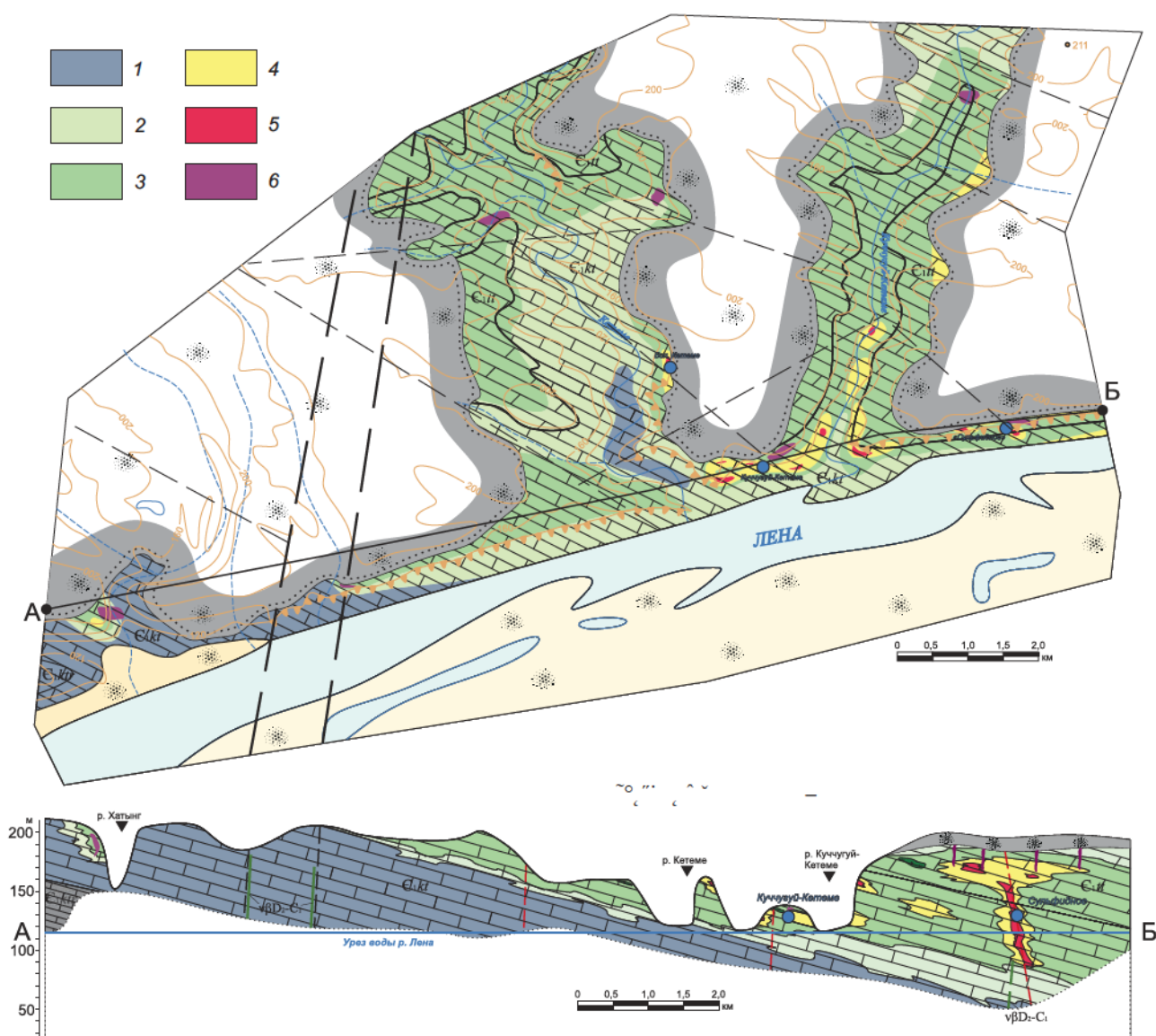


Рис. 7. Карта распространения апокарбонатно-кремнистых гидротермально-метасоматических образований на левобережье р. Лена в устье р. Кетеме и их зональности с разрезом

1 – неизменные раннекембрийские карбонатные породы; 2, 3 – внешняя зона: 2 – доломитизированные известняки, 3 – полнопроявленные эпигенетические доломиты; 4–6 – центральная зона: 4 – джаспероидизированные эпигенетические доломиты, 5 – полнопроявленные джаспероиды, 6 – кальцитизированные эпигенетические доломиты

Приведенные ниже карты составлены непосредственно для ранне- и среднекембрийских карбонатных пород; перекрывающие их мезо-кайнозойские терригенные и покровные четвертичные суглинки не учитывались.

Главные особенности апокарбонатных ГМ-образований территории с точки зрения применения выбранной методики исследования — высокая степень вторичной переработки пород-протолитов с преобладающим распространением полей полнопроявленных метасоматитов, простота и выдержанность минерального состава различных зон ГМ-колонки, значительная площадь региональных и локальных метасоматитов. В соответствии с этим на картах ГМ-зональности участков на реках Лена и Ботоме неполнопроявленные эпигенетические доломиты и джаспероидизированные эпигенетические доломиты могут быть отображены в качестве отдельных зон метасоматической колонки.

Рисунок 7 демонстрирует, что поля распространения слабодоломитизированных известняков (неполнопроявленных метасоматитов) в пределах участка Ленский закономерно ассоциированы с верхней частью разреза кетеменской свиты, в то время как зоны распространения полнопроявленных эпигенетических доломитов совпадают с полями выходов титаринской свиты. Джаспероидизированные доломиты и полнопроявленные джаспероиды имеют локальное распространение в пределах территории и закономерно ассоциированы с полиметаллическими

рудопоявлениями. Они сконцентрированы в зонах сочленения разрывных нарушений северо-восточного и северо-западного простираний, но в то же время геометрия полей их развития имеет отчетливый стратифицированный облик.

В пределах нижнего течения р. Ботомы (рис. 8) ореол неполнопроявленных эпигенетических доломитов характеризуется незначительной мощностью. Это связано с преобладанием в основном разреза кетеменской свиты изучаемого участка диагенетических доломитов. Джаспероидизированные доломиты и джаспероиды развиты здесь шире, чем на р. Лена, что обусловлено масштабами проявления дизъюнктивной тектоники. При этом свинцово-цинковое оруденение имеет на участке меньшую степень проявления.

Структура аномального геохимического поля обоих участков выражает концентрическую зональность ГМ-системы со стратифицированным характером распределения положительных и отрицательных геохимических аномалий.

Анализ корреляционных связей между элементами позволил выделить следующие закономерные геохимические ассоциации. Ассоциация Pb-Zn-Ag-Mn ярко выражена на левобережье р. Лена. Она является типоморфной для свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах, ее положительные мультипликативные аномалии в точности совпадают с ГМ-зональностью, а наиболее контрастные аномалии относятся к рудопоявлениям полиметаллической минерализации (рис. 9). Ее аналогом на участке

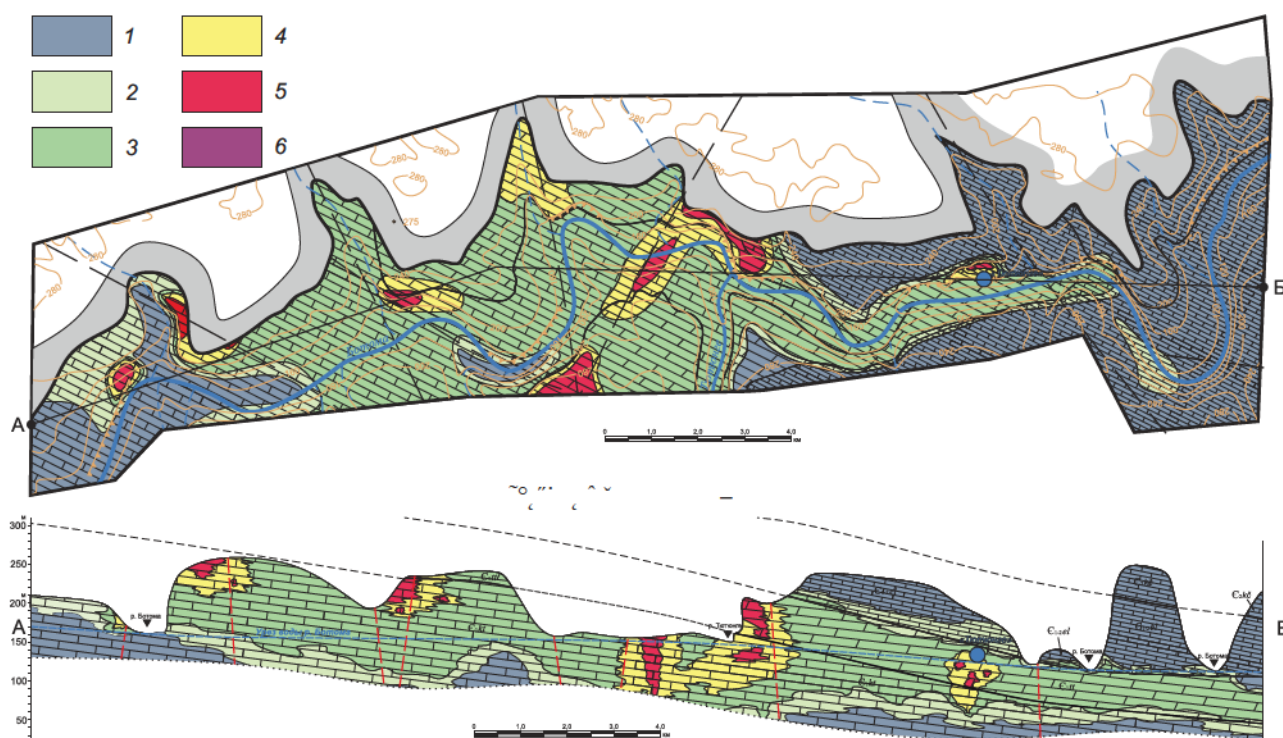


Рис. 8. Карта распространения апокарбонатно-кремнистых гидротермально-метасоматических образований в нижнем течении р. Ботомы и их зональности с разрезом

1 — неизмененные ранне- и среднекембрийские осадочные породы. Ост. усл. обозн. см. на рис. 7

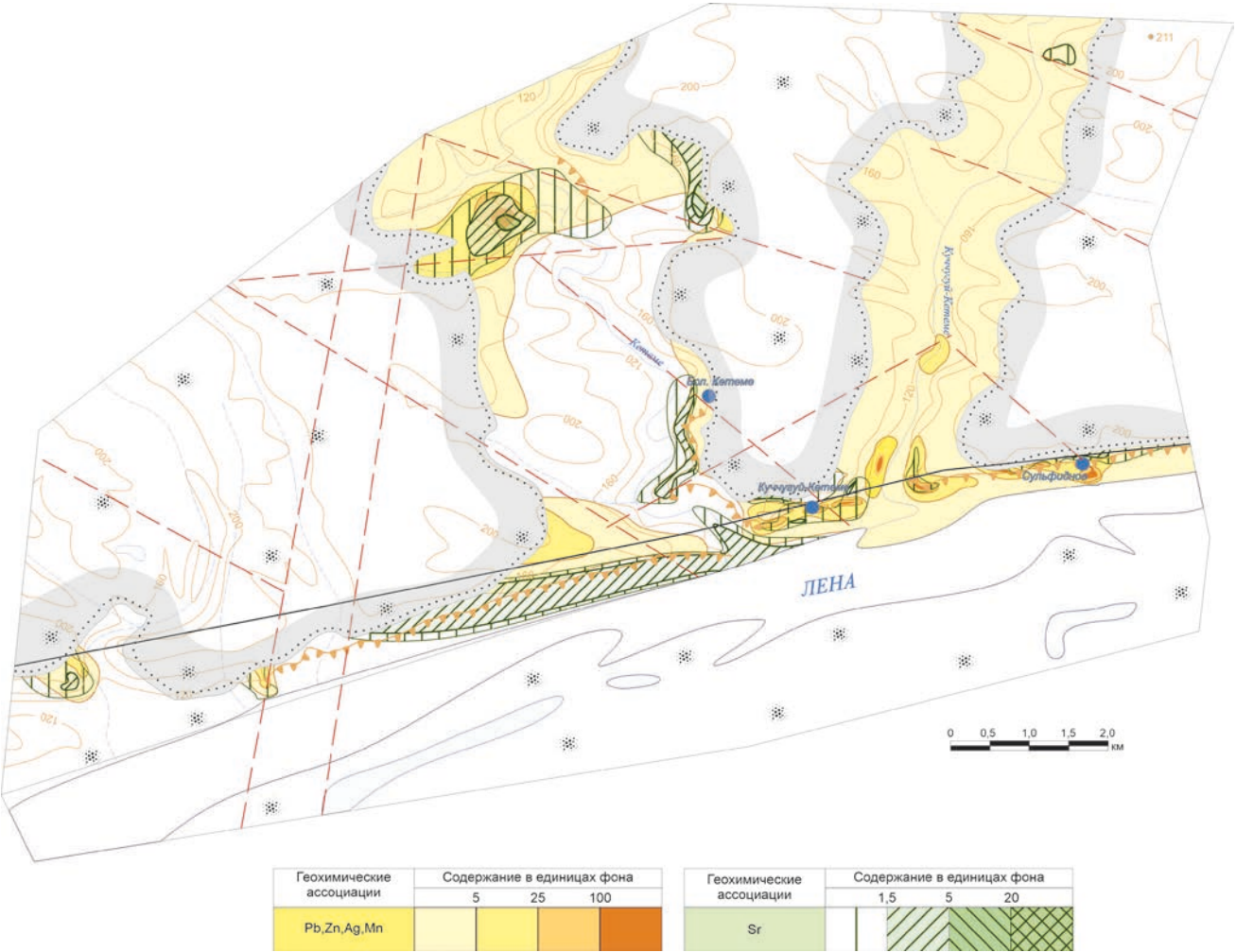


Рис. 9. Карта аномального геохимического поля на левобережье р. Лена в устье р. Кетеме

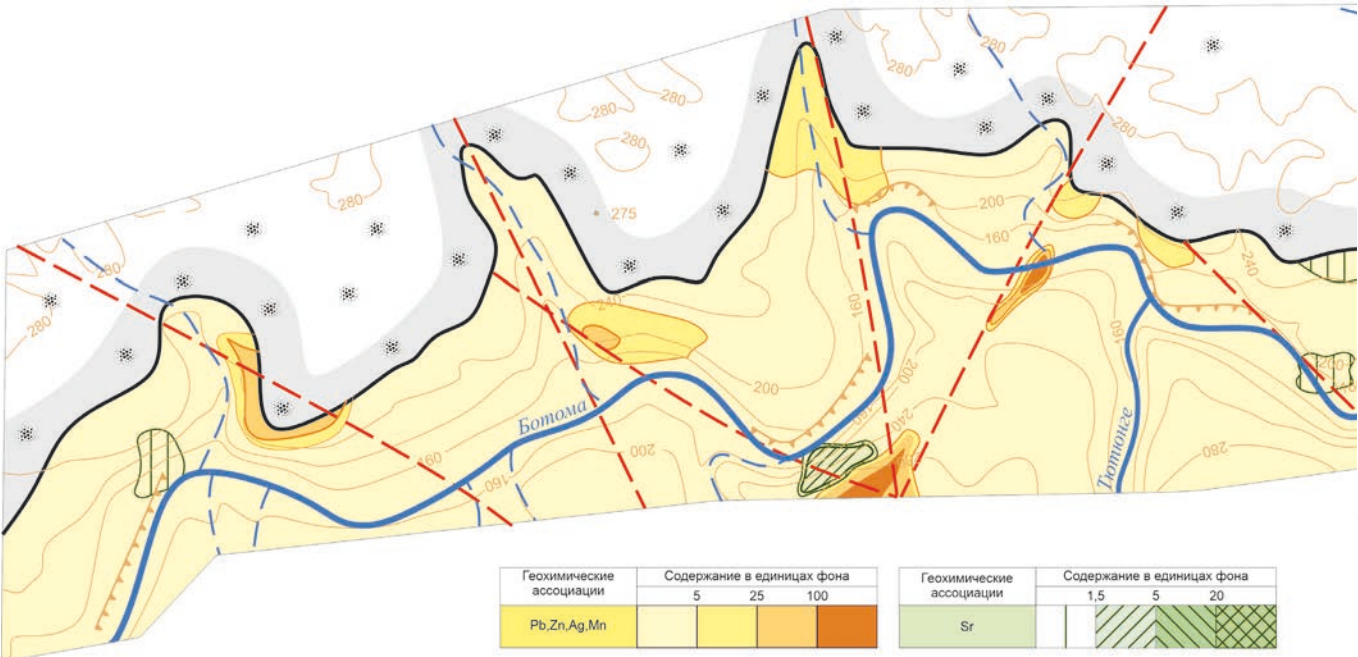
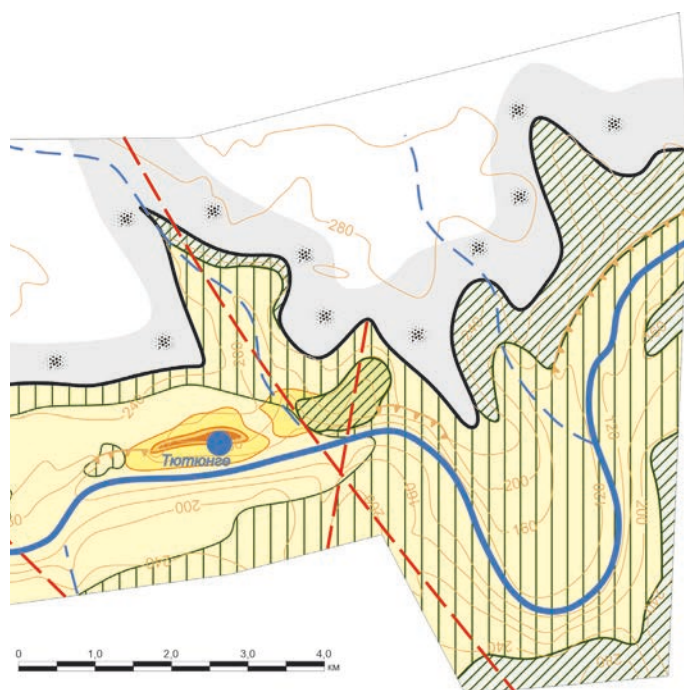


Рис. 10. Карта аномального геохимического поля в нижнем течении р. Ботома

Ботомский является ассоциация Pb-Zn-W-Fe-P, также совпадающая с ГМ-зональностью. На рис. 10 приведена карта аномального геохимического поля участка Ботомский. Как видно из ее рассмотрения, геохимические аномалии типоморфной рудной Pb-Zn-Ag-Mn ассоциации в его пределах в значительной степени менее контрастные, что связано с незначительными, по сравнению с участком Ленский, концентрациями элементов во вмещающих породах. На левобережье р. Лена также выявлены ассоциации Li-Co-Cu-V-Ni, Zr-Rb-Nb-REEP и Fe-Ba-W-Y-Sb-Be, характеризующие степень насыщения вмещающих пород вулканогенной примесью и нерастворимым остатком. В нижнем течении р. Ботомы эти три ассоциации формируют один единый геохимический ореол с нечеткими ветвящимися корреляционными связями между различными группами элементов (рис. 10). Данные ореолы, несмотря на определенные закономерности распределения положительных аномалий, не являются информативными по причине пониженного кларка концентраций большинства элементов. Поэтому их использование в качестве поискового критерия не целесообразно. Более информативными здесь выступают моноэлементные аномалии стронция, не формирующего устойчивых ассоциаций ни с одним из элементов, кроме кальция. Корреляция стронция с последним обусловлена его накоплением в кальците неизменных известняков, а также в зонах кальцитизации, проявленных в кровельной части коренных выходов известняков и поэтому занимающих надрудное положение.



Обсуждение результатов и выводы. Применение комплексного подхода к изучению минералогических, петрографических и геохимических особенностей ГМ-образований в раннекембрийских карбонатных отложениях Синско-Ботомской СФЗ позволило раскрыть историю проявления гидротермальной деятельности на рассматриваемой территории и по геохимическим данным выделить основные рубежи гидротермального рудообразования. Это дало возможность локализовать участки недр, перспективные на выявление стратиформной свинцово-цинковой минерализации в карбонатных толщах (MVT-тип).

На уровне современного эрозионного среза вещественные проявления апокарбонатно-кремнистой ГМФ формируют единый ореол, выделенный предшественниками в качестве самостоятельного стратиграфического подразделения (титаринская свита) [5; 6; 31]. Широкое развитие данных образований зафиксировано авторами и на прилегающей территории в раннекембрийских карбонатных отложениях Амгинской СФЗ, а также в пределах восточной части Мухатгинской СФЗ. Локализация данных метасоматитов и их зональность находятся в прямой зависимости от литологических и тектонических особенностей строения территории. Эпигенетические доломиты образовывались по пелитоморфным или мелкозернистым, реже комковатым водорослевым известнякам, являвшимся благоприятной средой для формирования полнопроявленных метасоматитов. В то же время существенно битуминозные кремнистые известняки и известковые сланцы синской и куторгиновой свит почти не подвергаются эпигенетической доломитизации. Также данные процессы не проявляются в полях развития диагенетических доломитов, распространенных в пределах переходной свиты и нижней части разреза кетеменской свиты в долине р. Ботомы, так как породогенерирующий флюид, судя по геологическому строению территории, находился в равновесии с доломитовой средой.

Источниками кремнезема для формирования гидротермальной кварц-халцедоновой минерализации могли служить кремнистые конкреции, широко распространенные как в неизменных карбонатных породах кетеменской свиты, так и в пределах раннекембрийского карбонатного бассейна в целом [1].

Другой важный аспект литологического фактора — эффективная пористость пород, влияющая на способность карбонатных пород пропускать через себя флюид, чем в том числе обуславливается «геометрия» ГМ-системы и степень проявленности метасоматических образований [4; 18; 24]. Петрографические исследования показывают, что глинистые известняки и мергели, а также органо-обломочные породы еланской, хомустахской, кычикской, усть-ботомской свит обладают весьма низкой пористостью в большинстве случаев закрытого типа, почти всегда выполненную раннедиагенетическим кристификационным

кальцитом. Пелитоморфные известняки кетемской и титаринской свит, напротив, характеризуются высокой пористостью открытого типа, составляющей в неизменных породах 5–10 %. Кроме того, характерная стадийность ГМ-процесса изучаемого типа подразумевает значительное увеличение пористости на стадии выщелачивания площадных доломитов [4; 7; 24; 28; 30; 32; 37], предшествующей формированию кристификационных железистых и марганцовистых, а также кремнистых и рудных образований.

Тектонический фактор контроля апокарбонатно-кремнистых метасоматитов также вносит значительный вклад как в концентрационную площадную зональность, так и локальную оклотрещинную. Поля ГМ-образований отчетливо приурочены к зонам разрывных нарушений различного возраста и порядка, участков сопряжения разноразориентированных зон.

Вопрос природы растворов данных ГМ-систем на сегодня остается дискуссионным. Некоторые из исследователей сходятся во мнении, что одним из возможных агентов переноса вещества для ГМФ данного типа являются натриево-кальциевые хлоридные захороненные катагенетические седиментогенные воды [4; 10; 16; 17; 35; 38]. Результаты изучения изотопного состава свинца, серы, кислорода и углерода, приведенные авторами, позволяют в совокупности подтвердить данное предположение. Вероятно, захороненные седиментогенные воды находились в погребенном состоянии под давлением, однако в ходе процессов палеозойского рифтогенеза и раскрытия Палеовилуйской грабен-рифтовой системы с формированием глубинных зон разрывных нарушений Чаро-Синской зоны произошла их мобилизация и миграция в элизионном режиме.

Минералого-геохимические особенности гидротермально-метасоматических и рудных образований позволяют утверждать пространственную и парагенетическую связи низкотемпературных апокарбонатно-кремнистых метасоматитов и свинцово-цинковых руд, отражающиеся в структурах аномальных геохимических полей. Основополагающие элементы изучаемой зональности — мультипликативные аномалии Pb, Zn, Mn и Ag, формирующие концентрическую зональность с непрерывным ростом концентрации от неизменных пород к ядру метасоматической колонки и рудам. Такие закономерности распределения химических элементов, а также резкий рост их концентраций в центральной и ядерной частях колонки позволяют предположить, что внешняя зона колонки, сложенная эпигенетическими доломитами, являлась в том числе и областью питания тектоногенной ГМ-системы, обусловившей концентрацию избыточных элементов в ядерной зоне колонки.

Стоит отметить, что многие исследователи скептически относятся к возможности формирования масштабного стратиформного оруденения только за счет перераспределения вещества вмещающих пород [15; 20; 25; 26; 28; 35; 37] без

эндогенного источника вещества. В пределах территории нами не было установлено вещественных проявлений потенциально рудогенерирующих процессов за исключением связанных раннекембрийского вулканогенного-эксталяционного, а также девонско-раннекаменноугольного гидротермально-метасоматического. Вероятным источником обогащения пород свинцом и цинком могли послужить сами седиментогенные катагенетические воды, в которых рудные элементы находились в виде комплексных анионов [16; 17; 20; 27]. На возможность этого процесса указывают Л. М. Лебедев и И. Б. Никитина [20], отмечая, что вскрытие скважинами напорных катагенетических металлоносных растворов в районе полуострова Челекен в Туркмении привело к формированию сульфидной минерализации в местах их разгрузки. Только за год этими растворами выносятся на поверхность (т): до 350 свинца, 50 цинка, 34 меди, 24 кадмия и 8 мышьяка [20].

Остальные редкие и рассеянные элементы также характеризуются концентрацией в ядерной части зоны колонки и рудных образованиях. Исключение составляет лишь стронций. Концентрируясь в новообразованных карбонатных жилах в терминальный этап ГМ-процесса, изучаемый элемент позволяет маркировать надрудные зоны, что может быть использовано в качестве одного из критериев прогнозирования скрытого оруденения при слабом эрозионном срезе. Примечательно, что концентрации стронция в надрудных метасоматитах понижены относительно неизменных пелитоморфных известняков (в среднем до –50 %), однако относительно эпигенетических доломитов концентрация стронция значительно повышена (до 20 ф. з. и более).

Применения выбранного подхода к изучению ГМ-образований позволило установить низкую перспективу выявления промышленно-значимых рудных скоплений свинца и цинка в пределах нижнего течения р. Ботома, где, несмотря на значительное распространение ГМ-пород, геохимические ореолы слабоконтрастны, а оруденение проявлено локально. В то же время при изучении гидротермально измененных пород на левобережье р. Лена их связь с оруденением не только подтвердилась, но на северо-западе участка работ — в районе моста через р. Кетеме — была локализована перспективная на выявление свинцово-цинкового оруденения зона.

Авторы признательны директору центра прогнозно-металлогенических исследований ВСЕГЕИ кандидату геол.-минерал. наук В. В. Шатову, профессору кафедры геологии месторождений полезных ископаемых МГРИ РГГРУ доктору геол.-минерал. наук П. А. Игнатову, заведующему отделом цветных металлов ЦНИГРИ кандидату геол.-минерал. наук В. В. Кузнецову и зав. сектором изотопных исследований ЦИИ ВСЕГЕИ И. Н. Ванганен за ценные консультации, содержательные обсуждения, помощь и поддержку в подготовке статьи.

1. Булгакова М. Д. Осадочно-гидротермальные силициты раннего кембрия средней Лены // Металлоносность осадочных и магматических комплексов средней Лены. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1995. — С. 109–119.
2. Виноградов В. И. Основные принципы использования данных по изотопному составу для суждения о генезисе стратиформных руд // Роль изотопов серы в изучении генезиса стратиформных месторождений медистых песчаников и сланцев, руд свинца и цинка в карбонатных породах. — М., 1973. — С. 27–37.
3. Гайдук В. В. Виллюйская среднепалеозойская рифтовая система. — Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1988. — 128 с.
4. Гидротермально-метасоматические формации России / О. В. Петров, Е. В. Плюшев, В. В. Шатов, А. В. Молчанов, Н. С. Соловьев, С. В. Кашин, А. Е. Соболев, А. В. Терехов // Региональная геология и металлогения. — 2016. — № 66. — С. 5–19.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Амгинская, листы Р-52-XXV (Синск), Р-52-XXVI (Тит-Ары), Р-52-XXVII (Булгуньятах). Объяснительная записка / О. И. Шербаков, Л. А. Юганова, М. Л. Кокоулин и др. — СПб.: Картофабрика ВСЕГЕИ, 1999. — 75 с.
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Амгинская, листы Р-52-XXXI (верховье р. Кюнгюк), Р-52-XXXII (Улу), О-52-I (устье р. Нёгючей), О-52-II (Верхняя Амга). Объяснительная записка / О. И. Шербаков, В. А. Мендель и др. — М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. — 161 с.
7. Гриненко В. А., Гриненко Л. Н. Геохимия изотопов серы. — М.: Наука, 1974. — 274 с.
8. Донец А. И., Конкин В. Д., Крутий В. М. Метасоматические доломиты — основные рудовмещающие породы Сарданинского рудного района (Якутия) // Геология рудных месторождений. — 1978. — № 6. — С. 90–93.
9. Донец А. И., Ручкин Г. В., Конкин В. Д. Геолого-промышленные типы и региональные геологические особенности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах // Отечественная геология. — 2017. — № 6. — С. 31–38.
10. Изотопно-геохимические индикаторы стратиформного свинцово-цинкового оруденения Ангарского рудного района на Енисейском Кряже / В. Г. Пономарев, В. А. Акимцев, С. В. Сараев, Е. Ф. Доильницын // Изотопные исследования процессов рудообразования. — Новосибирск: Наука, СО, 1991. — С. 56–83.
11. Казицын Ю. В., Рудник В. А. Руководство к расчету баланса вещества и внутренней энергии при формировании метасоматических пород. — М.: Недра, 1968. — 364 с.
12. Кембрий Сибири / ред. Л. Н. Репина, А. Ю. Розанов. — Новосибирск: Наука, СО, 1992. — 135 с. — (Труды института геологии и геофизики; вып. 788).
13. Кембрий Сибирской платформы. Кн. 1: Алдано-Ленский регион / А. И. Варламов, А. Ю. Розанов, В. В. Хоментовский и др. — М.: ПИН РАН, 2008. — 298 с.
14. Ковалев К. Р., Перцева А. П., Бусленко А. И. Изотопные исследования в решении проблем рудогенеза озернинского рудного узла // Изотопные исследования процессов рудообразования. — Новосибирск: Наука, СО, 1991. — С. 56–83.
15. Конкин В. Д., Донец А. И., Ручкин Г. В. Минералого-геохимические типы и региональные геологические особенности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах // Отечественная геология. — 2018. — № 4. — С. 51–62.
16. Крайнов С. Р., Рыженко Б. Н., Черкасова Е. В. Геохимические причины формирования подземных хлоридных рассолов, генерирующих стратиформные полиметаллические рудные формации // Геохимия. — 2005. — № 6. — С. 634–660.
17. Крайнов С. Р., Рыженко Б. Н., Черкасова Е. В. Гидродинамические и геохимические условия формирования стратиформной Zn-Pb сульфидной рудной минерализации хлоридными рассолами // Геохимия. — 2006. — № 4 — С. 298–425.
18. Кунц А. Ф. Гидротермально-метасоматическое рудообразование в карбонатных породах. Экспериментальные модели и их приложения. — Екатеринбург: Коми НЦ, 2002. — 334 с.
19. Литолого-геохимические особенности раннекембрийских карбонатных отложений юго-восточной части Анабаро-Синской структурно-формационной области Республики Саха (Якутия) и их связь со стратиформным свинцово-цинковым оруденением / Г. А. Козлов, В. Е. Гүзев, А. В. Молчанов, А. В. Терехов // Региональная геология и металлогения. — 2021. — № 86. — С. 31–44.
20. Лебедев Л. М., Никитина И. Б. Особенности химического состава и рудоносных гидротерм Челенкена // ДАН СССР. — 1968. — Т. 183, № 2. — С. 439–442.
21. Левашов К. К. Среднепалеозойская рифтовая система востока Сибирской платформы // Советская геология. — 1975. — № 10. — С. 49–58.
22. Масайтис В. Л., Михайлов М. В., Селивановская Т. В. Вулканизм и тектоника Патомско-Виллюйского среднепалеозойского авлакогена. — М.: Недра, 1975. — 183 с.
23. Метасоматизм и метасоматические породы = Metasomatism and metasomatic rocks / отв. ред. В. А. Жариков, В. Л. Русинов. — М.: Научный мир, 1998. — 492 с.
24. Методика изучения гидротермально-метасоматических образований / Е. В. Плюшев, О. П. Ушаков, В. В. Шатов, Г. М. Беляев. — Л.: Недра, 1981. — 262 с.
25. Плюшев Е. В., Шатов В. В. Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований. — Л.: Недра, 1985. — 247 с.
26. Плюшев Е. В., Шатов В. В., Кашин С. В. Металлогения гидротермально-метасоматических образований. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. — 559 с.
27. Пономарев В. Г., Вострокнутов Е. П., Акимцев В. А. Экспертная система — инструмент прогнозирования стратиформного полиметаллического оруденения. — Новосибирск: ОИГГМ СО АН СССР, 1991. — 119 с.
28. Принципы и методы построения геолого-генетических моделей стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных и терригенных формациях / Д. И. Горжевский, В. Д. Конкин, А. И. Донец, В. В. Кузнецов, Е. Б. Соловьев // Геолого-генетические модели стратиформных месторождений свинца и цинка. — Новосибирск: Наука, СО, 1991. — С. 5–41.
29. Рудно-формационная принадлежность Pb-Zn-Mn оруденения в раннекембрийских карбонатных отложениях Синско-Ботомской структурно-формационной зоны, Республики Саха (Якутия) / Г. А. Козлов, А. В. Терехов, В. Е. Гүзев, О. Л. Соловьев, Е. И. Хорохорина, Ю. Л. Светлова // Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов — от прогноза к добыче: Сборник тезисов докладов II Молодежной научно-образовательной конференции. — М.: ЦНИГРИ, 2021. — С. 77–78.
30. Ручкин Г. В., Донец А. И. Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах. — М.: ЦНИГРИ, 2002. — 124 с.
31. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы. В 2 т. Т. 1: Стратиграфия / ред. Ю. Я. Шабанов. — Новосибирск: Изд-во ИНГГ СО РАН. — 2016. — 497 с.
32. Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в отложениях венда Юго-Восточной Якутии / В. Г. Пономарев, Ю. В. Давыдов, А. А. Тышинский и др. — Новосибирск: Наука, 1979. — 232 с.
33. Скрипченко Н. С. Гидротермально-осадочные полиметаллические руды известково-сланцевых формаций. — М.: Недра, 1980. — 215 с.
34. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Л. М. Парфенов,

М. И. Кузьмин и др. — М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. — 571 с.

35. Хэнор Д. Гидротермальные флюиды осадочного генезиса // Геохимия гидротермальных рудных месторождений. — М.: Мир, 1982. — С. 122–147.

36. Широбокова Т. И. Стратиформное, полиметаллическое и баритовое оруденение Урала. — Свердловск: АН СССР, 1992. — 140 с.

37. A deposit model for Mississippi Valley-type lead-zinc ores / L. D. Leach, R. D. Taylor, D. L. Fey, S. F. Diehl, R. W. Saltus. — Reston, Virginia: U.S. Geological Survey. — 2010. — 64 p.

38. White D. Environment of generation of some base metal ore deposits // *Economic Geology*. — 1968. — Vol. 63. — No. 4. — Pp. 301–335.

1. Bulgakova M. D. Osadochno-gidrotermal'nye silitsity rannego kembriya sredney Leny [Early Cambrian sedimentary-hydrothermal silicites of the middle Lena]. *Metallic content of sedimentary and magmatic complexes of the middle Lena*. Yakutsk, 1995, pp. 109–119. (In Russian).

2. Vinogradov V. I. Osnovnye printsipy ispol'zovaniya dannykh po izotopnomu sostavu dlya suzhdeniya o genezise stratiformnykh rud [Basic principles of using data on isotopic composition for judging the genesis of stratiform ores]. *The role of sulfur isotopes in the study of the genesis of stratiform deposits of cuprous sandstones and shales, lead and zinc ores in carbonate rocks*. Moscow, 1973, pp. 27–37. (In Russian).

3. Gayduk V. V. Vilyuyskaya srednepaleozoyskaya riftovaya sistema [Vilyui Middle Paleozoic rift system]. Yakutsk, 1988, 128 p.

4. Petrov O. V., Plyushchev E. V., Shatov V. V., Molchanov A. V., Solov'ev N. S., Kashin S. V., Sobolev A. E., Terekhov A. V. Gidrotermal'no-metasomaticheskie formatsii Rossii [Hydrothermal-metasomatic formations of Russia]. *Regional Geology and Metallogeny*, 2016, no. 66, pp. 5–19. (In Russian).

5. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 200 000. Seriya Amginskaya, Listy P-52-XXV (Sinsk), P-52-XXVI (Tit-Ary), P-52-XXVII (Bulgunnyakhtakh). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:200,000. Amginskaya series, sheets P-52-XXV (Sinsk), P-52-XXVI (Tit-Ary), P-52-XXVII (Bulgunnyakhtakh). Explanatory note]. Eds.: O. I. Shcherbakov, L. A. Yuganova, M. L. Kokoulin et al. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI, 1999, 75 p.

6. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Amginskaya, Listy P-52-XXXI (verkhov'e r. Kyungkyuy), P-52-XXXII (Ulu), O-52-I (ust'e r. Negyuchey), O-52-II (Verkhnyaya Amga). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:200,000. Second edition. Amginskaya series, sheets P-52-XXXI (upper reaches of the Kyungkuy river), P-52-XXXII (Ulu), O-52-I (mouth of the Nogychai river), O-52-II (Upper Amga). Explanatory note]. Eds.: O. I. Shcherbakov, V. A. Mendel' et al. Moscow, 2015, 161 p.

7. Grinenko V. A., Grinenko L. N. Geokhimiya izotopov sery [Geochemistry of sulfur isotopes]. Moscow, Nauka, 1974, 274 p.

8. Donets A. I., Konkin V. D., Krutiy V. M. Metasomaticheskie dolomity — osnovnye rudovmeshchayushchie porody Sardaninskogo rudnogo rayona (Yakutiya) [Metasomatic dolomites — the main ore-bearing rocks of the Sardaninsky ore region (Yakutia)]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1978, no. 6, pp. 90–93. (In Russian).

9. Donets A. I., Konkin V. D., Ruchkin G. V. Mineralogical-geochemical types and regional geological special characteristic of stratiform carbonate-hosted lead-zinc deposits. *National Geology*, 2017, no. 6, pp. 31–38. (In Russian).

10. Ponomarev V. G., Akimtshev V. A., Saraev S. V., Doil'nitsyn E. F. Izotopno-geokhimicheskie indikatory stratiformnogo svintsovo-tsinkovogo orudeneniya Angarskogo rud-

nogo rayona na Eniseyskom Kryazhe [Isotope-geochemical indicators of stratiform lead-zinc mineralization of the Angarsk ore region on the Yenisei Ridge]. *Izotopnye issledovaniya protsessov rudoobrazovaniya*. Novosibirsk, 1991, pp. 56–83. (In Russian).

11. Kazitsyn Yu. V., Rudnik V. A. Rukovodstvo k raschetu balansa veshchestva i vnutrenney energii pri formirovaniy metasomaticheskikh porod [Guide to the calculation of the balance of matter and internal energy in the formation of metasomatic rocks]. Moscow, Nedra, 1968, 364 p.

12. Kembriy Sibiri [Cambrian of Siberia]. Eds.: L. N. Repina, A. Yu. Rozanov. Novosibirsk, 1992, 135 p.

13. Kembriy Sibirskoy platformy. Kn. 1: Aldano-Lenskiy region [Cambrian of the Siberian platform. Book 1: Aldan-Lenskiy region]. Eds.: A. I. Varlamov, A.Yu. Rozanov, V. V. Khomentovskiy et al. Moscow, 2008, 298 p.

14. Kovalev K. R., Pertseva A. P., Buslenko A. I. Izotopnye issledovaniya v reshenii problem rudogeneza ozerninskogo rudnogo uzla [Isotope studies in solving the problems of ore genesis of the Ozerninsky ore cluster]. *Izotopnye issledovaniya protsessov rudoobrazovaniya*. Novosibirsk, 1991, pp. 56–83. (In Russian).

15. Konkin V. D., Donets A. I., Ruchkin G. V. Mineralogical-geochemical types and regional geological special characteristic of stratiform carbonate-hosted lead-zinc deposits. *National Geology*, 2018, no. 4, pp. 51–62. (In Russian).

16. Krainov S.R., Ryzhenko B.N., Cherkasova E.V. Geochemical prerequisites for the origin of subsurface chloride brines generating stratiform base-metal ore formations. *Geochemistry International*, 2005, no. 6, pp. 634–660. (In Russian).

17. Krainov S. R., Ryzhenko B. N., Cherkasova E. V. Hydrodynamic and geochemical conditions of the formation of stratiform Zn-Pb ore mineralization by chloride solutions. *Geochemistry International*, 2006, no. 4, pp. 298–425. (In Russian).

18. Kunts A. F. Gidrotermal'no-metasomaticheskoe rudoobrazovanie v karbonatnykh porodakh. Eksperimental'nye modeli i ikh prilozheniya [Hydrothermal-metasomatic ore formation in carbonate rocks. Experimental models and their applications]. Ekaterinburg, 2002, 334 p.

19. Kozlov G. A., Guzev V. E., Molchanov A. V., Terekhov A. V. Lithology and geochemistry of the Early Cambrian carbonate deposits in the SE Anabar-Sin region, the Republic of Sakha (Yakutia), and their implication to stratiform Pb-Zn mineralization. *Regional Geology and Metallogeny*, 2021, no. 86, pp. 31–44. (In Russian).

20. Lebedev L. M., Nikitina I. B. Osobennosti khimicheskogo sostava i rudonosnykh gidroterm Chelenkena [Peculiarities of the chemical composition and ore-bearing hydrotherms of Chelenken]. *Doklady Earth Sciences*, 1968, vol. 183, no. 2, pp. 439–442. (In Russian).

21. Levashov K. K. Srednepaleozoyskaya riftovaya sistema vostochnykh Sibirskoy platformy [Middle Paleozoic rift system in the east of the Siberian platform]. *Sovetskaya geologiya*, 1975, no. 10, pp. 49–58. (In Russian).

22. Masaytis V. L., Mikhaylov M. V., Selivanovskaya T. V. Vulkanizm i tektonika Patomsko-Vilyuyskogo srednepaleozoyskogo avlakogena [Volcanism and tectonics of the Patom-Vilyui Middle Paleozoic aulacogen]. Mosciw, Nedra, 1975, 183 p.

23. Metasomatizm i metasomaticheskie porody [Metasomatism and metasomatic rocks]. Ex. eds. V. A. Zharikov, V. L. Rusinov. Moscow, Nauchnyy mir, 1998, 492 p.

24. Plyushchev E. V., Ushakov O. P., Shatov V. V., Belyaev G. M. Metodika izucheniya gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy [Methods of studying hydrothermal-metasomatic formations]. Leningrad, Nedra, 1981, 262 p.

25. Plyushchev E. V., Shatov V. V. Geokhimiya i rudonost' gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy [Geochemistry and ore content of hydrothermal-metasomatic formations]. Leningrad, Nedra, 1985, 247 p.

26. Plyushchev E. V., Shatov V. V., Kashin S. V. Metallogeniya gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy [Metallogeny of hydrothermal-metasomatic formations]. St. Petersburg, 2012, 559 p.

27. Ponomarev V. G., Vostroknutov E. P., Akimtsev V. A. Ekspertnaya Sistema – instrument prognozirovaniya stratiformnogo polimetallicheseskogo orudneniya [Expert system – a tool for forecasting stratiform polymetallic mineralization]. Novosibirsk, 1991, 119 p.
28. Gorzhevskiy D. I., Konkin V. D., Donets A. I., Kuznetsov V. V., Solov'ev E. B. Printsipy i metody postroeniya geologo-geneticheskikh modeley stratiformnykh svintsovo-tsinkovykh mestorozhdeniy v karbonatnykh i terrigennykh formatsiyakh [Principles and methods of constructing geological and genetic models of stratiform lead-zinc deposits in carbonate and terrigenous formations]. *Geologo-geneticheskie modeli stratiformnykh mestorozhdeniy svintsa i tsinka*. Novosibirsk, 1991, pp. 5–41. (In Russian).
29. Kozlov G. A., Terekhov A. V., Guzev V. E., Solov'ev O. L., Khorokhorina E. I., Svetlova Yu. L. Rudno-formatsionnaya priнадлеzhnost' Pb-Zn-Mn orudneniya v rannekembriyskikh karbonatnykh otlozheniyakh Sinsko-Botomskoy strukturno-formatsionnoy zony, Respublika Sakha (Yakutiya) [Ore-formational affiliation of Pb-Zn-Mn mineralization in the Early Cambrian carbonate deposits of the Sinsko-Botom structural formation zone, Republic of Sakha (Yakutia)]. *Mineral'naya baza almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov – ot prognoza k dobyche: Sbornik tezisev dokladov II Molodezhnoy nauchno-obrazovatel'noy konferentsii*. Moscow, 2021, pp. 77–78. (In Russian).
30. Ruchkin G. V., Donets A. I. Stratiformnye svintsovo-tsinkovyе mestorozhdeniya v karbonatnykh tolshchakh [Stratiform lead-zinc deposits in carbonate strata]. Moscow, 2002, 124 p.
31. Shabanov Yu. Ya. (ed.) Stratigrafiya neftegazonosnykh basseynov Sibiri. Kembriy Sibirskoy platformy. V 2 t. Vol. 1: Stratigrafiya [Stratigraphy of Siberian oil and gas basins. Cambrian of the Siberian platform. In 2 volumes. Vol. 1: Stratigraphy]. Novosibirsk, 2016, 497 p.
32. Ponomarev V. G., Davydov Yu. V., T'shinskiy A. A. et al. Stratiformnye svintsovo-tsinkovyе mestorozhdeniya v otlozheniyakh venda Yugo-Vostochnoy Yakutii [Stratiform lead-zinc deposits in the Vendian deposits of Southeastern Yakutia]. Novosibirsk, Nauka, 1979, 232 p.
33. Skripchenko N. S. Gidrotermal'no-osadochnye polimetallicheskie rudy izvestkovo-slantsevykh formatsiy [Hydrothermal-sedimentary polymetallic ores of lime-shale formations]. Moscow, Nedra, 1980, 215 p.
34. Parfenov L. M., Kuz'min M. I. et al. Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Sakha (Yakutiya) [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)]. Moscow, 2001, 571 p.
35. Khenor D. Gidrotermal'nye flyuidy osadochnogo genezisa [Hydrothermal fluids of sedimentary genesis]. *Geokhimiya gidrotermal'nykh rudnykh mestorozhdeniy*. Moscow, Mir, 1982, pp. 122–147. (In Russian).
36. Shirobokova T. I. Stratiformnoe, polimetallichesкое i baritovoe orudnenie Urala [Stratiform, polymetallic and barite mineralization of the Urals]. Sverdlovsk, 1992, 140 p.
37. Leach L. D., Taylor R. D., Fey D. L., Diehl S. F., Saltus R. W. *A deposit model for Mississippi Valley-type lead-zinc ores*. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey, 2010. 64 p.
38. White D. Environment of generation of some base metal ore deposits. *Economic Geology*, 1968, vol. 63, no. 4, pp. 301–335.

Козлов Глеб Александрович – аспирант, геолог, ВСЕГЕИ¹. <Gleb_Kozlov@vsegei.ru>

Кашин Сергей Васильевич – канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <sergey_kashin@vsegei.ru>

Гузов Владислав Евгеньевич – инженер, ВСЕГЕИ¹. <Vladislav_Guzev@vsegei.ru>; аспирант, Санкт-Петербургский горный университет (СПГУ). 21-я линия, Васильевский остров, д. 2, Санкт-Петербург, Россия, 199106. <s195007@stud.spmi.ru>

Молчанов Анатолий Васильевич – доктор геол.-минерал. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ¹. <Anatoly_Molchanov@vsegei.ru>

Терехов Артем Валерьевич – канд. геол.-минерал. наук, зам. зав. отделом, ВСЕГЕИ¹. <Artem_Terekhov@vsegei>

Kozlov Gleb Aleksandrovich – Ph. D. Student, Geologist, VSEGEI¹. <Gleb_Kozlov@vsegei.ru>

Kashin Sergey Vasil'evich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI¹. <sergey_kashin@vsegei.ru>

Guzev Vladislav Evgen'evich – Geologist, VSEGEI¹. <Vladislav_Guzev@vsegei.ru>; Ph. D. Student, Saint-Petersburg Mining University (SPMU). 21st Line, St. Petersburg, Russia, 199106. <s195007@stud.spmi.ru>

Molchanov Anatoly Vasilyevich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department, VSEGEI¹. <Anatoly_Molchanov@vsegei.ru>

Terekhov Artem Valerievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Head of the Department, VSEGEI¹. <Artem_Terekhov@vsegei>

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

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

Картирование интрузивных массивов северной части Балыгычано-Сугойского прогиба (Магаданская область) по геофизическим данным

На основе материалов комплексной аэрогеофизической съемки (магнитометрия, гамма-спектрометрия) масштаба 1 : 50 000 представлена методика приемов обработки и интерпретации полученных данных для целей картирования интрузивных массивов на примере северной части Балыгычано-Сугойского прогиба. Уточнены контуры известных массивов, впервые выделены неосвоенные гранитоидные образования, а также серия даек и малых интрузий. По результатам объемного моделирования и классификации потенциальных полей изучено глубинное строение массивов. Разделены интрузивные образования по геофизическим данным, отражающим различные петрофизические свойства пород. Массивы классифицированы по комплексам, каждый из которых является перспективным на золото-серебряное и оловянное оруденение.

Ключевые слова: картирование, интрузивный массив, Балыгычано-Сугойский прогиб, аномалии геофизических полей, петрофизическое моделирование.

R. A. LEDENSKIY (VSEGEI NORILSK BRANCH)

Mapping of intrusive massifs in the northern part of the Balygychan-Sugoi Trough (Magadan Region) based on geophysical data

The article presents methods of processing and interpreting materials of the integrated airborne geophysical survey (magnetometry, gamma-spectrometry) at a scale of 1:50,000 for mapping intrusive massifs as exemplified in the northern part of the Balygychan-Sugoi Trough. The author specified contours of known massifs, for the first time identified unexplored granitoid formations, as well as a series of dikes and minor intrusions. The presented results of modeling and classification of potential geophysical fields allowed exploring the deep structure of the massifs. Geophysical data indicating different petrophysical properties of rocks helped to divide intrusive formations. The article classified the massifs by complexes, each of which is promising for gold, silver, and tin mineralization.

Keywords: mapping, intrusive massif, Balygychan-Sugoi Trough, anomalies of geophysical fields, petrophysical modeling.

Для цитирования: Леденгский Р. А. Картирование интрузивных массивов северной части Балыгычано-Сугойского прогиба (Магаданская область) по геофизическим данным // Региональная геология и металлогения. — 2021. — № 88. — С. 84–98. DOI: 10.52349/0869-7892_2021_88_84-98

Введение. Аэрогеофизические исследования, представляющие собой совокупность современных аппаратно-технических и научно-методических разработок, являются эффективным способом для решения широкого круга геологических задач.

Результат аэрогеофизической съемки — создание структурированного банка цифровых материалов, включающего базу данных сводных моделей физических полей, соответствующих карт и разрезов. Геофизические материалы составляют основу для уточнения и повышения качества геологической карты, способствуют решению задач как геологического картирования, так и прогноза оруденения различных типов. При этом важное значение имеет картирование интрузивных образований, с которыми пространственно и генетически могут быть связаны месторождения и проявления полезных ископаемых. Поэтому аэрогеофизические исследования находят широ-

кое применение на различных этапах геологоразведочного процесса.

В 2017 г. Норильским филиалом ВСЕГЕИ для создания геофизической основы (ГФО-200) и обеспечения геологического доизучения площадей масштаба 1:200 000 (ГДП-200) проведена комплексная аэрогеофизическая съемка масштаба 1:50 000, охватывающая листы Р-56-V, VI, расположенные в северной части Балыгычано-Сугойского прогиба (Балыгычанская площадь, Магаданская область) (рис. 1).

Центральная структура площади — Балыгычано-Сугойский орогенный прогиб Яно-Колымской складчатой системы — состоит из двух мульд: Нягаинской на севере и Омсукчанской на юге. Эта структура располагается между Сугойским синклинием, сложенным юрскими толщами и западной краевой частью Хетагчанского поднятия. Прогиб выполнен нижнемеловыми вулканогенно-осадочными отложениями, заложен по

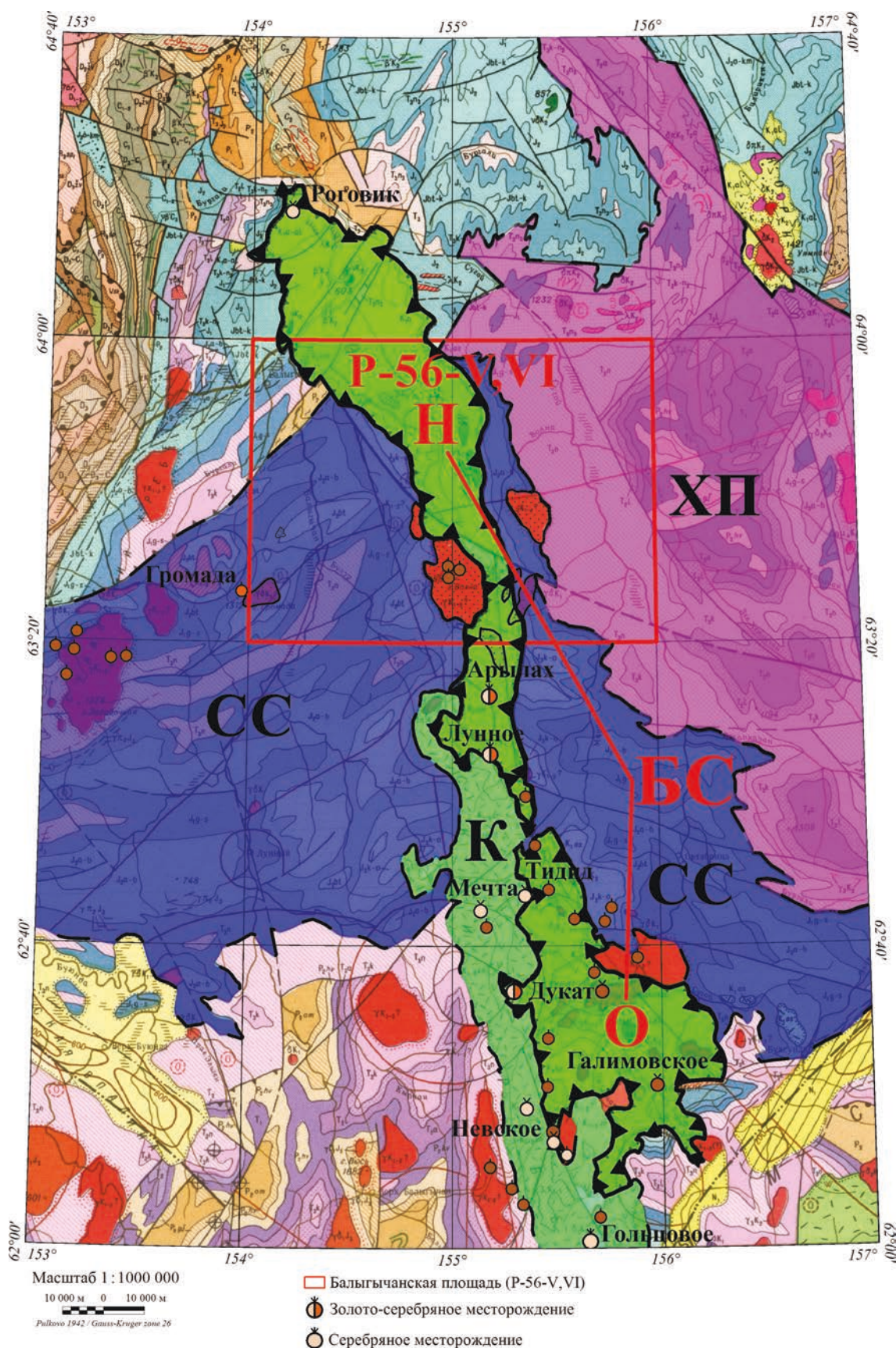


Рис. 1. Бальгынчано-Сугойский прогиб в пределах ГГК/1000 Q-56–57, P-56–57

Структурные элементы: БС – Бальгынчано-Сугойский прогиб, Н – Нягаинская мулда, О – Омсукчанская мулда, ХП – Хетагчанское поднятие, СС – Сугойский синклиниорий, К – Кэнская лавовая полоса

Омсукчанскому глубинному разлому фундамента складчатой системы и насыщен многочисленными гранитоидными телами. На юге прогиб тесно смыкается с Охотско-Чукотским вулканогенным поясом и рассматривается в качестве его ответвления. В пределах прогиба размещаются золото-серебряное (месторождения Дукат, Мечта, Тидит, Лунное, Арылах, Гольцовое), оловянное (месторождения Невское, Галимовское, Труд, Джагын) и медно-молибденовое оруденения (рис. 1) [3].

Геологическое строение северной части Балыгычано-Сугойского прогиба в пределах Балыгычанской площади (листы Р-56-V, VI) представлено стратифицированными осадочными и магматическими образованиями от перми до современной эпохи (рис. 2). Пермские, триасовые и юрские отложения составляют верхоянский терригенный комплекс, меловые образования сложены интрузивными породами, вулканогенными и вулканогенно-осадочными отложениями. Согласно Государственной геологической

карте масштаба 1:200 000 (ГГК-200) первого поколения, интрузивные образования площади представлены ранне-позднемеловым *быстринским* плутоническим диорит-гранодиоритовым и позднемеловым *омсукчанским* плутоническим лейкогранитовым комплексами [6; 7].

К быстринскому комплексу отнесены небольшие массивы Нягаинский, Кобзарь, Светлинский, Громадинский и Нижненский. В их составе преобладают гранодиориты, диориты, менее распространены габбро и граниты. В экзоконтактах и среди роговиков рассматриваемых массивов широко распространены кварцевые, сульфидно-кварцевые жилы и прожилки, содержащие повышенные концентрации золота, серебра, свинца, цинка, сурьмы, олова, мышьяка, вольфрама. К северо-восточной части Громадинского массива приурочено малое золото-серебряное месторождение Громада, расположенное на соседнем с запада листе (Р-56-IV) (рис. 1) [5].

Отметим, что Светлинский массив имеет продолжение на сопредельном с юга листе (Р-56-XII)

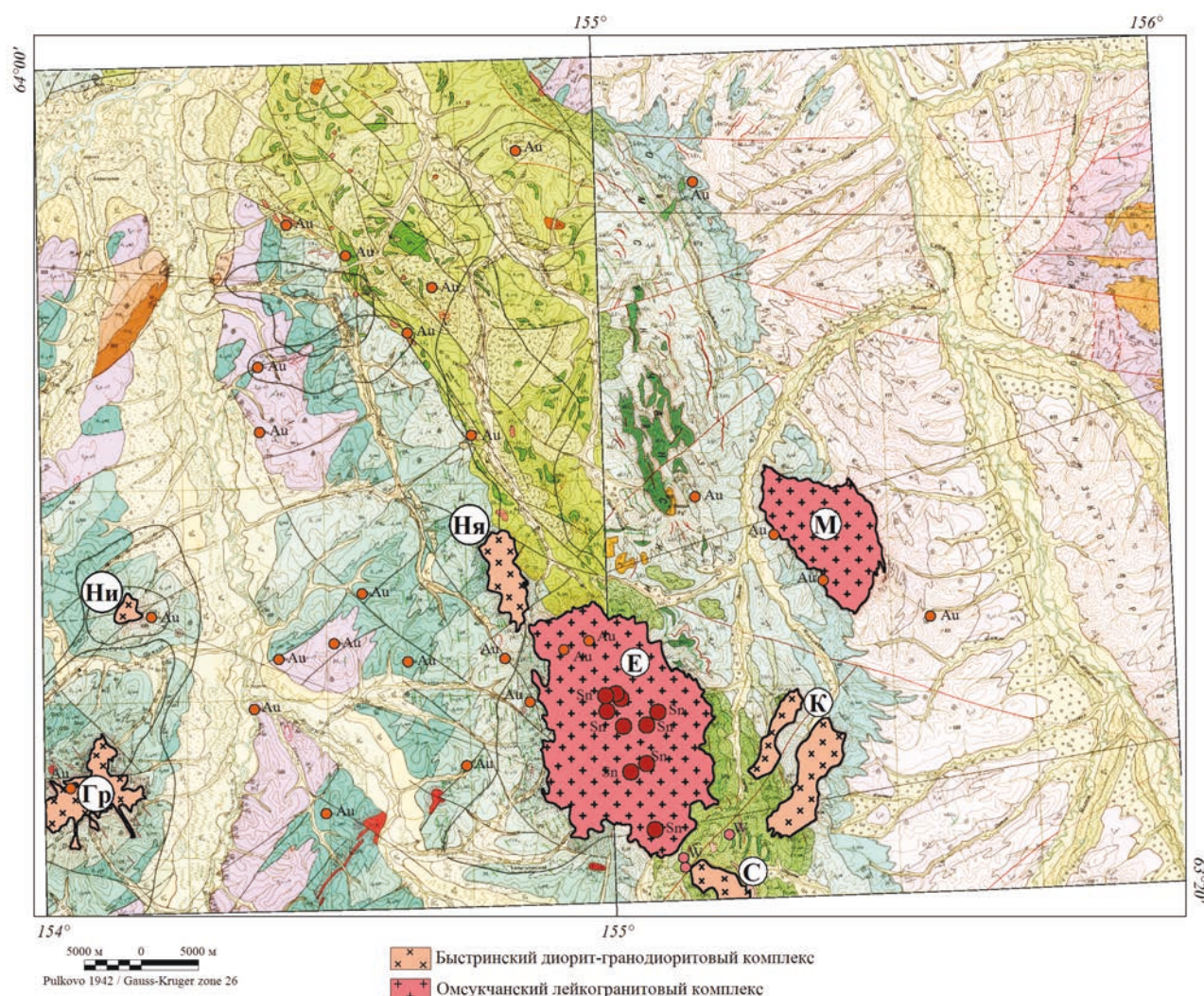


Рис. 2. Балыгычано-Сугойский прогиб в пределах ГГК-200/1 Р-56-V, VI

Обозначения интрузивных массивов: Ни – Нижненский, Ня – Нягаинский, М – Марат, Гр – Громадинский, Е – Егорлыкский, К – Кобзарь, С – Светлинский

и, согласно ГГК-200 второго поколения, относится к *наяханскому* габбро-лейкогранитовому комплексу. С гранитоидами этого комплекса связаны жилы с золото-серебряной, золото-кобальтовой и молибденовой минерализацией. Одним из ярких примеров таких гранитоидов является Арылахский интрузив *наяханского* комплекса, находящийся в 15 км южнее Балыгычанской площади в пределах Арылахского золото-серебрудного узла. В восточной части этого интрузива, в его экзоконтактовой зоне, закартированы сереброносные кварцевые и кварц-сульфидные жилы золото-серебряного месторождения Арылах (рис. 1) [8].

Омсулчанский комплекс распространен преимущественно в пределах Балыгычано-Сугойского прогиба и его обрамления, где объединяет массивы Егорлыкский и Марат. В пределах Егорлыкского массива широко распространены кварц-турмалиновые, касситерит-турмалин-кварцевые, хлорит-кварцевые жилы, содержащие оловянное оруденение. Представленные на площади коренные и россыпные малые промышленные месторождения олова обнаруживают тесную пространственную и, вероятно, парагенетическую связь с массивом (рис. 2) [6; 7].

В целом Балыгычанская площадь, согласно минералогическому районированию ГГК-1000/3,

включена в Балыгычано-Сугойскую (Ag, Au, Sn) и Сеймчанскую (Sn, Au, Ag, Co) минералогические зоны и характеризуется наличием месторождений олова, рудопроявлений золота и серебра, которые приурочены к экзоконтактовым и апикальным частям интрузивных массивов различных комплексов. Поэтому можно предположить, что интрузивы в зависимости от принадлежности к тому или иному комплексу могут быть рудовмещающими для соответствующего типа рудной минерализации, например *быстринский* и *наяханский* — к золото-серебряной, а *омсулчанский* — к оловянной [3].

Аэрогеофизическая (аэромагнитная, аэрогамма-спектрометрическая) съемка на Балыгычанской площади выполнена на вертолете Eurocopter AS350 с применением комплекса, включающего аэромагнитометр с квантовым цезиевым датчиком и частотой регистрации 100 Гц; аэрогамма-спектрометр объемом детектора 32 л; систему спутниковой навигации. Аэросъемка проведена с детальным огибанием рельефа при средней скорости 170 км/час и средней высоте полета 50 м. Обработка геофизического материала выполнена с применением программного обеспечения Oasis montaj (Geosoft). С целью локализации приповерхностных геологических объектов выполнены

Таблица 1

Характеристика массивов Балыгычанской площади по геофизическим данным

Интрузивные массивы	Геофизические характеристики		
	Гравитационное поле	Аномальное магнитное поле	Радиогеохимические поля
Громадинский, Нижненский (K ₁ ; граниты, гранодиориты, гранодиорит-порфиры)	Площадные отрицательные аномалии –10...–15 мГал. Площадные отрицательные аномалии локальной составляющей 0...–3 мГал	Площадные слабоинтенсивные отрицательные аномалии 0...–300 нТл. Высокоинтенсивные положительные аномалии контактового ореола до 500 нТл. Знакопеременные аномалии локальной составляющей –200...100 нТл	Повышенные значения гамма-поля (ТС 15–26 мкР/ч, Th 10–20 г/т, К 2–5 %, U 2–6 г/т)
Егорлыкский, Марат (K ₂ ; лейкограниты, граниты)	Площадные отрицательные аномалии –10...–30 мГал. Площадные отрицательные аномалии локальной составляющей 0...–4 мГал. В обрамлении аномалии с наибольшими значениями локальной составляющей 1,5–2 мГал	Площадные слабоинтенсивные отрицательные аномалии 0...–150 нТл. Егорлыкский массив – высокоинтенсивные отрицательные аномалии контактового ореола до –400 нТл. Марат – положительные аномалии контактового ореола до 400 нТл. Знакопеременные аномалии локальной составляющей –100...100 нТл	Высокие значения гамма-поля (ТС 20–42 мкР/ч, Th 15–40 г/т, К 4–6 %, U 4 г/т)
Нягаинский; Кобзарь; Светлинский (K ₂ ; граниты, гранодиориты)	Отрицательные аномалии –5...–15 мГал. Положительные аномалии локальной составляющей 0–2 мГал	Площадные высокоинтенсивные положительные аномалии 50–1400 нТл. Высокоинтенсивные положительные аномалии контактового ореола до 800 нТл. Знакопеременные аномалии локальной составляющей 700...–200 нТл к периферии	Средние значения гамма-поля (ТС 10–20 мкР/ч, Th 8–14 г/т, К 2–4 %, U 2–4 г/т)
Надінтрузивная зона массивов Гурзуф, Нарзан (?; диоритовые порфиры, кварцевые диориты)	Аномалии локальной составляющей от 1 в центре до –0,5 мГал к периферии	Площадные высокоинтенсивные положительные аномалии 100–1000 нТл. Знакопеременные аномалии локальной составляющей 800...–100 нТл к периферии	Средние значения гамма-поля (ТС 10–14 мкР/ч, Th 7–9 г/т, К 2–3 %, U 2–3 г/т)

расчеты локальной составляющей аномального магнитного и гравитационного полей. С целью расчета локальной составляющей применен фильтр Гаусса с длиной волны 5000 м для магнитного и 16000 м – гравитационного полей. Эти волновые числа соответствуют переходу от отображения глубинных источников к приповерхностным. Кроме того, для уточнения контактов и контуров интрузивных массивов использовались различные трансформанты магнитного поля.

Комплексная интерпретация полученных геофизических полей и их трансформант позволила достаточно уверенно картировать магматические породы с выделением нескрытых образований и уточнением контуров известных интрузивов (табл. 1, рис. 3). Так, например, в гравитационном поле площадными отрицательными аномалиями отчетливо выделяются массивы Егорлыкский, Марат (*омсукчанский* комплекс) и Громадинский, Нижненский (*быстринский* комплекс) (рис. 3, А).

В магнитном поле плутонам Егорлыкский и Марат свойственны площадные слабоинтен-

сивные отрицательные аномалии в обрамлении высокоинтенсивных магнитных аномалий экзо-контактовых изменений (рис. 3, Б, Г).

Громадинский и Нижненский массивы маркируются областями слабоинтенсивного отрицательного магнитного поля в обрамлении высокоинтенсивных положительных магнитных аномалий, совпадающих с зоной ороговикования. Эти зоны отстоят от границ массивов на 500–1000 м шириной до 3 км (рис. 3, Б, Г).

Сопряженная с небольшим выходом гранодиорит-порфиров Нижненского штока локальная отрицательная аномалия силы тяжести вытянута в широтном направлении и простирается к востоку за пределы массива. В восточной части контура этой гравиметрической аномалии и в магнитном поле выделяется аналогичная структура, которая интерпретируется как апофиз общего интрузивного тела. Восточный шток перекрыт терригенными мезозойскими отложениями и четвертичными образованиями р. Балыгычан, мощность которых оценивается в первые десятки метров [6].

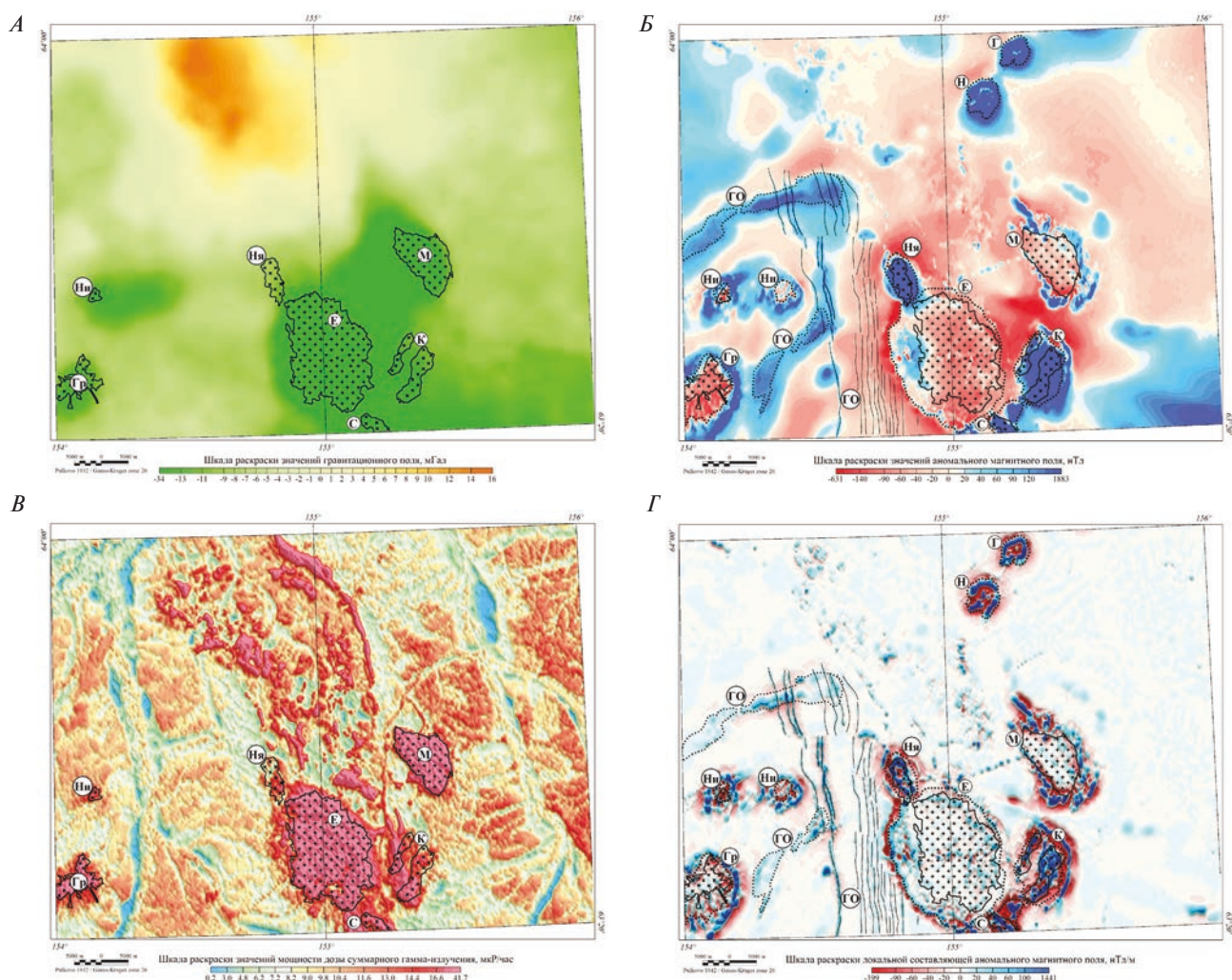


Рис. 3. Геофизические поля Балыгычанской площади

Карта поля силы тяжести (А), аномального магнитного поля (Б), мощности дозы суммарного гамма-излучения (В), локальной составляющей магнитного поля (Г). Пунктиром выделены уточненные границы интрузивных и гипабиссальных образований. Обозначения интрузивных образований: Г – Гурзуф, Н – Нарзан, ГО – гипабиссальные образования основного-среднего составов. Ост. обозн. интрузивных образований см. на рис. 2

Размеры Громадинского и Нижненского массивов, картируемые под перекрывающими отложениями, только по геофизическим данным, расширены в 2,5 раза — с 36 до 93 км² (рис. 3, Б, Л).

По ярко выраженным площадным высокоинтенсивным положительным аномалиям магнитного поля до 1400 нТл выделяются интрузивные массивы Нягаинский, Кобзарь и Светлинский (рис. 3, Б). Массивы обрамляются контрастными субколяцевыми положительными магнитными аномалиями контактовых роговиков (рис. 3, Л), которые могут иметь рудоконтролирующую роль для золото-серебряного оруденения [13; 20].

Методика проведения съемки и высокая разрешающая способность аэромагнитометра позволили впервые выделить в западной части площади по многочисленным линейным сближенным локальным положительным магнитным аномалиям субвертикальные дайки предположительно основного состава мощностью до 100 м. Эти гипабиссальные тела, совпадая с простираем Балыгычано-Сугойского прогиба, занимают секущее положение по отношению к общей структуре мезозойских отложений и, по-видимому, внедрялись в оперяющие трещинные зоны Омсукчанского разлома (рис. 3, Л). К западу от даек, субсогласно складчатости, прослежены гипабиссальные образования. Изучаемые малые интрузии, вероятно, среднего состава характеризуются протяженными областями положительного слабодифференцированного магнитного поля (рис. 3, Б). Положение магнитных аномалий позволило впервые выделить малые интрузивные тела основного-среднего состава.

По материалам гамма-спектрометрии, средними значениями радиоактивности обладают массивы Нягаинский, Кобзарь и Светлинский. Массивы Громадинский и Нижненский характеризуются повышенным уровнем радиоактивности. Наиболее контрастно в гамма-спектрометрических полях выделяются массивы Егорлыкский и Марат — высокими значениями до 42 мкР/ч (рис. 3, В).

На основании представленных геологических и геофизических характеристик пород (табл. 1), весьма вероятно, что массивы Нягаинский, Кобзарь и Светлинский могут быть отнесены к *наяханскому* габбро-лейкогранитовому комплексу [6–8].

Подобно высокомагнитным массивам *наяханского* комплекса, в северной части Балыгычанской площади выделяются две похожие высокоинтенсивные концентрически-зональные магнитные аномалии до 1000 нТл (рис. 3, Б, Л). Они интерпретируются как зоны надинтрузивных изменений (контактные роговики) нескрытых флангов интрузивных массивов — Гурзуф и Нарзан. Массивы сопряжены с локальными положительными аномалиями силы тяжести (табл. 1).

На ГГК-200 первого поколения в пределах указанных аномалий локализируются выходы позднемеловых малых интрузий и даек среднего состава. В пределах северо-восточной магнитной

аномалии расположены дайки кварцевых диоритов, диоритовых порфиритов и гранодиорит-порфиров, служащие индикатором интрузивного процесса [7]. По всей видимости, повышенные значения магнитного поля свидетельствуют о наличии диоритового интрузива Гурзуф на глубине около 100 м по результатам моделирования (программный модуль PotenQ, Geosoft).

Согласно геологической карте, в пределах юго-западной магнитной аномалии диоритовые порфириты слагают дайки, а кварцевые диориты — два небольших штока [7]. Штоки характеризуются значительными контактными изменениями (ороговикование, окварцевание, биотит, хлоритизация) и представляют собой, по-видимому, апикальные выступы более крупного интрузива Нарзан, залегающего на глубине до 50 м. В экзоконтакте северо-восточного штока располагается жильное рудопроявление золота до 0,8 г/т.

За пределами листа, на северо-восточном продолжении по линии этих массивов, в контуре локальной положительной гравиметрической аномалии и в непосредственной близости от границы листа выделяются аналогичные массивы Рок и Флагман, относящиеся к *наяханскому* комплексу (Q-56 ГГК-1000/3). При составлении ГГК-1000 третьего поколения листа Q-56 возраст массива Флагман, прорывающий верхнетриасовые отложения, определен как позднемеловой: $86,6 \pm 1,1$ и 84 ± 2 млн лет. Массивы характеризуются аномалиями магнитного поля, схожими по форме и амплитуде с магнитными аномалиями, маркирующими как интрузивы Гурзуф и Нарзан, так и Нягаинский, Кобзарь и Светлинский [4; 9]. Это дает основание предположительно отнести интрузивы Гурзуф и Нарзан к *наяханскому* комплексу.

Таким образом, материалы магнитного и гамма-спектрометрического методов позволили уточнить контуры известных интрузивных массивов, площадь нескрытой части которых, по данным геологической карты первого поколения, увеличена почти на 30 % от выхода на дневную поверхность. Выдвинуты предположения о возможной принадлежности интрузивов к разным комплексам, правомерность которых необходимо подтвердить (рис. 4).

Для характеристики глубинного строения интрузивных массивов Балыгычанской площади выполнено объемное моделирование магнитного и гравитационного полей по разрезам, заложенным через все интрузивные массивы площади (рис. 4).

Петрофизическое моделирование выполнено по методике Норильского филиала ВСЕГЕИ с помощью послойного разделения гравитационного и магнитного полей на основе анализа величины и направления векторов их горизонтальных градиентов. При этом методически обоснованным является приведение магнитного поля к функциональному виду гравитационного поля путем его пересчета в магнитный потенциал,

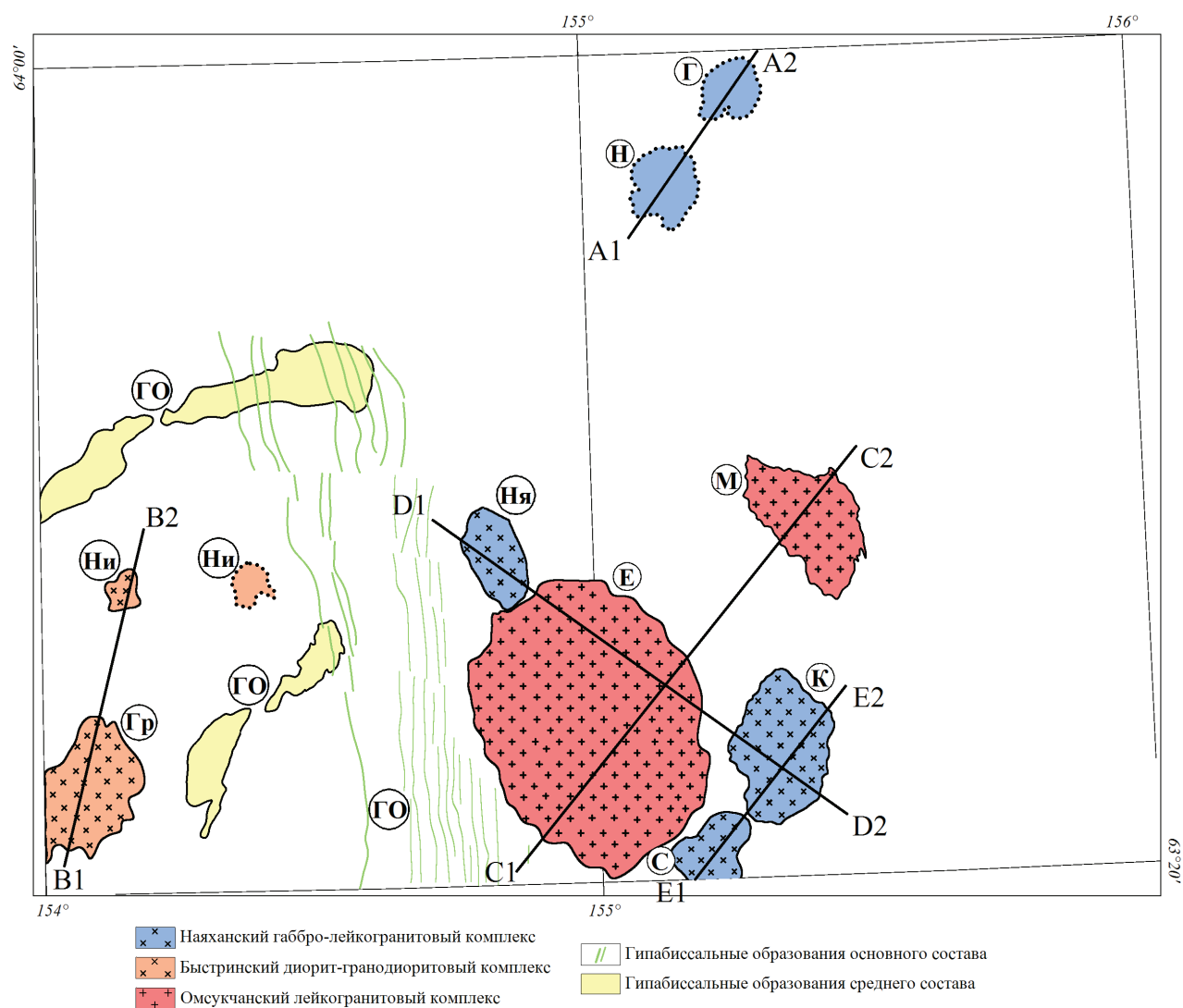


Рис. 4. Уточненные контуры магматических образований Балыгчанской площади с линиями разрезов петрофизического моделирования

Усл. обозн. см. на рис. 3

что позволяет для трансформации обоих полей использовать одинаковые частотные интервалы. Вычисленные значения горизонтальных градиентов для гравитационного поля и магнитного потенциала раскладывались на серию разностотных составляющих. Из каждой составляющей методом интегрирования по горизонтальным осям вычислялись значения поля. После выполнения этой процедуры был получен набор остаточных полей, отражающих изменения эффективных магнитных и гравитационных параметров аномалообразующих объектов в горизонтальных слоях постоянной мощности на различных интервалах глубин. Структура поля каждой составляющей позволяет смоделировать положение магнитных и плотностных контактных поверхностей, отождествляемых с границами геологических объектов. Построение контактных поверхностей произведено путем вычисления пространственных координат сингулярных источников с помощью деконволюции Эйлера — алгоритма, позволяюще

го вычислять координаты и глубину положения особой точки поля через значения частных производных по координатным осям. Анализ расположения особых точек потенциальных полей позволил распределить магнитно-плотностные неоднородности в слоях переменной мощности и глубины залегания, а также оценить нижнюю границу их распространения [11].

В результате был образован трехмерный массив данных, позволивший получить представление о распределении плотностных и магнитных неоднородностей в нижнем полупространстве и провести петромагнитное моделирование по заданным линиям разрезов. Латеральные и вертикальные вариации магнитных и плотностных свойств среды можно отождествлять со структурными и вещественными изменениями глубинного геологического строения изучаемой территории (рис. 5, 6).

Дальнейшее преобразование разрезов заключалось в классифицировании магнитно-плотностных

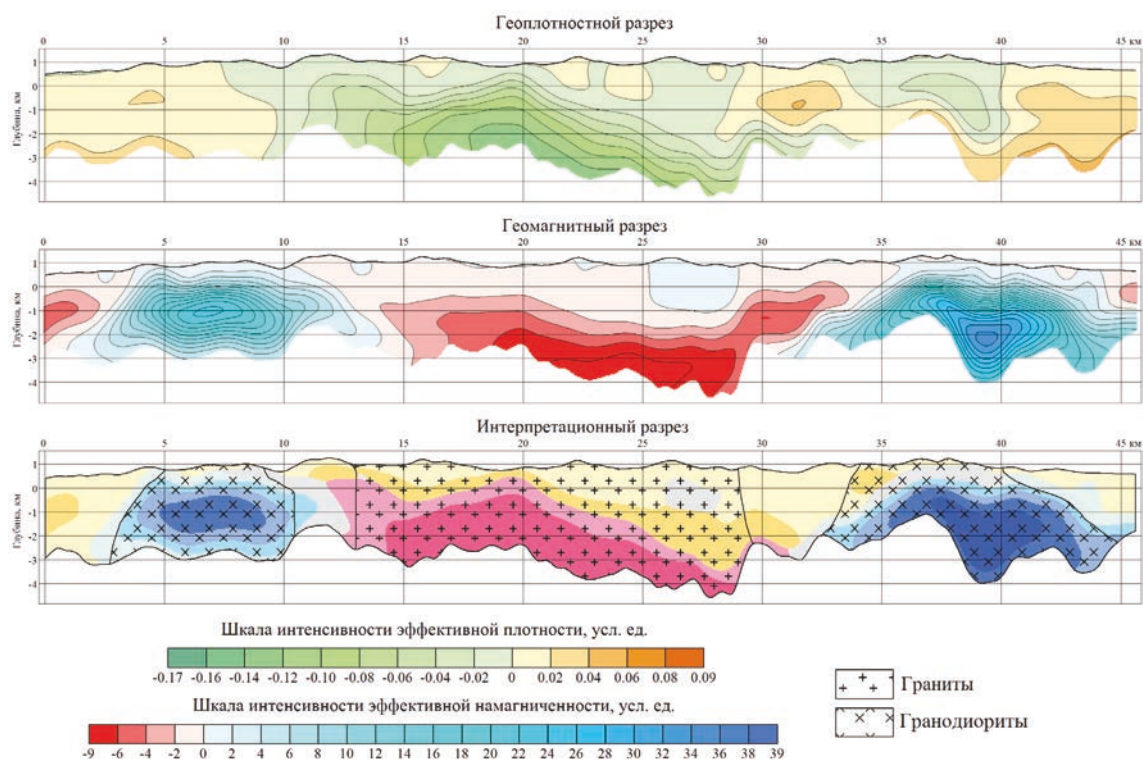


Рис. 5. Петрофизический разрез по линии D1–D2 (положение указано на рис. 4)

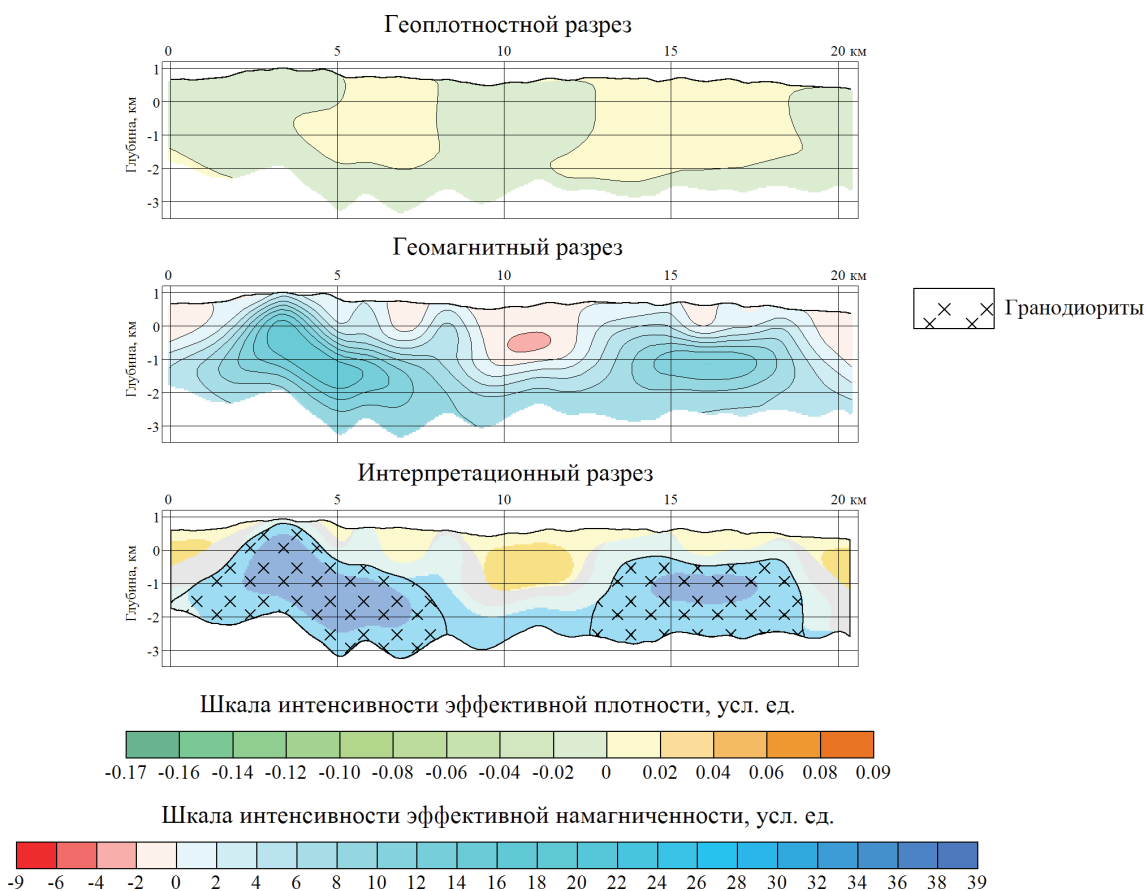
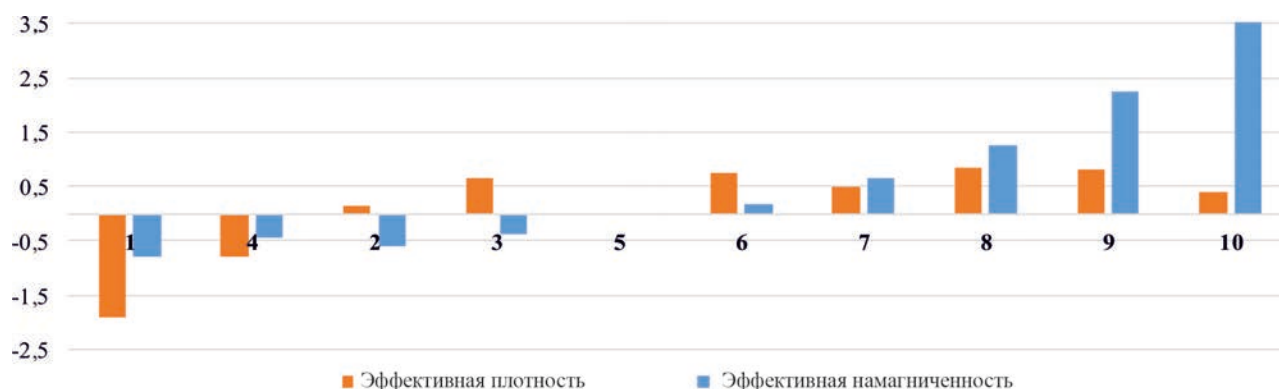


Рис. 6. Петрофизический разрез по линии A1–A2 (положение указано на рис. 4)

Распределение эффективных плотности и намагниченности по классам

Номер класса	Количество точек	Эффективная плотность		Эффективная намагниченность		Геологическая характеристика
		среднее	стандартное отклонение	среднее	стандартное отклонение	
1	36511	−0,0990	0,0213	−3,876	3,314	Гранитоиды, K ₁₋₂
4	29832	−0,0501	0,0133	−1,208	2,437	Контактово-измененные породы (зоны контактового ороговикования)
2	32279	−0,0110	0,0105	−2,290	2,315	Осадочные породы, J, T
3	67892	0,0112	0,0181	−0,582	1,300	Вулканогенно-осадочные породы, K ₁₋₂ ; терригенные отложения (KZ)
5	346808	−0,0166	0,0022	2,292	0,340	Фоновые значения; внешние части контактово-ороговикованных пород
6	13737	0,0159	0,0192	3,570	1,248	Контактово-измененные породы (зоны контактового ороговикования)
7	18172	0,0044	0,0160	7,585	1,280	Гранодиорит-порфиры, кварцевые диоритовые порфириты, K ₂
8	17963	0,0193	0,0225	12,211	1,812	Гранодиориты, K ₂
9	10364	0,0179	0,0186	20,047	2,495	Кварцевые диориты, K ₂
10	7582	0,0010	0,0189	30,330	3,763	Диориты, K ₂



неоднородностей и определении наиболее вероятной геологической характеристики выделяемых объектов. Классификация проведена с применением комплекса спектрально-корреляционного анализа «КОСКАД 3D» методом динамических сгущений (K-средних) на базе двух признаков — эффективных намагниченности и плотности [14; 15].

В результате классификации получены 10 классов, отражающих распределение зон, характеризующихся различными петрофизическими свойствами (табл. 2). Сопоставление результатов классификации с геологической информацией позволяет идентифицировать отдельные классы (или группы классов) с конкретными геологическими образованиями. Раскраска интерпретационных разрезов на рис. 5 и 6 соответствует цветам в табл. 2.

Класс 1 характеризуется аномально низкими магнито-плотностными свойствами и маркирует гранитоиды Егорлыкский и Марат (*омсукчан-*

ский комплекс), Громадинский и Нижненский (*быстринский* комплекс). Классы 4 и 5 обладают низкими значениями плотностных и средней величиной магнитных свойств и отождествляются с зонами контактово-измененных пород, связанными с массивами как *омсукчанского*, так и *быстринского* комплексов (рис. 5).

Классы 7–10 отличаются аномально высокими магнито-плотностными свойствами и интерпретируются как гранодиориты массивов Нягаинский, Кобзарь и Светлинский (*наяханский* комплекс), так и нескрытые гранодиориты интрузивов Гурзуф и Нарзан (рис. 5, 6).

Класс 6 имеет высокие значения плотностных и низкие — магнитных свойств и сопоставляется с зонами контактово-измененных пород, связанными с массивами 7–10 классов *наяханского* комплекса.

Классы 2 и 3 отмечаются повышенными плотностными признаками и низкими величинами магнитных свойств. Они отвечают полям распро-

странения мезозойских осадочных и карбонатных пород, меловых и современных терригенных отложений.

Петрофизические разрезы по другим линиям также соответствуют предложенной методике разделения интрузивных массивов. Так, в рамках одних классов находятся интрузивные массивы *быстринского* и *омсукчанского* комплексов. Другая группа классов представлена гранодиоритовыми массивами Нягаинский, Кобзарь, Светлинский, Гурзуф, Нарзан, предположительно представляющие один *наяханский* комплекс.

Исходя из этого можно заключить, что представленная методика петрофизического моделирования и классификации потенциальных полей позволила изучить глубинное строение интрузивных массивов и разделить их по комплексам.

Для дальнейшего изучения и дополнительно разделения гранитоидных образований проведен статистический анализ радиогеохимических полей гранитоидных интрузий. При анализе использовано положение о сохранении торий-

уранового отношения в пределах интрузивов одного комплекса, независимо от петрографических разновидностей слагающих его пород. Отношение тория к урану является хорошим показателем условий образования породы. Основная масса урана и тория накапливается к концу магматического процесса в остаточном расплаве, что значительно увеличивает радиоактивность пород от ранних дифференциатов к поздним. Независимо от содержаний тория и урана в системе гранодиорит – лейкогранит, величина их отношения постоянна и укладывается в пределах единой линейной зависимости [1; 18; 21].

Значения радиоактивных элементов были взяты по медианам содержаний урана и тория на участках выборки в пределах границ всех интрузивных массивов (рис. 7). Участки выборки представляют собой квадраты площадью 4 км², что соответствует 420-ти точкам. По каждому интрузивному массиву выбирался участок или несколько участков в областях спокойного неизрезанного гамма-поля и равномерного распределения содержаний урана и тория.

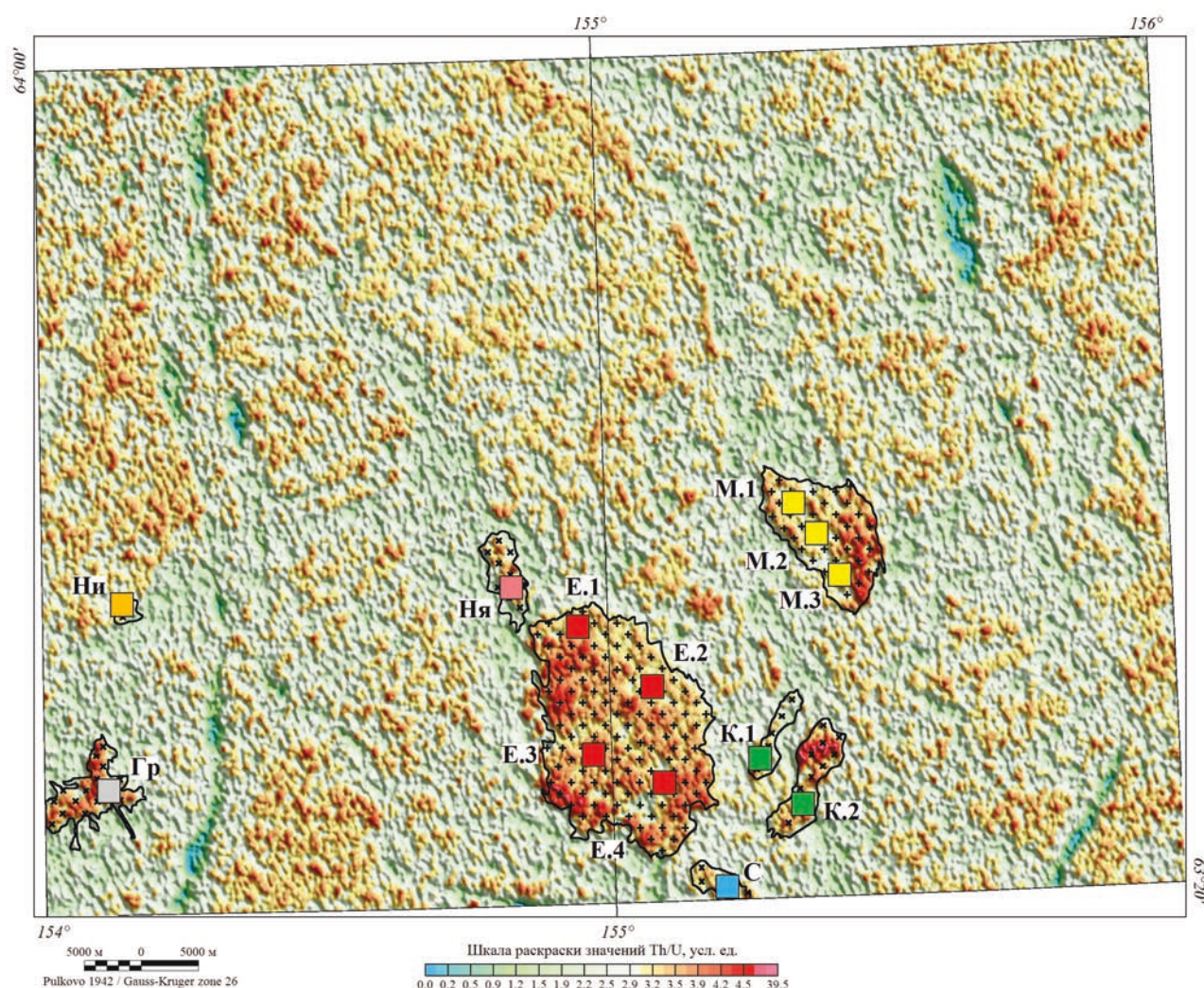


Рис. 7. Карта торий-уранового отношения Балыгчанской площади с расположением участков для статистического анализа

Усл. обозн. см. на рис. 2; М.1 – номера участков выборки

Наименьшие значения торий-уранового отношения (2.9) характерны для частично вскрытого гранодиоритового массива Нижненский; средние (около 3.3) относятся к гранодиоритовым массивам Нягаинский, Кобзарь, Светлинский и гранитным – Егорлыкский и Марат; максимальное

Таблица 3

Торий-урановое отношение интрузивных массивов

Интрузив	Номер участка выборки	Th/U	Медиана содержаний	
			U, г/т	Th, г/т
Нижненский	Ни	2,99	3,41	10,18
Марат	М.1	3,17	5,54	17,54
	М.2	3,05	6,34	19,33
	М.3	3,10	5,98	18,54
Светлинский	С	3,25	4,17	13,55
Егорлыкский	Е.1	3,24	6,03	19,57
	Е.2	3,20	6,95	22,23
	Е.3	3,49	4,95	17,26
	Е.4	3,41	5,47	18,66
Нягаинский	Ня	3,39	2,99	10,14
Кобзарь	К.1	3,21	3,89	12,48
	К.2	3,63	3,98	14,47
Громадинский	Гр	3,97	3,95	15,65

с ториевой доминантой (3.9) у Громадинского массива преимущественно гранодиоритового состава с центральной гранитной частью (табл. 3).

На рис. 8 представлена диаграмма распределения интрузивов по торий-урановому отношению, демонстрирующая их разделение на две группы, вероятно в зависимости от состава и основности пород. Первая группа имеет неупорядоченное распределение низких содержаний тория и урана и характеризуется средним гранодиоритовым составом. К этой группе относятся массивы Нягаинский, Нижненский, Кобзарь, Громадинский и Светлинский двух комплексов (*быстринский* и *наяханский*). Вторая группа обладает устойчивой линейной связью тория и урана и повышенными значениями их содержаний. Группа отражает только два интрузива Егорлыкский и Марат кислого гранитного состава, что подтверждает их принадлежность к одному *омсукчанскому* комплексу.

Равномерное увеличение содержаний элементов (накопление урана и тория) этих интрузивов может сообщать о неоднородности строения массивов, то есть как о нескольких фазах внедрения магматического расплава (интрузивной и жильной), так и нескольких фациях собственно интрузивной фазы (главной интрузивной и эндо-контактовой) [10]. Участок Е.3 располагается в центральной части интрузива Егорлыкский, а участки Е.4, Е.1 и Е.2 с более повышенными содержаниями тория и урана находятся в периферических частях массива, представляющих собой

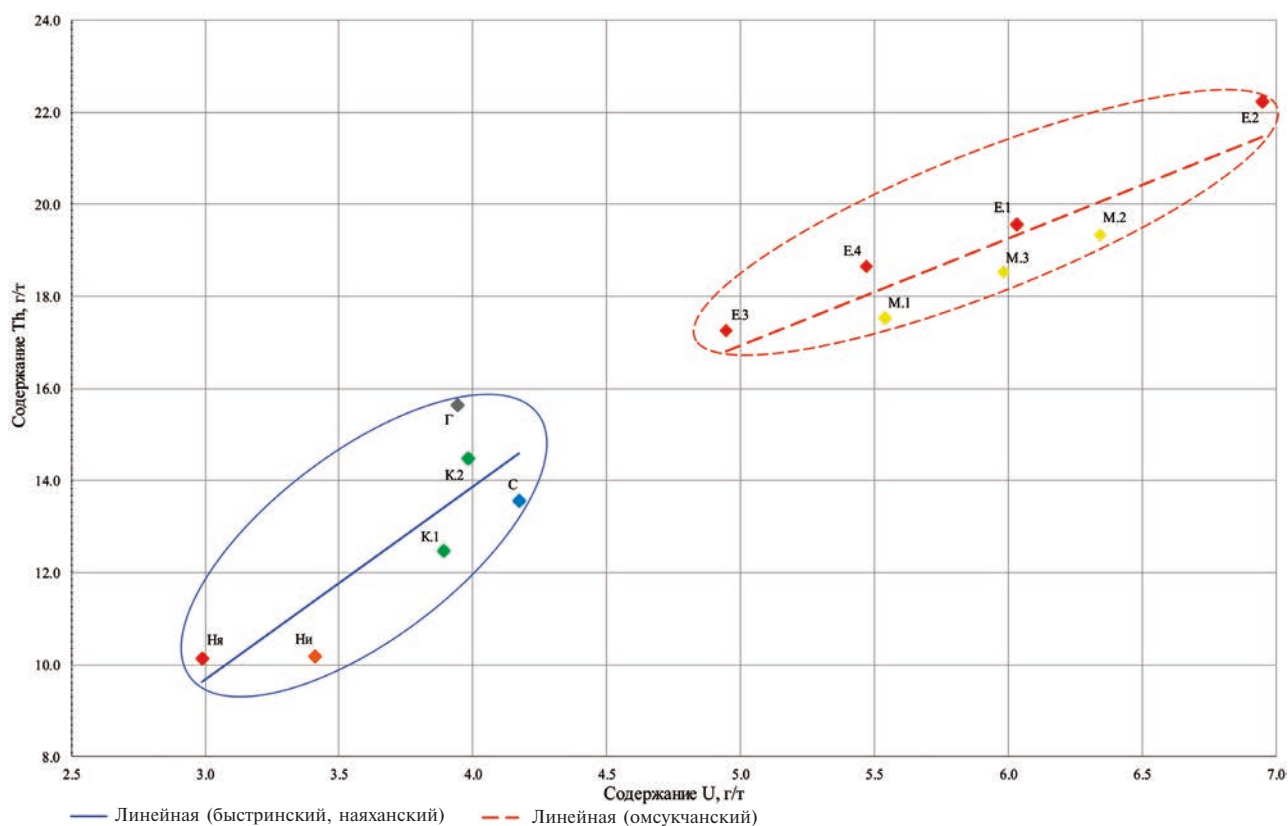


Рис. 8. Торий-урановое отношение интрузивов Балыгчанской площади

краевую мелкозернистую фацию гранитов-аляскитов с дайками аплитов. Согласно ГГК-200, в центральной части массива Марат (участок М.2 с более повышенными содержаниями тория и урана) отмечены пересечения среднезернистых гранитов мелкозернистыми. Различными авторами эти мелкозернистые граниты считаются либо продуктами второй фазы внедрения магмы, либо эндоконтактовой фацией аплитовых гранитов [7].

Для уточнения радиогеохимической специализации интрузивов выполнено вычисление надфоновых содержаний естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ) на основе оценки вклада каждого элемента в общую гамма-активность горных пород [22]. Для каждого естественного радиоактивного элемента с использованием соответствующего гамма-эквивалента определялось его надфоновое содержание. Полученные величины, центрированные и нормированные, объективно отображают радиогеохимическую специализацию геологических образований, независимо от ландшафтных условий. Сопоставление надфоновых содержаний ЕРЭ реализовано путем качественной классификации территории по уровню избытка или дефицита одного из трех элементов и позволяет определить радиогеохимическую специализацию горных пород (рис. 9) [12].

Практически все интрузивы, расположенные на Балыгычанской площади: Громадинский, Нижненский, Марат, Нягаинский, Кобзарь, Светлинский — характеризуются преимущественно торий-калиевой, калиевой и в меньшей степени уран-калиевой радиогеохимическими специализациями пород, вероятно связанными с мощны-

ми зонами калиевого метасоматоза. Центральная часть Егорлыкского интрузива также имеет преимущественно калиевую и торий-калиевую доминанты, свойственные центральным частям тел кислых лейкократовых гранитов. Краевые же части массива обладают ториевой и уран-ториевой специализациями пород, связанными с предпочтительным обогащением ураном и торием эндоконтактовых частей интрузий кислого состава от ранних к поздним фазам внедрения [2; 19]. При дальнейшем постмагматическом кислотном метасоматозе содержание урана увеличивается в грейзенизированных гранитах и грейзенах, а торий выносится, обогащая зоны поздней альбитизации и калишпатизации [10]. На интрузивные зоны нескрытых частей интрузивов (контактовые роговики) имеют калиевую и уран-калиевую радиогеохимические специализации пород, которые могут указывать на определенные перспективы рудоносности [20; 21].

Таким образом, методический прием расчета надфоновых содержаний ЕРЭ позволил установить для интрузивных массивов северной части Балыгычано-Сугойского прогиба калиевую, калий-ториевую, уран-калиевую и в меньшей степени ториевую радиогеохимическую специализацию пород.

В результате анализа геофизических материалов наиболее контрастно интрузивные образования Балыгычанской площади выделяются по таким параметрам, как логарифм полного градиента аномального магнитного поля и мощность дозы суммарного гамма-излучения. Значения брались по сети 100×100 м с интерполированных

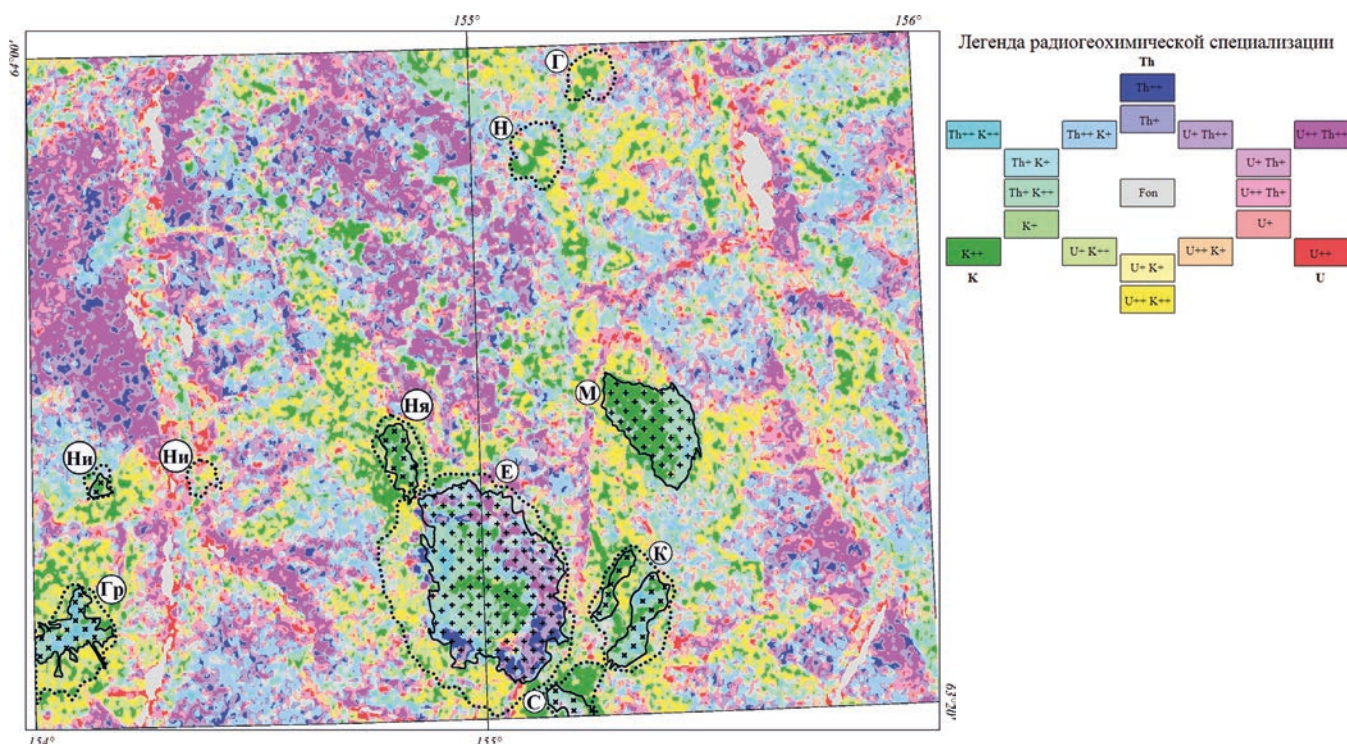


Рис. 9. Сводная радиогеохимическая карта

Усл. обозн. см. на рис. 3 и 2

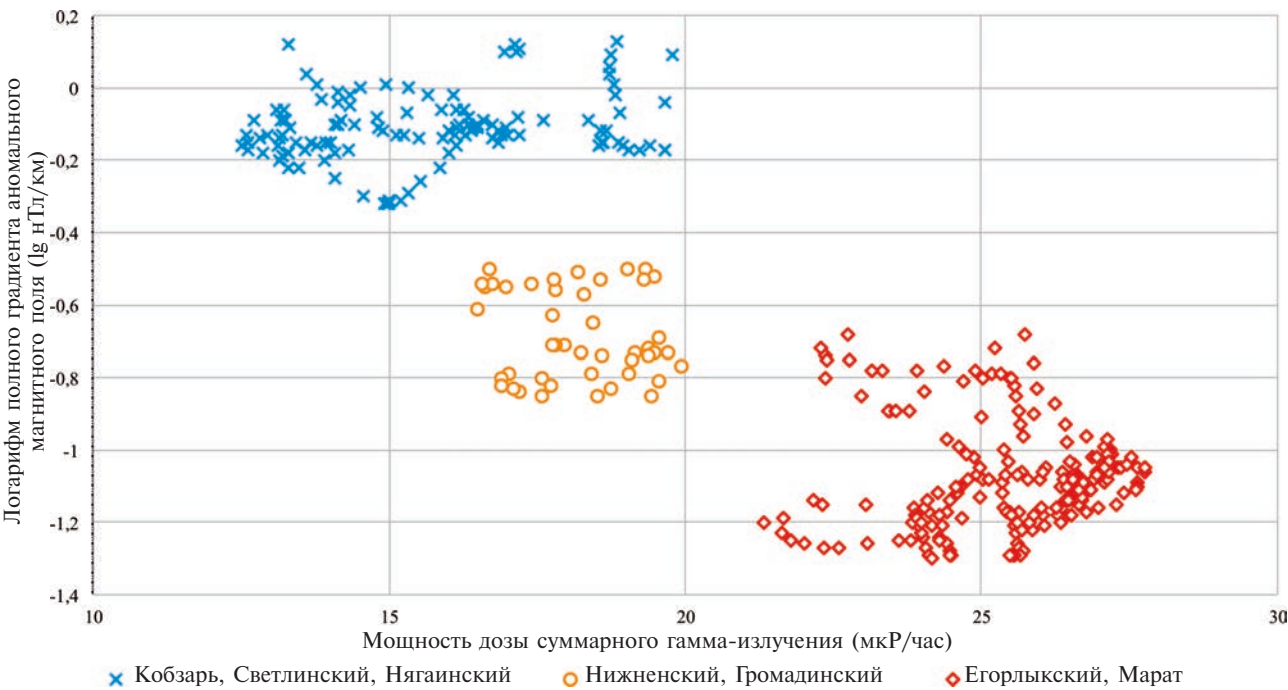


Рис. 10. Диаграмма соотношений геофизических параметров интрузивов Балыгычанской площади

матриц с размером ячейки в 100 м. Соотношения данных параметров позволили уверенно разделить интрузивы по комплексам (рис. 10).

Массивы Егорлыкский и Марат (омсукчанский комплекс) кислого состава отмечаются минимальными значениями логарифма полного градиента магнитного поля (-1 нТл/км) и наиболее повышенными значениями гамма-поля (25 мкР/ч), а интрузивы Нижненский и Громадинский (быстринский комплекс) среднего состава — средними значениями логарифма полного градиента магнитного поля ($-0,6$ нТл/км) и

повышенными — гамма-поля (18 мкР/ч). Обособленно располагаются массивы Нягаинский, Кобзарь и Светлинский (наяханский комплекс) смешанного состава (от среднего до кислого) с наиболее повышенными значениями параметра магнитного поля и средними значениями гамма-поля (0 нТл/км, 15 мкР/ч).

Представленная диаграмма демонстрирует уверенное различие интрузивных массивов и позволяет разделить их по комплексам (рис. 10).

В итоге, по геофизическим материалам, массивы Светлинский, Кобзарь, Нягаинский, Нар-

Таблица 4

Интрузивные комплексы северной части Балыгычано-Сугойского прогиба

Комплекс	Массивы	Качественные геофизические характеристики	Рудная специализация
Наяханский	Светлинский, Кобзарь, Нягаинский, Нарзан, Гурзуф	— положительные аномалии локальной составляющей поля силы тяжести; — площадные высокоинтенсивные положительные магнитные аномалии; — средняя радиоактивность; калиевая радиогеохимическая специализация горных пород	Золото-серебряная
Быстринский	Громадинский, Нижненский	— площадные отрицательные аномалии поля силы тяжести; — площадные слабоинтенсивные отрицательные магнитные аномалии; — высокоинтенсивные положительные магнитные аномалии контактового ореола; — повышенная радиоактивность; торий-калиевая радиогеохимическая специализация горных пород	
Омсукчанский	Егорлыкский, Марат	— площадные отрицательные аномалии поля силы тяжести; — площадные слабоинтенсивные отрицательные магнитные аномалии; — высокоинтенсивные отрицательные магнитные аномалии контактового ореола (Егорлыкский); — высокоинтенсивные положительные магнитные аномалии контактового ореола (Марат); — высокая радиоактивность; калиевая, торий-калиевая радиогеохимическая специализация горных пород	Оловянная

зан и Гурзуф отнесены к *наяханскому* комплексу, Громадинский и Нижненский — *быстринскому*, а Егорлыкский и Марат — *омсукчанскому*, что также подтверждается геологическими данными, полученными в процессе ГДП-200 [16; 17].

Поскольку каждый комплекс ассоциируется с соответствующим типом оруденения, то с массивами *наяханского* и *быстринского* комплексов связана золото-серебряная минерализация, а с массивами *омсукчанского* комплекса — оловянная (табл. 4). Следовательно, полученные результаты будут способствовать дальнейшему изучению геологического строения площади и последующему прогнозу благороднометалльного и оловянного оруденения, с выделением перспективных участков в пределах северного фрагмента Балыгычано-Сугойского прогиба.

Заключение. Предложенная методика приемов обработки и интерпретации современных геофизических материалов Балыгычанской площади, полученных благодаря высокой точности регистрации физических полей чувствительной аппаратурой и эффективной методике съемки, позволили:

- картировать интрузивные массивы с уточнением контуров распространения и изучением их глубинного строения;
- впервые выделить нескрытые интрузивные массивы Нарзан и Гурзуф, а также серию даек и малых интрузий;
- изучить внутреннее строение массивов Егорлыкский и Марат с разделением на фазовые и фациальные разности;
- разделить интрузивные образования по геофизическим данным, отражающим различные петрофизические свойства пород (плотность, намагниченность, содержания ЕРЭ);
- классифицировать интрузивы по комплексам, каждый из которых является перспективным на определенный тип оруденения.

1. Арбузов С. И., Рихванов Л. П. Геохимия радиоактивных элементов. — Томск: Издательство ТПУ, 2010. — 300 с.

2. Вавилин Л. Н., Воробьев В. П., Ефимов А. В. Аэрогамма-спектрометрия в геологии. — Л.: Недра, 1982. — 271 с.

3. Государственная геологическая карта РФ третьего поколения. Масштаб 1 : 1 000 000. Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-56 — Сеймчан / В. М. Кузнецов, С. В. Жигалов — СПб.: ВСЕГЕИ, 2007.

4. Государственная геологическая карта РФ третьего поколения. Масштаб 1 : 1 000 000. Лист Q-56 — Среднеколымск / В. И. Шпикерман, А. В. Гавриш. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2019.

5. Государственная геологическая карта СССР первого поколения. Масштаб 1 : 200 000. Серия Среднеколымская. Лист Р-56-IV / Б. М. Гусаров. — М.: Мингео СССР, 1983.

6. Государственная геологическая карта СССР первого поколения. Масштаб 1 : 200 000. Серия Верхнеколымская. Лист Р-56-V / В. М. Кузнецов. — М.: Мингео СССР, 1982.

7. Геологическая карта СССР первого поколения. Масштаб 1 : 200 000. Серия Верхнеколымская. Лист Р-56-VI / К. Л. Львов. — М.: Мингео СССР, 1985.

8. Государственная геологическая карта РФ второго поколения. Масштаб 1 : 200 000. Серия Сугойская. Лист Р-56-XII / А. Э. Ливач. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.

9. Государственная геологическая карта СССР первого поколения. Масштаб 1 : 200 000. Серия Среднеколымская. Лист Q-56-XXXV, XXXVI / В. М. Кузнецов. — М.: Мингео СССР, 1978.

10. Емельяненко П. Ф., Яковлева Е. Б. Петрография магматических и метаморфических пород. — М., 1985. — 247 с.

11. Лазарев Ф. Д., Кирплюк П. В., Онищенко А. Н. Современная геофизическая основа Норильского промышленного района // Геофизические методы при разведке недр: материалы Всероссийской научно-практической конференции. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — С. 228–233.

12. Лазарев Ф. Д., Ромашко В. В., Кирплюк П. В. Естественные радиоактивные элементы — эффективный инструмент прогноза золоторудных объектов // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы IV Международной конференции. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — С. 321–323.

13. Логачев А. А., Захаров В. П. Магниторазведка. 5-е изд. — Л.: Недра, 1979. — 351 с.

14. Никитин А. А., Петров А. В. Теоретические основы обработки геофизической информации. — М., 2008. — 112 с.

15. Петров А. В., Трусков А. А. Компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа трехмерной геоинформации — КОСКАД 3D // Геофизика. — 2000. — № 4. — С. 29–33.

16. Петрова М. Н., Петров С. Ю. Возраст гранодиоритов северной части Балыгычано-Сугойского прогиба // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. — Якутск, 2019. — С. 102–106.

17. Петрова М. Н. Состав интрузивных образований северной части Балыгычано-Сугойского прогиба (Магаданская область) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы X Всероссийской научно-практической конференции. — Якутск, 2020. — С. 120–123.

18. Смыслов А. А. Уран и торий в земной коре. — Л.: Недра, 1974. — 231 с.

19. Средне-мелкомасштабная аэрогамма-спектрометрическая съемка: Методические рекомендации по аэрогамма-спектрометрическому обеспечению региональных прогнозно-металлогенических работ. — Л.: НПО «Рудгеофизика», 1987. — 119 с.

20. Стружков С. Ф., Константинов М. М. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. — М.: Научный мир, 2005. — 320 с.

21. Сыромятников Н. Г. Радиоактивные элементы как геохимические индикаторы породы- и рудообразования. — М.: Атомиздат, 1976. — 232 с.

22. Airborne gamma ray spectrometer surveying. Technical Reports Series No. 323. — IAEA, Vienna, Austria, 1991. — 116 p.

1. Arbuzov S. I., Rikhvanov L. P. Geochemistry of radioactive elements [Geochemistry of radioactive elements]. Tomsk, 2010, 300 p.

2. Vavilin L. N., Vorob'ev V. P., Efimov A. V. Aerogamma-spektrometriya v geologii [Aerogamma-spectrometry in geology]. Leningrad, Nedra, 1982, 271 p.

3. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF tret'ego pokoleniya. Masshtab 1 : 1 000 000. Seriya Verkhoyano-Kolymskaya. List P-56 — Seymchan [State geological map of the Russian Federation of the third generation. Scale 1 : 1,000,000. Verkhoyano-Kolymskaya series. Sheet P-56 — Seimchan]. Eds.: V. M. Kuznetsov, S. V. Zhigalov. St. Petersburg, VSEGEI, 2007.

4. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF tret'ego pokoleniya. Masshtab 1 : 1 000 000. List Q-56 – Srednekolymsk [State geological map of the Russian Federation of the third generation. Scale 1:1,000,000. Sheet Q-56 – Srednekolymsk]. Eds.: V. I. Shpikerman, A. V. Gavrish. St. Petersburg, 2019.
5. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR pervogo pokoleniya. Masshtab 1 : 200 000. Seriya Srednekolymskaya. List P-56-IV [State geological map of the USSR of the first generation. Scale 1:200,000. Srednekolymskaya series. Sheet P-56-IV]. Ed.: B. M. Gusarov. Moscow, 1983.
6. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR pervogo pokoleniya. Masshtab 1 : 200 000. Seriya Verkhnekolymskaya. List P-56-V [State geological map of the USSR of the first generation. Scale 1:200,000. Verkhnekolymskaya series. Sheet P-56-V]. Ed.: V. M. Kuznetsov. Moscow, 1982.
7. Geologicheskaya karta SSSR pervogo pokoleniya. Masshtab 1 : 200 000. Seriya Verkhnekolymskaya. List P-56-VI [Geological map of the USSR of the first generation. Scale 1:200,000. Verkhnekolymskaya series. Sheet P-56-VI]. Ed.: K. L. L'vov. Moscow, 1985.
8. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF vtorogo pokoleniya. Masshtab 1 : 200 000. Seriya Sugoyskaya. List P-56-XII [State geological map of the Russian Federation of the second generation. Scale 1:200,000. Sugoyskaya series. Sheet P-56-XII]. Ed.: A. E. Livach. St. Petersburg, VSEGEI, 2000.
9. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR pervogo pokoleniya. Masshtab 1 : 200 000. Seriya Srednekolymskaya. List Q-56-XXXV, XXXVI [State geological map of the USSR of the first generation. Scale 1:200,000. Srednekolymskaya series. Sheet Q-56-XXXV, XXXVI]. Ed.: V. M. Kuznetsov. Moscow, 1978.
10. Emel'yanenko P. F., Yakovleva E. B. Petrografiya magmaticheskikh i metamorficheskikh porod [Petrography of magmatic and metamorphic rocks]. Moscow, 1985, 247 p.
11. Lazarev F. D., Kirplyuk P. V., Onishchenko A. N. Sovremennaya geofizicheskaya osnova Noril'skogo promyshlennogo rayona [Modern geophysical basis of the Norilsk industrial region]. *Geofizicheskie metody pri razvedke nedr: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Tomsk, 2016, pp. 228–233. (In Russian).
12. Lazarev F. D., Romashko V. V., Kirplyuk P. V. Estestvennye radioaktivnye element – effektivnyy instrument prognoza zolotorudnykh ob'ektov [Natural radioactive elements – an effective tool for forecasting gold ore objects]. *Radioaktivnost' i radioaktivnye elementy v srede obitaniya cheloveka: materialy IV Mezhdunarodnoy konferentsii*. Tomsk, 2013, pp. 321–323. (In Russian).
13. Logachev A. A., Zakharov V. P. Magnitorazvedka. 5-e izdanie [Magnetic prospecting. 5th edition]. Leningrad, Nedra, 1979, 351 p.
14. Nikitin A. A., Petrov A. V. Teoreticheskie osnovy obrabotki geofizicheskoy informatsii [Theoretical foundations of geophysical information processing]. Moscow, 2008, 112 p.
15. Petrov A. V., Trusov A. A. Komp'yuternaya tekhnologiya statisticheskogo i spektral'no-korrelyatsionnogo analiza trekhmernoy geoinformatsii – KOSKAD 3D [Computer technology of statistical and spectral-correlation analysis of three-dimensional geoinformation – KOSKAD 3D]. *Geofizika*, 2000, № 4, pp. 29–33. (In Russian).
16. Petrova M. N., Petrov S. Yu. Vozrast granodioritov severnoy chasti Balygychano-Sugoyskogo progiba [The age of granodiorites in the northern part of the Balygychan-Sugoy Trough]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii: materialy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Yakutsk, 2019, pp. 102–106. (In Russian).
17. Petrova M. N. Sostav intruzivnykh obrazovaniy severnoy chasti Balygychano-Sugoyskogo progiba (Magadanskaya oblast') [Composition of intrusive formations in the northern part of the Balygychan-Sugoy Trough (Magadan Region)]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii: materialy X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Yakutsk, 2020, pp. 120–123. (In Russian).
18. Smyslov A. A. Uran i toriy v zemnoy kore [Uranium and thorium in the earth's crust]. Leningrad, Nedra, 1974, 231 p.
19. Sredne-melkomasshtabnaya aerogamma-spektrometricheskaya s'emka: Metodicheskie rekomendatsii po aerogamma-spektrometricheskoy obespecheniyu regional'nykh prognozno-metallogenicheskikh rabot [Medium-small-scale airborne gamma-spectrometric survey: Methodical recommendations for airborne gamma-spectrometric support of regional forecasting and metallogenic works]. Leningrad, 1987, 119 p.
20. Struzhkov S. F., Konstantinov M. M. Metallogeniya zolota i serebra Okhotsko-Chukotskogo vulkanogennoy poya-sa [Metallogeny of gold and silver of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt]. Moscow, Nauchnyy mir, 2005, 320 p.
21. Syromyatnikov N. G. Radioaktivnye elementy kak geokhimicheskie indikatory porodo- i rudoobrazovaniya [Metallogeny of gold and silver of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt]. Moscow, Atomizdat, 1976, 232 p.
22. *Airborne gamma ray spectrometer surveying. Technical Reports Series No. 323*. IAEA, Vienna, Austria, 1991, 116 p.

Леденгский Роман Андреевич – геофизик, Норильский филиал Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского (НФ ВСЕГЕИ). Ул. Ленинский пр., 21-а, Норильск, Красноярский край, Россия, 663300. <ledengskiyra@yandex.ru>

Ledengskiy Roman Andreevich – Geophysicist, The Norilsk branch of A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI Norilsk Branch). Ul. Leninskiy prospekt, 21-a, Norilsk, Krasnoyarskiy kray, Russia, 663300. <ledengskiyra@yandex.ru>

Граптолитовые сланцы нижнего силура Тунгусской синеклизы и их нефтегазоматеринские свойства (Восточная Сибирь)

Наиболее обогащенными органическим веществом в разрезе силурийских отложений являются углеродистые мергели (граптолитовые сланцы) основания лландоверийского отдела (S_1ln^{1-2}), выступающие одним из значительных нефтегазоматеринских горизонтов в палеозойском разрезе северо-запада Сибирской платформы. Граптолитовые фации развиты вдоль всего западного обрамления Тунгусской синеклизы и фрагментарно на восточном ее борту. Охарактеризованы геохимические параметры органического вещества граптолитовых сланцев — пиролиза, керогена и синбитумоидов в рамках градаций катагенеза MK_1 — AK_3 . Региональный катагенез охватывает подстадию мезокатагенеза MK_1 — MK_{4-5} и возрастает по направлению с юга и юго-востока на северо-запад Тунгусской синеклизы. Более высокие градации вызваны воздействием базитовых интрузий. Доказано, что особенность зоогенного органического вещества граптолитовых сланцев — сравнительно пониженное содержание в керогене водорода и повышенное углерода и азота. Зоогенный тип органического вещества с граптолитовой основой характеризуется более быстрым созреванием по сравнению с другими типами сапропелевого органического вещества, потому что максимум генерации хлороформного битумоида приходится на начало градации MK_1 . Динамика флюидогенерации в катагенезе носит сокращенный характер. Главная фаза нефтеобразования охватывает градации PK_{2-3} — MK_1 (палеоглубины 1,4—2,4 км).

Ключевые слова: силурийская система, граптолитовые сланцы, катагенез, углепетрография, пиролиз, кероген, битумоиды, Тунгусская синеклиза, Сибирская платформа.

A. A. RYASNOY (VSEGEI)

Lower Silurian graptolitic shales of the Tunguska Syncline and its oil and gas source properties (East Siberia)

In the Silurian succession, the Lower Llandovery (S_1ln^{1-2}) carbonaceous marls (graptolitic shales), which are one of the major oil and gas source horizons in the Paleozoic of the northwest Siberian platform, are the most enriched in organic matter. Graptolite facies are widespread along the entire western framing of the Tunguska Syncline and fragmentarily on its eastern slope. Geochemical parameters of the graptolitic shales organic matter have been described: parameters of pyrolysis, kerogen, and synbitumoids within the catagenesis gradations from MK_1 to AK_3 . Regional catagenesis covers the mesocatagenesis substage from MK_1 to MK_{4-5} and increases from the south and southeast to the northwest of the Tunguska Syncline. Higher gradations are caused by basic intrusions. It has been proven that the zoogenic organic matter of the graptolitic shales is featured by relatively low hydrogen content and increased carbon and nitrogen contents in kerogen. The zoogenic type of organic matter with graptolite base material is characterized by a faster maturation as compared to other types of sapropel organic matter, because the maximum generation of chloroform bitumen falls on the MK_1 gradation. The dynamics of fluid generation during the catagenesis is reduced. The main phase of oil formation covers the PK_{2-3} — MK_1 gradations (paleodepths are 1,4 to 2,4 km).

Keywords: Silurian system, graptolitic shales, catagenesis, coal petrography, pyrolysis, kerogen, bitumoids, Tunguska Syncline, Siberian platform.

Для цитирования: Рясной А. А. Граптолитовые сланцы нижнего силура Тунгусской синеклизы и их нефтегазоматеринские свойства (Восточная Сибирь) // Региональная геология и металлогения. — 2021. — № 88. — С. 99—116. DOI: 10.52349/0869-7892_2021_88_99-116

Введение. Исследуемая территория приурочена к Тунгусской синеклизе — крупнейшей надпорядковой структуре Сибирской платформы, в строении которой установлен наиболее полный стратиграфический диапазон отложений — от рифейской эонотемы до триасовой системы включительно. Источниками углеводородов в разрезе синеклизы выступали нефтегазоматеринские толщи трех основных стратиграфиче-

ских уровней: альгосапропелиты верхнего рифея (нижнетунгусская свита), нижнего-среднего кембрия (куонамская и шумнинская свиты) и альгозоосапропелиты нижнего силура (чамбинская и мойероканская свиты) [8].

Особенность нижнесилурийских отложений — присутствие в основании разреза, отнесенного к лландоверийскому отделу (S_1ln^{1-2}), мойероканскому горизонту, пачки мергелей углеродистых

(граптолитовых сланцев), которые сменяются известняками органогенно-обломочными с богатым фаунистическим комплексом. Граптолитовые сланцы по обилию содержащегося в них органического вещества (до 16 % $C_{орг}$ на породу) занимают особое положение в разрезе палеозоя северо-запада Сибирской платформы. Распределение органического углерода по площади подчиняется

в них своеобразной закономерности: от Приенисейской зоны вглубь синеклизы содержание органического вещества (ОВ) в породах существенно уменьшается [4; 8] (рис. 1).

В пределах развития граптолитовых фаций средние концентрации $C_{орг}$ — 0,2–5 %. Наиболее высоких значений (3–5 %) средние концентрации органического углерода достигают на

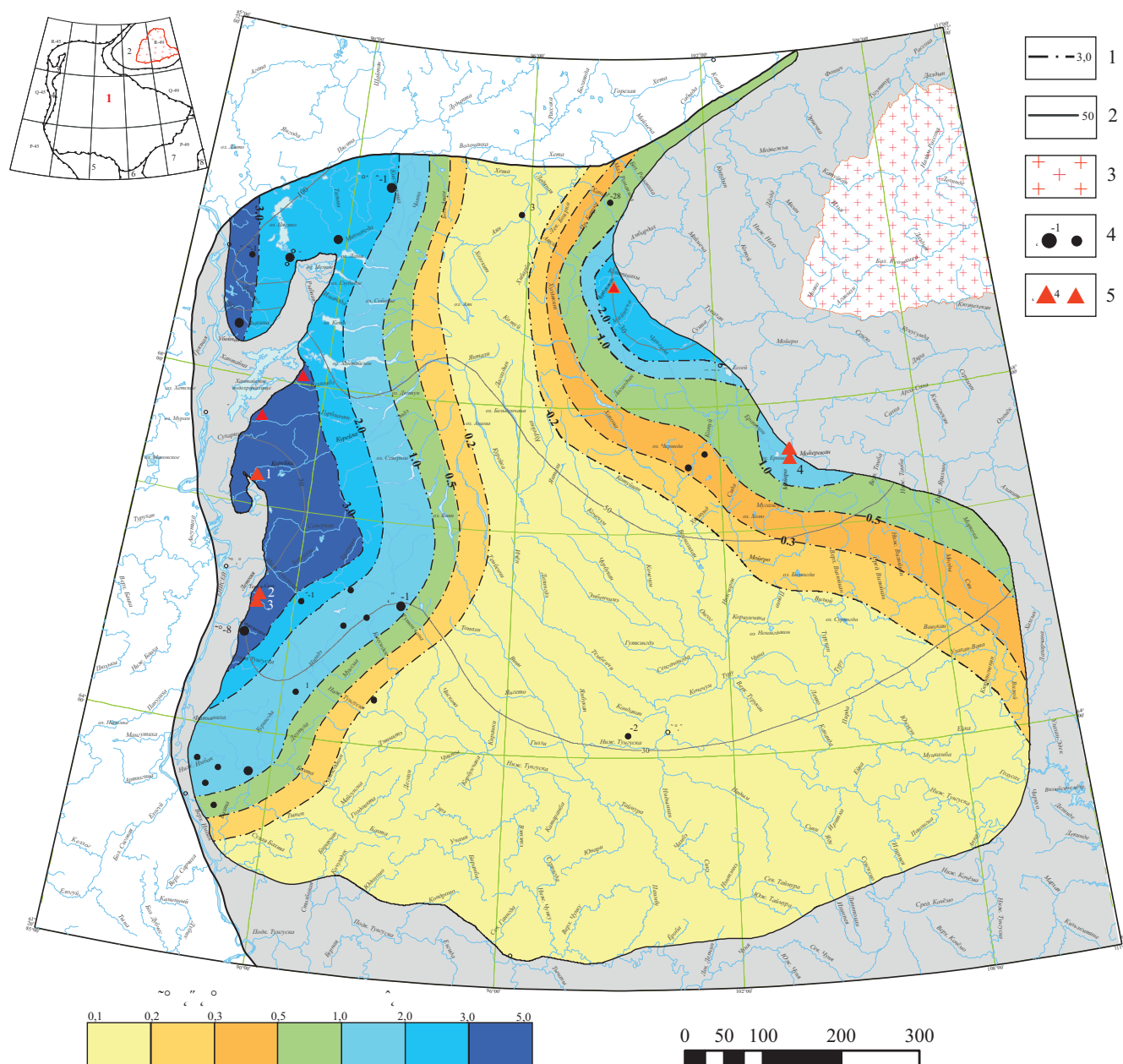


Рис. 1. Карта распределения органического углерода в граптолитовых сланцах. Масштаб 1 : 5 000 000 (по Т. К. Баженовой, с изм. и доп. автора)

1 — линии равных концентраций (изокарбы) $C_{орг}$ (в % на толщу); 2 — линии равных мощностей нефтегазоматеринского горизонта, м; 3 — выходы кристаллического фундамента; 4 — глубокие и колонковые скважины (а — исследуемые в статье; б — изучаемые при построении карты): КСТ-1 — Кыстыктахская 1, МД-31 — Микчангинская 31, ЮПС-30 — Южно-Пясинская 30, УБ-24 — Убойная 24, ДК-8 — Дьявольская 8, БЛ-1 — Бильчанская 1, БИР-10 — Бираминская 10; 5 — обнажения (а — исследуемые в статье; б — используемые при построении карты): 1 — р. Курейка, 2 — р. Тенна-Сесь, 3 — р. Летняя, 4 — р. Мойеро.

Тектонические структуры на вклейке: 1 — Тунгусская синеклиза; 2 — Анабарская антеклиза; 3 — Хантайско-Рыбнинский мегавал; 4 — Курейско-Бакланихинский мегавал; 5 — Байкитская антеклиза; 6 — Катангская седловина; 7 — Непско-Ботубинская антеклиза; 8 — Нюйско-Джербинская впадина

Фокинско-Убойнинской площади (Норильский район), в Игарском и Туруханском районах. По направлению с запада на восток по мере увеличения карбонатности пород уменьшаются величины средних концентраций органического углерода до 1–2 %. Граница проходит чуть восточнее скважин Бильчанская 1 и Бираминская 10 (рис. 1).

По направлению к центральным частям Тунгусской синеклизы происходит замещение черных и темно-серых аргиллитов и мергелей с граптолитами зелеными мергелями и серыми комковатыми известняками и, соответственно, резкое падение концентраций $C_{орг}$ до 0,1–0,2 %.

На восточном борту Тунгусской синеклизы в скважинах Чириндинской площади, бассейне р. Мойеро и верховьях р. Оленёк вновь появляются граптолитовые фации, обогащенные ОВ до 2–7 %, но лишь в основании мойероканского горизонта (3–5 м мощностью), откуда в западном направлении концентрации $C_{орг}$ вновь понижаются до 0,1–0,2 %. Примерно на широте р. Подкаменная Тунгуска граптолитовые сланцы отсутствуют полностью. Мощность граптолитовых сланцев изменяется от 20–30 до 100 м. Увеличение мощности граптолитовой толщи происходит в северном направлении от Верхнеимбатского к Норильскому району вместе с возрастанием общей мощности силурийских отложений более чем в два раза — от 300 до 647 м. На р. Мойеро их мощность составляет ~500 м.

Работы, посвященные граптолитовым сланцам нижнего силура северо-запада Сибирской платформы в аспекте перспектив нефтегазоносности изучаемого региона, не публиковались 30 лет. Литолого-геохимические исследования силурийских отложений Тунгусской синеклизы были организованы Л. Г. Марковой (СНИИГГиМС) и выполнялись в период с 1968 по 1981 г. Органическая геохимия силурийских отложений была рассмотрена преимущественно на основе результатов экстракции и люминесцентно-битуминологических анализов, а также единичных углехимических анализов концентратов керогена. С наибольшей детальностью граптолитовые сланцы изучены в Норильском районе [4; 5].

Задача настоящего исследования — определение взаимосвязи геохимических параметров керогена, битумоидов и данных пиролизического метода с содержанием углерода в породах и катагенетической эволюцией ОВ граптолитовых сланцев и оценка их нефтегазоматеринских свойств.

Литологическая характеристика. Углеродистые породы залегают на размытой поверхности пород среднего или верхнего ордовика (чертовской, баксанский или долборский горизонты). В стратиграфическом отношении они относятся к мойероканскому горизонту; на западе синеклизы (Норильский, Игарский и Туруханский районы) — к чамбинской и на востоке (район среднего течения р. Мойеро) — мойероканской свитам.

На западе синеклизы, где в том числе расположен опорный разрез лландоверийского отдела (р. Горбиачин), исследуемые отложения подразделяются на две литологически отличные пачки: нижнюю глинистого и верхнюю карбонатно-глинистого составов, в стратиграфическом отношении отвечающих соответственно нижней и верхней подсвите чамбинской свиты (рис. 2).

Нижняя пачка (мощностью 10–35 м) представлена аргиллитами известковыми черными до сажистых в нижней части и серыми в верхней, тонкослоистыми и мергелями, обогащенными тонкодисперсным ОВ. Породы содержат многочисленные остатки граптолитов. В основании пачки залегает прослой известняка черного, битуминозного, тонкокристаллического мощностью до 1,5 м, выделяющегося в качестве электрокаротажного репера. **Верхняя пачка** (мощностью 30–100 м) сложена мергелями серыми, тонкослоистыми, с отпечатками и остатками граптолитов и слепками наутилоидей. Выше по разрезу остатков граптолитов становится все меньше, и постепенно они почти полностью исчезают. По всему разрезу присутствуют прослои серых глинистых пелитоморфных известняков. Общая мощность пород, содержащих многочисленные остатки граптолитов, достигает 92–100 м (северо-запад Тунгусской синеклизы, Норильский район). Содержание органического углерода колеблется в широких пределах, достигая концентраций горючесланцевых толщ и уменьшаясь снизу вверх по разрезу от 16,31 до 1,47 % в известковистых аргиллитах нижней и от 1 до 0,68 % в мергелях верхней пачек.

На восточном борту Тунгусской синеклизы в бассейне р. Мойеро и верховьях р. Оленёк в основании мойероканской свиты представлена только пачка базальных аргиллитов мощностью 4–5 м с концентрацией ОВ до 2–7 %. В остальной преобладающей по мощности части разреза доминируют серые известняки в разной степени глинистые, в которых содержание $C_{орг}$ резко падает до 0,21–0,01 %.

Материал и методы исследования. В основу статьи были положены результаты аналитических исследований содержания органического углерода — 46 образцов, геохимических параметров керогена и битумоидов — 20 образцов, пиролиза методом Rock-Eval — 17 образцов и материалы углепетрографического исследования — 10 шлифов. Образцы отобраны равномерно по разрезу наиболее обогащенной органическим углеродом пачки I из скважин и обнажений, указанных на рис. 1, породы в составе которой представлены (по классификации С. Г. Вишнякова) аргиллитами известковыми и мергелями углеродистыми с содержанием нерастворимого остатка (н. о.) от 30,1 до 88 %, а также из пачки II, сложенной мергелями и известняками глинистыми с содержанием н. о. от 17,6 до 26,6 %.

Значительная часть исходных значений концентраций $C_{орг}$, битумоидов и элементного

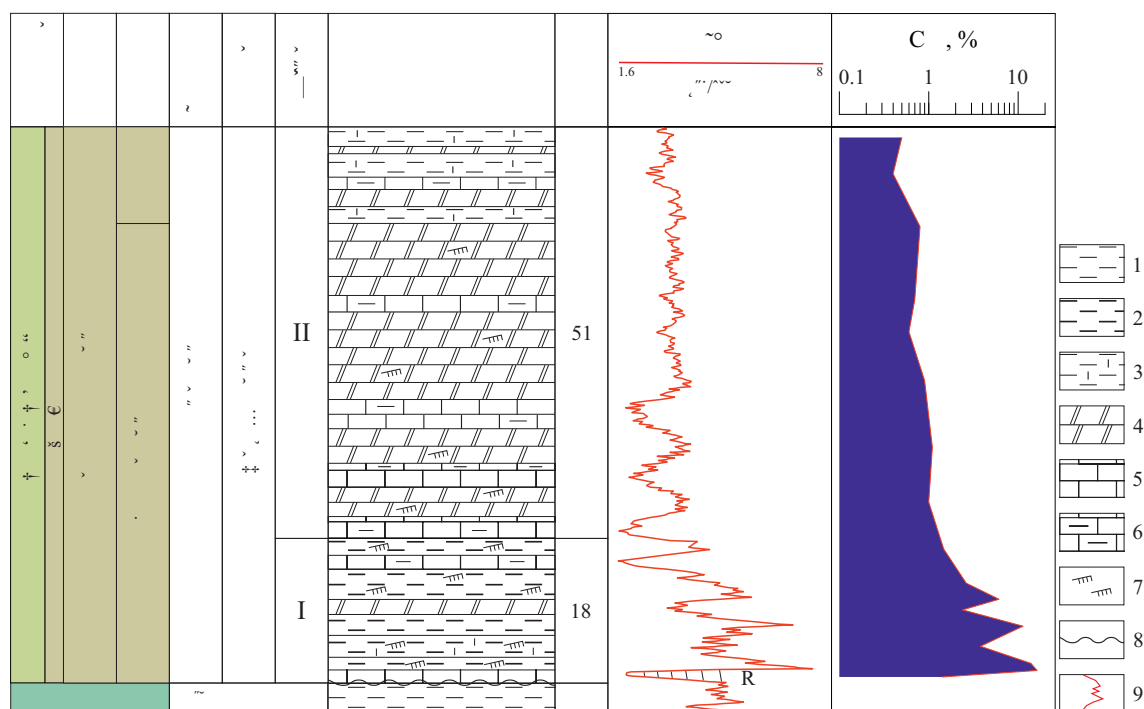


Рис. 2. Литологический разрез мойероканского горизонта западного обрамления Тунгусской синеклизы. Масштаб 1 : 1 000

1 — аргиллиты; 2 — аргиллиты углеродистые; 3 — аргиллиты известковистые; 4 — мергели; 5 — известняки; 6 — известняки глинистые; 7 — граптолиты; 8 — поверхность стратиграфического несогласия; 9 — кривая гамма-каротажа (мкР/ч); R — каротажный репер

состава керогена по западному обрамлению синеклизы была предоставлена Т. К. Баженовой. Коллекция образцов мергелей углеродистых на территории восточной части синеклизы (среднее течение долины р. Мойеро) собрана в ходе полевого сезона 2018 г. в рамках работ по созданию комплекта Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 листа Q-48 (Эконда). Впервые для осадочных пород территории листа выполнены пиролиз образцов и интерпретация пиролитических параметров с целью оценки нефтематеринского потенциала граптолитовых сланцев. Также получены данные по геохимическим параметрам битумоида и элементному составу керогена. В северной части синеклизы мергели углеродистые исследованы автором по скв. Кытыктахская 1П. Им же выполнена интерпретация аналитического материала.

Для изучения вещественно-петрографического состава и степени катагенеза ОВ были выполнены измерения показателя отражения продукта разложения граптолитов — коллохитинита. Измерения произведены автором в углепетрографической лаборатории ВСЕГЕИ на приборе МСФ-30У (АО «ЛОМО») под руководством Г. М. Волковой. Обработка данных осуществлялась в программе *Spectra C Vsegei*, разработанной в АО «ЛОМО». Отражательная способность микрокомпонентов ОВ измерялась в иммерсионной жидкости на ровных площадках. Полученные значения были пересчитаны в показатели отражения витринита по формуле, выведенной в работе [12], что

позволило использовать оптические показатели ОВ граптолитов для изучения катагенетической эволюции органического вещества и заключающих его пород.

Оптические показатели микрокомпонентов ОВ, пересчитанные в показатель отражения витринита, были сопоставлены с пиролитическими параметрами и элементным составом керогена и выявлено сходство градаций катагенеза, что свидетельствует о применимости формулы для исследования изучаемого объекта.

Пиролитический анализ, битуминология, выделение и анализ концентратов керогена выполнены в Испытательной лаборатории АО «СНИИГГиМС».

Пиролиз проводился на полуавтоматическом SR-Анализаторе (Analyzer Humble Instruments & Services, Inc., U.S.A.), масса навески — 50 мг, фракция — 0,25 мм, время анализа — 35 минут. Методика основана на том, что исследуемая порода, содержащая ОВ, нагревается при программируемой скорости нагрева в токе инертного газа. При этом в интервале до 300 °С из породы возгоняются свободные или слабосвязанные УВ, образуя на выходе из прибора интегральный пик, обозначаемый S_1 . Параметр S_1 — это выделившиеся из материнского керогена, но оставшиеся в породе жидкие УВ (битумоиды). В интервале 300–600 °С образуются углеводороды в основном за счет деструкции керогена, обозначаемые пиком S_2 . Параметр S_2 — это не выделившиеся из керогена потенциальные жидкие и газообразные

углеводороды. Пик представляет собой суммарный нефтяной и газовый потенциал ОВ (породы). Сумма S_1 и S_2 характеризует нефтегазоматеринский потенциал породы, сохранившийся к данной градации катагенеза, на которой находится ОВ изучаемой породы (мг УВ/г породы). Фиксируемая температура $T_{\max}$ (°C) отвечает максимуму скорости выделения УВ в пике S_2 , т. е. температура максимального выхода углеводородов в процессе крекинга керогена. Параметр $T_{\max}$ характеризует степень зрелости ОВ, увеличиваясь с глубиной погружения отложений. Расчетные параметры: PI ($PI = S_1/(S_1 + S_2)$) — индекс продуктивности, определяющий степень выработанности керогена; HI ($HI = S_2/C_{\text{орг}} \times 100 \%$) — водородный индекс, характеризующий нереализованный углеводородный потенциал ОВ (мг УВ/г $C_{\text{орг}}$). Отметим, что материнские породы с различным фациально-генетическим типом ОВ отличаются поградационными значениями HI при реализации нефтегазоматеринского потенциала.

Определение хлороформного битумоида по образцам долины р. Мойеро было выполнено с помощью двух этапов экстракции. Первый (холодная экстракция) — из недробленных обломков породы (экстракция отстаиванием). Второй (горячая экстракция) — из материала порошков фракции 0,25 мм, полученных из проэкстрагированной недробленной породы (экстракция центрифугированием). Концентрат керогена выделялся из предварительно дебитуминизированной хлороформом породы (раздробленной до 0,25 мм) способом кислотного обогащения (HCl , HF). Выделенный концентрат экстрагировался хлороформом для дополнительной дебитуминизации и удаления элементарной серы. Определялись параметры влажности (W), зольности (A), серы пиритной ($S_{\text{пир}}$), углерода ($C_{\text{нов}}$), водорода ($H_{\text{нов}}$), азота ($N_{\text{нов}}$), серы ($S_{\text{нов}}$), кислорода ($O_{\text{нов}}$) (по разности) и выход летучих веществ ($V_{\text{нов}}$).

Результаты и их обсуждение. Углететрографические исследования. Исходным материалом для формирования сингенетичного ОВ исследуемых образцов послужили граптолиты — морские зоопланктонные организмы с хитиновым наружным скелетом. Фоссилизированное ОВ граптолитовых сланцев в целом представлено черным и буровато-коричневым веществом, определяемым углететрографически как коллохитинит и хитинит. В нем преобладают фрагменты, обладающие прямоугольно-вытянутой, штриховатой формой, диагностируемые главным образом в отраженном свете.

Отражательная способность микрокомпонентов ОВ определена из образцов нижней подсвиты чамбинской свиты ($S_1^1 c^1$) из скважин Кыстыктахская 1П и Микчангдинская 31 (Норильский район) и нижней подсвиты мойероканской свиты ($S_1^1 mr^1$) опорного разреза долины р. Мойеро.

В Норильском районе граптолитовые сланцы, охарактеризованные преимущественно по материалам бурения, достигают наибольшей

мощности равной 100 м. В скв. Микчангдинская 31 их вскрытая мощность составляет 40,4 м (при максимальном значении в близлежащих скважинах ~70 м). Согласно углететрографическим исследованиям, преобладающее значение в образцах из скважины имеют фоссилизированные фрагменты граптолитов (рис. 3, а, б). Однако отмечаются также проблематичные цисты зеленых водорослей, которые характеризуются изометричной формой и меньшей величиной отражательной способности.

Значения отражательной способности микрокомпонентов ОВ граптолитов составляют (%): $R^{\circ min}$ — 1,07, $R^{\circ max}$ — 1,41, R^n — 1,19, в пересчете на витринит (R^{vt}) — 1,1 %, что соответствует концу градации $МК_3$ (Ж) и отвечает региональному катагенезу для данной территории.

В скв. Кыстыктахская 1П в мергелях углеродистых фрагменты граптолитов представлены в значительном количестве (рис. 3, в, г), о чем свидетельствуют повышенные концентрации органического углерода в породах, достигающие максимальных значений, характерных для северо-западной окраины платформы и изменяющихся от 1,42 до 16,31 % (в среднем составляя 2–3 %) (см. рис. 1). Содержание $C_{\text{орг}}$ уменьшается снизу вверх по разрезу. Величина отражательной способности коллохитинита составляет (%): $R^{\circ min}$ — 1,76, $R^{\circ max}$ — 2,09, R^n — 2,03, в пересчете на витринит (R^{vt}) — 1,69 %. Данные значения отвечают градации позднего мезокатагенеза $МК_5$ (ОС).

На противоположном (восточном) борту синеклизы стратиграфическим аналогом чамбинской свиты является мойероканская свита, которая охарактеризована в ряде обнажений среднего течения р. Мойеро, а именно в междуречье Мойерокан и Бугарикта, по правым бортам долин рек Мойерокан и Мойеро, в 4,5 км выше устья р. Бугарикта — обн. П-7894, П-7879 и П-7893 по [7].

Содержание $C_{\text{орг}}$ в образцах, отнесенных к мойероканской свите разреза р. Мойеро, изменяется от 0,06 до 7,27 %, стремительно уменьшаясь вверх по разрезу по мере увеличения карбонатности пород от доманикоидов и доманикитов основания нижней подсвиты ($S_1^1 mr^1$) мощностью до 5 м, где концентрации органического углерода максимальны и равны 1,42–7,27 %, к сменяющим их известнякам органогенным и органогенно-обломочным с богатым фаунистическим комплексом. На р. Мойеро к нефтегазоматеринским толщам можно отнести не только граптолитовые сланцы мощностью до 5 м, но и вышележащие слабообогатенные глинисто-карбонатные породы с концентрациями $C_{\text{орг}}$ до 0,21 % [8]. Общая мощность нижнемойероканской подсвиты равна 55 м. Среднее содержание органического углерода составляет 1,5–1,7 % (см. рис. 1).

Катагенетическая преобразованность ОВ в породах среднего течения р. Мойеро изменяется от $МК_1$ до $АК_{1-2}$ при региональном катагенезе $МК_1$.

Органическое вещество (коллохитинит) в мергеле углеродистом (н. о. на породу — 47,2

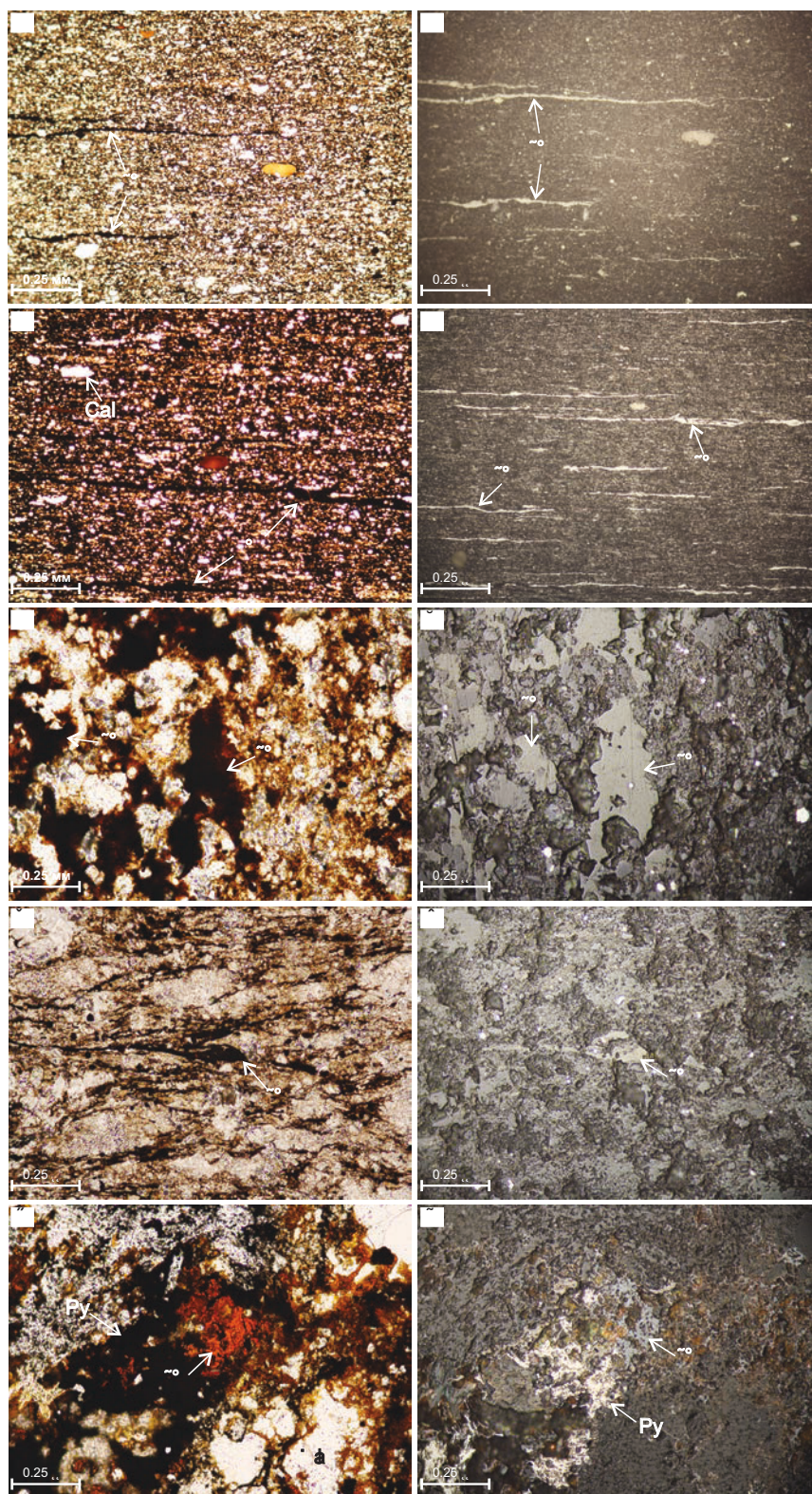


Рис. 3. Вещественно-петрографический состав и показатели отражения микрокомпонентов ОВ

а, б – фрагменты граптолитов (коллохитинит) вытянутой штриховатой формы, R^0 – 1,1 %, МК₃ (ув. $\times 20$; *а* – проходящий, *б* – отраженный свет); *в, г* – фрагменты коллохитинита (граптолитов), ориентированные параллельно слоистости, R^0 – 1,69 %, МК₅; *д, е* – коллохитинит с примесью коллоальгинита (?) в виде однородных включений с четкими границами, в отраженном свете бесструктурный, местами минерализованный, R^0 – 0,51 %, МК₁; *ж, з* – коллохитинит коричневатого-бурого цвета, характеризуется послойным распределением и равномерно обогащает породу, R^0 – 0,90 %, МК₂; *и, к* – коллохитинит в виде неправильной формы образований, частично пиритизированных с сохранением участков, просвечивающих коричневым цветом, R^0 – 2,01 %, АК₁₋₂. Обозначения: КХ – коллохитинит; Py – пирит; Cal – кальцит

и $C_{\text{орг}} = 7,27\%$), преобразованное до градации начала $МК_1$ (Д), представлено однородными включениями с четкими границами размером до 0,24 мм, агрегаты — до нескольких миллиметров, коричневатого-бурого цвета, частично измененными до черного цвета (рис. 3, д, е). В отраженном свете ОВ — серое, зачастую бесструктурное, местами минерализованное (с шагреновой поверхностью). Значения отражательной способности невысокие (%): $R^{\circ}_{\text{min}} = 0,41$, $R^{\circ}_{\text{max}} = 0,48$, $R^{\circ}_{\text{n}} = 0,43$, в пересчете на витринит (R°_{vt}) — 0,51 %.

Региональный катагенез ОВ не исчерпывает всех его постдиагенетических изменений. В локальных участках разрезов, в зонах экзоконтактов долеритовых интрузий ОВ пород подверглось контактовому метаморфизму. О высоком температурном воздействии на породы свидетельствует степень измененности ОВ, которое наиболее чувствительно к температурным колебаниям среды вмещающих пород.

В мергеле углеродистом (н. о. на породу — 30,1 и $C_{\text{орг}} = 3,79\%$), преобразованном до градации $МК_2$ под действием секущей дайки мощностью 40 м, ОВ от коричневатого-бурого до преимущественно черного цвета характеризуется послойным распределением и равномерно обогащает породу (рис. 3, ж, з). В образце, отобранном на расстоянии 60 м от контакта с секущим интрузивным телом, значения отражательной способности коллохитинита составляют (%): $R^{\circ}_{\text{min}} = 0,72$, $R^{\circ}_{\text{max}} = 1,01$, $R^{\circ}_{\text{n}} = 0,85$, в пересчете на R°_{vt} — 0,78–0,90 %, что соответствует стадии среднего мезокатагенеза $МК_2$ (Г).

Измененное до апокатагенеза под действием интрузии ОВ в мергеле углеродистом (н. о. на породу — 33,8 и $C_{\text{орг}} = 1,42\%$) представлено крупными ксеноморфными пиритизированными образованиями с сохранением участков, просвечивающих коричневым цветом (рис. 3, и, к). Отражательная способность микрокомпонентов ОВ (коллохитинита) характеризуется высокими значениями (%): $R^{\circ}_{\text{min}} = 2,06$, $R^{\circ}_{\text{max}} = 2,53$, $R^{\circ}_{\text{n}} = 2,35$, в пересчете на R°_{vt} составляет 2,01 %, что соответствует градациям раннего-среднего апокатагенеза (Т и ПА).

Согласно электронно-микронному анализу, в составе ОВ ярко выделяется присутствие серы (3,15–5,88 %), железа (0,62–3,17 %) и хлора (0,35–1,12 %). Пирит представлен большей частью продуктом его окисления — ссомольником $\text{Fe}^{+2}\text{SO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ (водный сульфат железа), для которого характерны таблитчатые агрегаты кристаллов с сохранением реликтовых участков пирита.

Термальное воздействие траппов на углеродистые мергели нижней подсвиты мойероканской свиты обусловило, с одной стороны, ускорение созревания ОВ (от градации $МК_1$ к $МК_2$), а с другой, — сильный метаморфизм ОВ в узких приконтактных зонах (подстадия АК).

Катагенетические границы главной зоны нефтеобразования (ГЗН) или нефтяного окна соответствуют значениям $R^{\circ} = 0,5–0,90\%$ и на

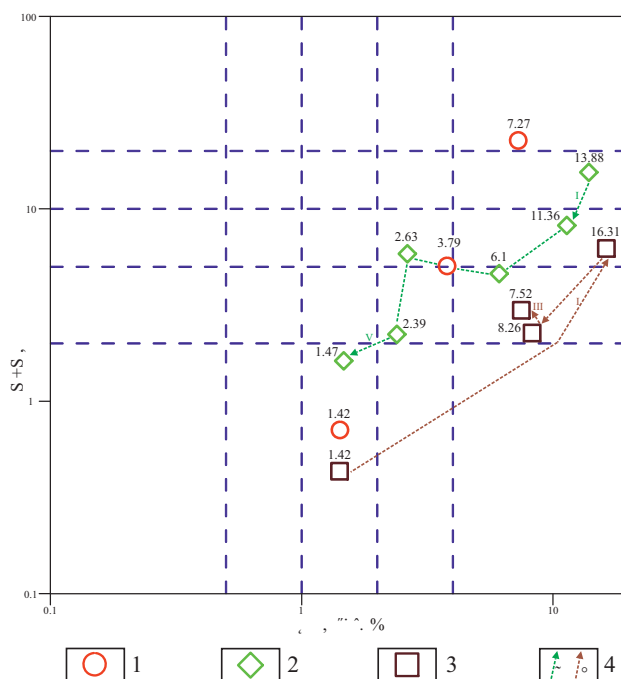


Рис. 4. Классификационная диаграмма, демонстрирующая генетический потенциал граптолитовых сланцев

1 — р. Мойеро; 2 — р. Курейка; 3 — скв. Кыстыктахская 1П; 4 — изменение параметров снизу вверх по разрезу в пределах аргиллитовой пачки I (а — р. Курейка, б — скв. Кыстыктахская 1П). Цифры — концентрации $C_{\text{орг}}$

территории Сибирской платформы отвечают градациям $МК_1–МК_2/МК_3$. Отложения долины р. Мойеро (восток синеклизы) приурочены к самой верхней границе ГЗН ($R^{\circ} 0,51\%$). В скважинах Микчангинская 31 ($R^{\circ} 1,1\%$) и Кыстыктахская 1П ($R^{\circ} 1,69\%$) (северо-запад синеклизы) граптолитовые сланцы находятся за пределами нефтяного окна.

Пиролитические исследования. Пиролитиз выполнен из образцов долины р. Мойеро и скв. Кыстыктахская 1П, по которым определена величина отражательной способности, а также дополнительно из образцов р. Курейка (см. рис. 1). Пиролитические параметры регулируются количеством ОВ в породе и степенью его катагенетической преобразованности.

В образцах р. Мойеро из базальной аргиллитовой пачки ($C_{\text{орг}} 1,42–7,27\%$) для градации катагенеза, соответствующей началу $МК_1$ ($C_{\text{орг}} 7,27\%$), реализованный нефтематеринский потенциал ОВ (S_1), т. е. содержание в породе уже выделившихся из керогена жидких УВ нефтяного ряда (битумоидов), составляет 2,43 мг УВ/г породы. Высокое значение пика $S_2 = 20,23$ мг УВ/г породы, существенно (почти в девять раз) превышающее пик S_1 , а также сумма параметров S_1 и $S_2 = 22,46$ мг УВ/г породы (рис. 4) отвечают высокому суммарному количеству потенциальных углеводородов, которые могут образоваться при полной реализации нефтематеринского потенциала, содержащегося в породе ОВ. Нереализованный углеводородный потенциал ОВ (НП) достигает 278 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$. $T_{\text{max}} 437\text{ }^{\circ}\text{C}$ отражает невысокую

зрелость ОВ и соответствует начальной стадии раннего мезокатагенеза и зоне прогрессивного развития процессов нефтеобразования. Значение индекса продуктивности (PI) — 0,11 характеризует низкую степень выработанности керогена, что отвечает началу главной фазы нефтеобразования (ГФН).

Для градации катагенеза МК₂ остаточный нефтегазоматеринский потенциал ОВ (S₂) отличается заметно более низким значением в сравнении с градацией МК₁, (3,55 против 20,23 мг УВ/г породы) в результате более низкого в сравнении с образцом, преобразованным до градации МК₁, содержания C_{орг} (3,79 против 7,27 %) и более высокой его катагенетической зрелости. Пик S₂ (3,55 мг УВ/г породы) чуть более чем в два раза превышает пик S₁ (1,50 мг УВ/г породы). Уменьшение значения пика S₁ объясняется расходом битумоида в процессе эмиграции с ростом катагенеза. Нефтегазоматеринский потенциал породы, сохранившийся к данной градации катагенеза (S₁+S₂) — 5,05 мг УВ/г породы, что соответствует материнской породе с удовлетворительным генетическим потенциалом (рис. 4). Значение водородного индекса для градации катагенеза МК₂ — 94 мг УВ/г C_{орг}, что обусловлено ростом зрелости ОВ, увеличением карбонизации керогена и уменьшением в его составе содержания водорода. Индекс продуктивности, служащий относительной мерой катагенеза в этом образце, соответственно выше и равен 0,30.

Для градации катагенеза АК₁₋₂ значение пика S₂ в соответствии с содержанием C_{орг} (1,42 %), катагенетической зрелостью ОВ и высокой реализацией нефтематеринского потенциала отмечается весьма низким значением (0,43 мг УВ/г породы), несущественно превышающим пик S₁ (0,28 мг УВ/г породы), сумма S₁ и S₂ минимальна и равна 0,71 мг УВ/г породы (рис. 4). Значение водородного индекса в образце, преобразованном до градации АК₁₋₂, очень низкое (HI 30 мг УВ/г C_{орг}), что характеризует почти полностью реализованный углеводородный потенциал ОВ. Индекс продуктивности, напротив, обладает наиболее высоким значением — 0,4 и отражает высокую выработанность керогена.

Геохимические показатели ОВ, определенные пиролизическим методом по образцам р. Курейка (МК₂), характеризуют нефтематеринские породы в пределах аргиллитовой пачки I с содержанием C_{орг} 1,44–13,88 %, которое уменьшается снизу вверх по разрезу. Доля исходного генетического потенциала (S₁), реализованного в УВ, достигает 3,11 мг УВ/г породы, а количество потенциальных УВ, способных генерироваться содержащимся в породе ОВ (S₂), — 12,59 мг УВ/г породы. Стадия зрелости породы, согласно величине T_{max}, замеренной в вершине пика S₂, составляет 440 °C и отвечает главной зоне нефтеобразования. Величина индекса продуктивности изменяется от 0,16 до 0,36. Однако нереализованный углеводородный потенциал ОВ для градации МК₂ довольно невысокий, не выше 110 мг УВ/г C_{орг}, что,

вероятно, является отражением раннего созревания зоогенного ОВ с граптолитовой основой и прекращения им генерации битумоида в начале раннего мезокатагенеза. Снизу вверх по разрезу по мере удаления от подошвы пачки, согласно падению концентрации C_{орг} в 9,5 раз, величина S₁ снижается в пять раз — от 3,11 до 0,59 мг УВ/г породы, S₂ в 12 раз — от 12,59 до 1,04 мг УВ/г породы, S₁+S₂ уменьшается от 15,7 до 1,63 мг УВ/г породы (рис. 4). HI неравномерно колеблется от 110 до 59 мг УВ/г C_{орг}. При снижении содержания нерастворимого остатка (глинистой примеси) в 1,1 раза (88–80 %) концентрация C_{орг} падает в 9,5 раз (13,88–1,47 %).

В образцах из скв. Кыстыктахская 1П (C_{орг} 1,42–16,31 % в пределах пачки I) значения пика S₂ являются невысокими — 2,1–5,9 мг УВ/г породы и свидетельствуют о низком суммарном количестве потенциальных жидких и газообразных УВ, способных генерироваться содержащимся в породе ОВ вследствие высокой реализации его нефтегазоматеринского потенциала. Количество остаточного битумоида в породе (S₁) — 0,15–0,32 мг УВ/г породы. T_{max} 572–594 °C характеризует ОВ граптолитовых сланцев как сверхзрелое, отвечающее подстадии АК. Однако в связи с большим содержанием органического углерода значения параметра S₂ и его отношения к параметру S₁ заметно выше в сравнении с образцом долины р. Мойеро (C_{орг} 1,42 %) при идентичной градации катагенеза. Нереализованный углеводородный потенциал ОВ колеблется в пределах 20–36 мг УВ/г C_{орг}. Отмечена обратная связь параметров T_{max} и HI: по мере возрастания катагенеза, что проявлено в увеличении T_{max}, потенциал ОВ реализуется и остаточная его доля соответственно снижается. В пределах первой пачки глинистые известняки из реперного уровня выделяются минимальными значениями всех параметров: C_{орг} — 1,42 %, S₁ — 0,15 и S₂ — 0,28 мг УВ/г породы, HI — 20 мг УВ/г C_{орг}, которые резко увеличиваются при переходе к базальному горизонту аргиллитовой пачки: C_{орг} возрастает в 11,5 раз — до 16,31 %, S₁ в два раза — до 0,31 и S₂ в 21 раз — до 5,9 мг УВ/г породы, HI в 1,8 раза — до 36 мг УВ/г C_{орг} (рис. 4).

В пределах аргиллитовой пачки величина C_{орг} изменяется снизу вверх по разрезу от 16,31 до 7,52 % (в 2,2 раза), величина S₁ снижается незначительно от 0,32 до 0,27 мг УВ/г породы, S₂ падает в два раза от 5,9 до 2,7 мг УВ/г породы, S₁+S₂ от 6,22 до 2,25 мг УВ/г породы (рис. 4). HI уменьшается на одну единицу — до 35 мг УВ/г C_{орг}. Величина C_{орг} снижается на величину разницы в содержании нерастворимого остатка (82,8 против 38 %).

Согласно термической зрелости (в отношении способности нефтегазогенерации), ОВ относится к стадиям ранней зрелости в районе р. Мойеро (T_{max} 437 °C), достигло пика нефтегенерации на территории р. Курейка (T_{max} 440 °C) и является сверхзрелым на территории скв. Кыстыктахская 1П (T_{max} 594 °C).

Катагенетические изменения нерастворимой части ОВ и битумоидов. Катагенез ОВ граптолитовых сланцев также рассматривается на основании изменения его химического состава — параметров дебитуминизированной нерастворимой части ОВ (НОВ) и синбитумоидов. В граптолитовых сланцах состав керогена и степень битуминизации ОВ изменяются в процессе катагенеза местами относительно закономерно, так как некоторые катагенетические изменения затушевываются неоднородностями биоценотического состава ОВ.

Как было рассмотрено выше, в граптолитовых сланцах нижнего силура в составе фоссилизированного ОВ существенная роль принадлежит остаткам граптолитов. Относительная доля граптолитов определяется содержанием $C_{орг}$, которое тем выше, чем больше зоогенной компоненты в составе ОВ. На основе результатов углепетрографических исследований выявлено, что в граптолитовых сланцах также отмечаются остатки планктонных зеленых водорослей.

Согласно данным А. М. Обута [6], в граптолитовых сланцах Средней Азии среди органического материала вместе с остатками граптолитов и продуктов их размножения встречена масса органического детрита. Этот детрит является в основном остатками разложения микропланктона, которым могли питаться граптолиты. Об участии в биоценозе планктонных водорослей свидетельствуют многочисленные находки псевдопланктонных граптолитов, которые существовали, прикрепляясь к планктонным организмам.

Таким образом, в ОВ граптолитовых сланцев определенная доля принадлежит и фитопланктону, о чем свидетельствуют, как будет показано ниже, обратные соотношения содержания углерода в породах и водорода в керогене и колебания битумоидной составляющей.

Нерастворимая часть ОВ в граптолитовой толще является автохтонной, т. е. сингенетичной вмещающей породе, поэтому главный показатель катагенеза ОВ — элементный состав и выход летучих компонентов керогена.

Содержание хлороформного битумоида А (ХБА) в породе и степень битуминизации ОВ ($\beta^{ХБА}$) также используются для оценки катагенеза ОВ. Колебания значений $\beta^{ХБА}$, в особенности в раннем и среднем мезокатагенезе, существенно зависят не только от катагенеза, но по большей части от концентрации ОВ. В этой связи закономерное или, напротив, закономерно распределение степени битуминизации ОВ (β) по отношению к концентрации ОВ (содержанию $C_{орг}$) при подстадиях прото- и мезокатагенеза ОВ может свидетельствовать о генетическом типе битумоидов, т. е. их автохтонности, параавтохтонности или аллохтонности. Важность генетической диагностики битумоидов заключается не столько в уточнении степени зрелости ОВ пород, сколько в первую очередь в определении нефтематеринских свойств вмещающих пород и выявлении параавтохтонного битумоида, генетически

связанного с перераспределением битумоидных компонентов ОВ внутри материнской толщи или вторичного битумоидного фона, свидетельствующего о присутствующих следах миграционного потока [3].

В этом отношении надежные результаты дает метод огив-субогив [3; 8]: выстраивается ранжированный ряд концентраций $C_{орг}$, а над ним — в тех же образцах — геохимические параметры керогена и/или битуминологические параметры ОВ—ХБА и β . Например, при закономерном размещении суммы параметров $C_{орг}$ —ХБА— β битумоид можно считать сингенетичным. Для оценки изменения абсолютных и относительных значений концентраций битумоидов, т. е. ХБА и $\beta^{ХБА}$, а также элементного состава НОВ от катагенетической эволюции ОВ, метод огив-субогив был модифицирован и дополнен ранжированным рядом градаций катагенеза, в основу которого положена палеоглубина погружения отложений.

Катагенетические изменения керогена. Геохимические параметры керогена определяются биоценотическим составом фоссилизированного ОВ и степенью его катагенетической зрелости [11].

Прежде чем охарактеризовать катагенетические изменения параметров ОВ граптолитовых сланцев, следует определить место образцов их керогена в классификационном спектре. Тип керогена — I, II или III — определяется по диаграмме Ван Кревелена, определяющей соотношение атомных отношений Н/С и О/С в керогене. На рис. 5 показана диаграмма Ван Кревелена для нерастворимого ОВ граптолитовых сланцев. По положению фигуративных точек кероген попадает преимущественно в поле II и частично III типов, что обусловлено разной степенью

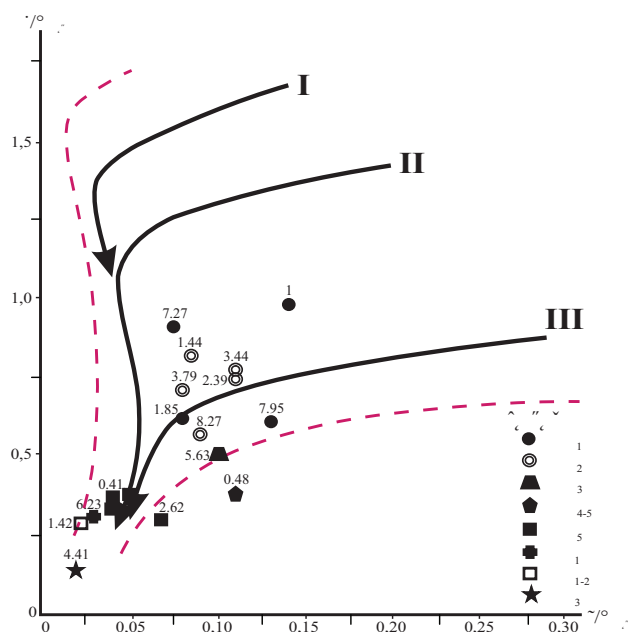


Рис. 5. Диаграмма Ван Кревелена, отражающая тип керогена ОВ граптолитовых сланцев

Цифры — концентрации $C_{орг}$

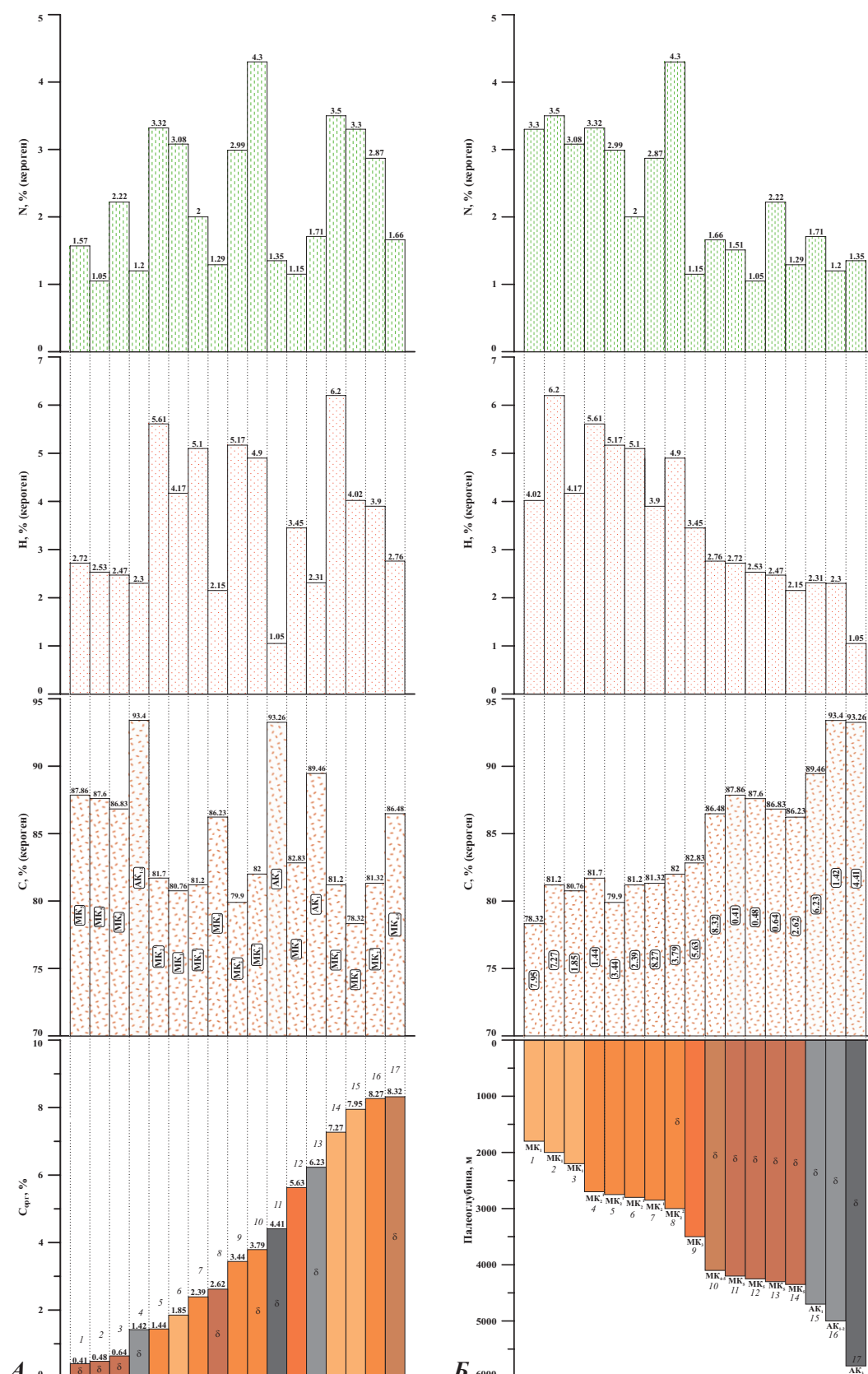


Рис. 6. Зависимость геохимических параметров керогена от содержания углерода в породах (А) и катагенетической эволюции ОВ (Б)

А – обр. 1–3, 8, 13 – скв. Дьявольская 8 (р. Сухая Тунгуска); обр. 4, 10, 14 – долина р. Мойеро; обр. 5, 9, 16 – р. Курейка; обр. 6 и 15 – р. Летняя и Тенна-Сесь; обр. 7 – скв. Бираминская 10; обр. 11 – скв. Бильчанская 1; обр. 12 – скв. Южно-Пясинская 30; обр. 17 – скв. 24 (р. Убойная).

Б – обр. 1 и 3 – р. Тенна-Сесь и Летняя; обр. 2, 8, 16 – долина р. Мойеро; обр. 4, 5, 7 – р. Курейка; обр. 6 – скв. Бираминская 10; обр. 9 – скв. Южно-Пясинская 30; обр. 10 – скв. 24 (р. Убойная); обр. 11–15 – скв. Дьявольская 8 (р. Сухая Тунгуска); обр. 17 – скв. Бильчанская 1; δ – воздействие интрузий

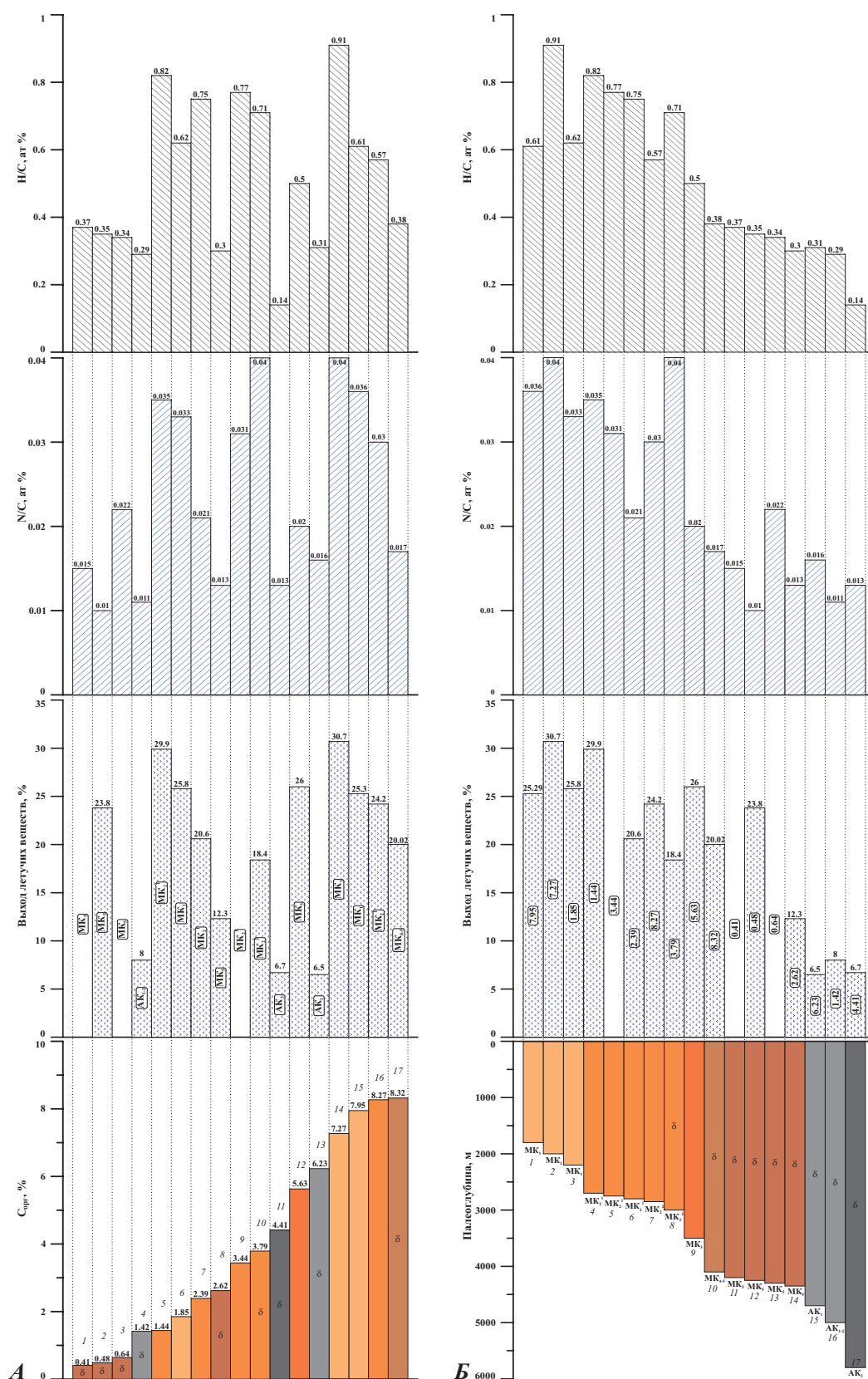


Рис. 7. Связь параметров НОВ (выхода летучих продуктов и атомных отношений) с содержанием $S_{орг}$ в породах (А) и катагенетической эволюцией ОБ (Б)

А – обр. 1–3, 8, 13 – скв. Дьявольская 8 (р. Сухая Тунгуска); обр. 4, 10, 14 – долина р. Мойеро; обр. 5, 9, 16 – р. Курейка; обр. 6 и 15 – р. Летняя и Тенна-Сесь; обр. 7 – скв. Бираминская 10; обр. 11 – скв. Бильчанская 1; обр. 12 – скв. Южно-Пясинская 30; обр. 17 – скв. 24 (р. Убойная).

Б – обр. 1 и 3 – р. Тенна-Сесь и Летняя; обр. 2, 8, 16 – долина р. Мойеро; обр. 4, 5, 7 – р. Курейка; обр. 6 – скв. Бираминская 10; обр. 9 – скв. Южно-Пясинская 30; обр. 10 – скв. 24 (р. Убойная); обр. 11–15 – скв. Дьявольская 8 (р. Сухая Тунгуска); обр. 17 – скв. Бильчанская 1; δ – воздействие интрузий

катагенетической преобразованности ОВ. Отношение $H/C_{ат}$ изменяется в диапазоне 0,14–0,98, $O/C_{ат}$ – 0,02–0,14. Атомные отношения увеличиваются с понижением градации катагенеза от AK_3 (0,14 и 0,02) до MK_1 (0,98 и 0,14). Отношение $H/C_{ат}$ в керогене отвечает нижнему пределу II типа (~1) при оптимальном для данного типа керогена значении отношения $O/C_{ат}$ (0,14). Отчетливо проявлено изменение элементного состава керогена в катагенезе, выраженное уменьшением атомных отношений H/C и O/C с ростом катагенетической преобразованности ОВ. В рамках градаций MK_1 и в особенности MK_2 обнаруживается смещение фигуративных точек по параметру $H/C_{ат}$ в поле III типа среди образцов, наиболее обогащенных $C_{орг}$ и, соответственно, имеющих наибольшую долю зоогенной компоненты в составе ОВ.

Если обратиться к элементному составу керогена граптолитовых сланцев, то на этапе MK_1 – MK_2 фиксируется относительная стабилизация углерода в НОВ при медленном снижении водорода, что находит объяснение в деструкции ОВ и массовой генерации жидких углеводородов (рис. 6).

Геохимические параметры керогена ОВ граптолитовых сланцев, преобразованных до градации MK_1 (региональный катагенез), изучены в нескольких образцах, представленных мергелями углеродистыми и аргиллитом известковистым и отобранных в разрезах среднего течения р. Мойеро (восточный борт Тунгусской синеклизы) и в разрезах рек Летняя и Тенна-Сесь (приток р. Летняя) (западный борт синеклизы).

Породы, преобразованные до градации MK_1 (палеоглубины 1800–2000 м) при колебаниях $C_{орг}$ 1,85–7,95 %, характеризуются содержанием углерода ($C_{нов}$) 78,32–81,2 %. Водород ($H_{нов}$) и выход летучих продуктов ($V_{нов}$) достигают максимального значения из всей выборки образцов – 6,2 и 30,7 % при минимальных значениях 4,02 и 25,29 % соответственно. Величина $N_{нов}$ изменяется от 3,08 до 3,5 % и увеличивается с ростом содержания ОВ в породах (рис. 5; обр. 1–3). Величины атомных отношений составляют $H/C_{ат}$ 0,61–0,91, $N/C_{ат}$ 0,033–0,04 (рис. 7; обр. 1–3).

Граптолитовые сланцы, преобразованные под действием регионального катагенеза до градации MK_2 (палеоглубины 2600–2800 м), отобраны в обнажении на р. Курейка (рис. 6, 7; обр. 4, 5, 7). Исключение составляют мергели углеродистые скв. Бираминская 10 (обр. 6) и разреза р. Мойеро (обр. 8), ОВ в составе которых преобразовано до градаций MK_2^1 и MK_2^2 (~3000 м) под действием интрузий.

В пределах градации MK_2 проявилась тенденция к некоторому увеличению $C_{нов}$ от 79,9 до 82 % и заметному снижению $H_{нов}$ от 5,61 до 3,9 % по крайним значениям (рис. 6). На фоне катагенетических изменений колебания значений углерода и водорода в керогене обусловлены колебаниями доли граптолитовой составляющей в составе ОВ.

В аргиллитах известковых р. Курейка, преобразованных до градации MK_2^1 , доля граптолитов в ОВ возрастает с увеличением $C_{орг}$ в породах. Содержание C в НОВ при этом увеличивается, составляя 79,9 % (при $C_{орг}$ 3,44 %; обр. 5) и 81,32 % (при $C_{орг}$ 8,27 %; обр. 7), а концентрация H в НОВ снижается 5,17–3,9 % соответственно (рис. 5). Атомные отношения $H/C_{ат}$ – 0,77 ($C_{орг}$ 3,44 %) и 0,57 ($C_{орг}$ 8,27 %) (рис. 7).

С возрастанием граптолитовой составляющей увеличивается и содержание азота в керогене, что связано с животным происхождением и хитиновым составом остатков граптолитов. Максимальное значение $N_{нов}$ 4,3 % из всей выборки образцов характерно для мергеля углеродистого р. Мойеро, преобразованного до градации MK_2^2 (рис. 6; обр. 8). При этом выход летучих веществ характеризуется самой низкой величиной в рамках градации MK_2 , составляя 18,4 % (рис. 7; обр. 8), при максимальном значении – 29,9 % (рис. 7; обр. 4), что может свидетельствовать об уменьшении выхода летучих веществ, в том числе за счет увеличения доли граптолитовой составляющей в ОВ.

В нерастворимой части ОВ на градации MK_3 в скв. Южно-Пясинская 30 (палеоглубина ~3500 м) отмечается изменение значений основных параметров в сравнении с MK_2 (рис. 6): величина $C_{нов}$ возрастает от ~81 (MK_2) до ~83 % (MK_3); содержание $H_{нов}$, напротив, снижается от 3,9 (MK_2^1 ; обр. 7) до 3,45 % (MK_3 ; обр. 9). Согласно балансовым расчетам, в альгозоогенном ОВ граптолитовых сланцев на градации катагенеза MK_3 выделяется второй пик генерации углеводородных газов (УВГ), естественно, со значительной потерей водорода в ОВ [3]. С этого этапа на поведение геохимических параметров керогена доминирующее влияние оказывает степень катагенетической зрелости ОВ, в отличие от неоднородности исходного материала.

Нерастворимая часть ОВ на конечных стадиях мезокатагенеза и особенно в апокатагенезе (палеоглубины от 4400 м и более) предстает уже сильно истощенной. Происходит дальнейшее снижение концентрации водорода и азота в ОВ (рис. 6; обр. 10–17). Концентрация $H_{нов}$ падает от 2,76 (MK_{4-5} ; обр. 10) до 1,05 % (AK_3 ; обр. 17). Концентрация азота обнаруживает общую тенденцию к снижению и колеблется в основном в пределах 1–1,7 % (рис. 6). Об удалении азота свидетельствует снижение атомных отношений $N/C_{ат}$ в процессе катагенеза (рис. 7). Углерод в ОВ возрастает до 86,48 % (MK_{4-5}), а в преобразованных до подстадии апокатагенеза под действием интрузий разностях граптолитового ОВ концентрация углерода достигает 89,5–93,4 % (рис. 6; обр. 15–17). На этом этапе тонкие различия в биоценоотическом составе ОВ уже полностью стираются. В этой связи в образцах, преобразованных до градаций MK_5 – AK_3 , не наблюдается зависимости геохимических параметров керогена от содержания углерода в породах, и определяющую роль в колебании

параметров НОВ играет разница в катагенетической преобразованности ОВ. Например, в граптолитовых сланцах из скв. 24 (р. Убойная) (при $C_{орг}$ 8,32 %; обр. 10) градация катагенеза — $МК_{4-5}$, из скв. Дьявольская 8 (р. Сухая Тунгуска) (при $C_{орг}$ 0,41 %; обр. 11) $МК_5$, концентрации $H_{нов}$ — 2,76 и 2,72 % соответственно (рис. 6). Преобладание углерода в НОВ в конце мезокатагенеза и апокатагенезе выражается в низких отношениях $H/C_{ат}$, которые стремительно уменьшаются с увеличением степени катагенетической зрелости ОВ от 0,38 ($МК_{4-5}$) до 0,14 % ($АК_3$) (рис. 7).

Выход летучих веществ ($V_{нов}$) является своеобразным показателем генерации УВ. Как было отмечено выше, в начале мезокатагенеза ОВ граптолитовых сланцев содержало до 30,7 % летучих веществ; в конце мезокатагенеза их концентрация снизилась до 12,3 %; в апокатагенезе содержание $V_{нов}$ 6,5–8 % (рис. 7).

Катагенетические изменения битумоидов. Особенности состава НОВ описываемых образцов находят свое отражение в количестве и качестве битумоидной части ОВ. Геохимические характеристики битумоидов обладают большим диапазоном значений, что связано с их подвижностью и зависимостью не только от типа и концентрации ОВ, его катагенетической превращенности, но и от процессов миграции. Содержания хлороформного битумоида в исследуемых образцах граптолитовых сланцев колеблются в пределах от тысячных (0,003 %) до десятых (0,788 %) долей процента на породу, что объясняется колебаниями значений $C_{орг}$, долей граптолитовой составляющей и главным образом катагенетическими изменениями ОВ.

В изучаемых образцах граптолитовых сланцев максимальных значений концентрация синбитумоидов достигает на градации $МК_1$, т. е. в начале ГФН, когда процессы новообразования битумоидов превосходят их эмиграцию. В аргиллите известковом разреза р. Тенна-Сесь концентрация синбитумоида достигает 0,433 %, степень битуминизации — 5,45 % при содержании $C_{орг}$ 7,95 %. Доля в ОВ хлороформного битумоида соответствует количеству сингенетичных битумоидов в доманикитах раннего мезокатагенеза (рис. 8; обр. 1).

В образце мергеля углеродистого из обнажения р. Мойеро ($МК_1$) при практически аналогичном содержании $C_{орг}$ 7,27 % концентрация ХБА почти в два раза больше и составляет 0,788 %. Разница в степени битуминизации (β) также превосходит в два раза — 10,84 против 5,45 % (рис. 8; обр. 2). Выполненный расчет доли синбитумоида показал, что в битумоиде из мергеля углеродистого истинная концентрация ХБА равна 0,4 %, $\beta^{ХБА}$ составляет 5,5 %. Совокупность данных свидетельствует о присутствии параавтохтонного битумоида, т. е. битумоида, сингенетичного в целом нефтегазоматеринской толще, но не изучаемому образцу породы, или о вторичном битумоиде (смесь син- и эпибитумоидов). Эпибитумоиды образуются

при первичной миграции из более древних нефтегазоматеринских горизонтов наиболее восстановленных компонентов ОВ.

В образце мергеля, отобранном в обнажении р. Летняя, при содержании $C_{орг}$ 1,85 % абсолютное значение концентрации ХБА составляет 0,25 % и является самым низким среди образцов градации $МК_1$ (рис. 8; обр. 3). Очевидно, что концентрация синбитумоида определяется содержанием ОВ. Однако значение β при содержании $C_{орг}$ 1,85 % повышенное и составляет 13,51 %, что свидетельствует о присутствии в этом образце перераспределенного внутри граптолитовой толщи параавтохтонного битумоида. Обогащенность пород $C_{орг}$ достаточна для перераспределения битумоида внутри толщи. Пересчитанная концентрация синбитумоида составила 0,13 %, которой соответствует величина β — 7 %.

Колебания абсолютных значений концентраций синбитумоидов в образцах р. Курейка (градация $МК_2^1$) — 0,05–0,27 %. В двух образцах — мергеле углеродистом ($C_{орг}$ 3,44 %) и аргиллите известковом ($C_{орг}$ 8,27 %) — абсолютные значения ХБА составляют 0,27 и 0,18 % и не пропорциональны содержанию в породах ОВ. Величина β отличается более чем в три раза — 7,85 против 2,2 % (рис. 8; обр. 5 и 7). В этой связи разница абсолютных значений ХБА и содержания ОВ объясняется, во-первых, присутствием в мергеле углеродистом параавтохтонного битумоида (вычисленная концентрация синбитумоида — 0,21 %, β — 6 %), во-вторых, различной долей граптолитовой составляющей в ОВ, о чем свидетельствует содержание Н в НОВ (5,17 против 3,9 %) (рис. 6). С уменьшением значений $C_{орг}$ и увеличением $H_{нов}$ убывает доля граптолитовой составляющей и, вероятно, растет доля фитопланктонной компоненты в ОВ, что способствует увеличению битумоидообразования в граптолитовом ОВ.

Мергели углеродистые, отобранные в разрезах р. Мойеро и в скв. Бираминская 10, выделяются среди образцов градации $МК_2$ максимальными концентрациями ХБА, равными 0,665 и 0,386 % соответственно. Значения β максимальные из всей выборки образцов — 17,55 и 16,15 % при содержаниях $C_{орг}$ 3,79 и 2,39 % (рис. 8; обр. 6 и 8), что является свидетельством наличия параавтохтонного битумоида. Рассчитанные концентрации синбитумоида составляют (%): ХБА — 0,27, β — 7 (при $C_{орг}$ 3,79) и ХБА — 0,17, β — 7 (при $C_{орг}$ 2,39).

Прямая зависимость в цепочке параметров $C_{орг}$ —ХБА— $\beta^{ХБА}$ характерна для глинистого известняка р. Курейка, в котором при содержании $C_{орг}$ 1,44 % концентрация ХБА составляет 0,05 %, величина β — 3,5 %.

Разброс значений для хлороформного битумоида между образцами определяется, во-первых, разницей в содержании ОВ в обогащенных породах, которая детерминирована среди граптолитовых сланцев примесью фитопланктонной компоненты, являющейся основной битумоидогенерирующей составляющей среди всех фациально-генетических типов сапропелевого ОВ, и,

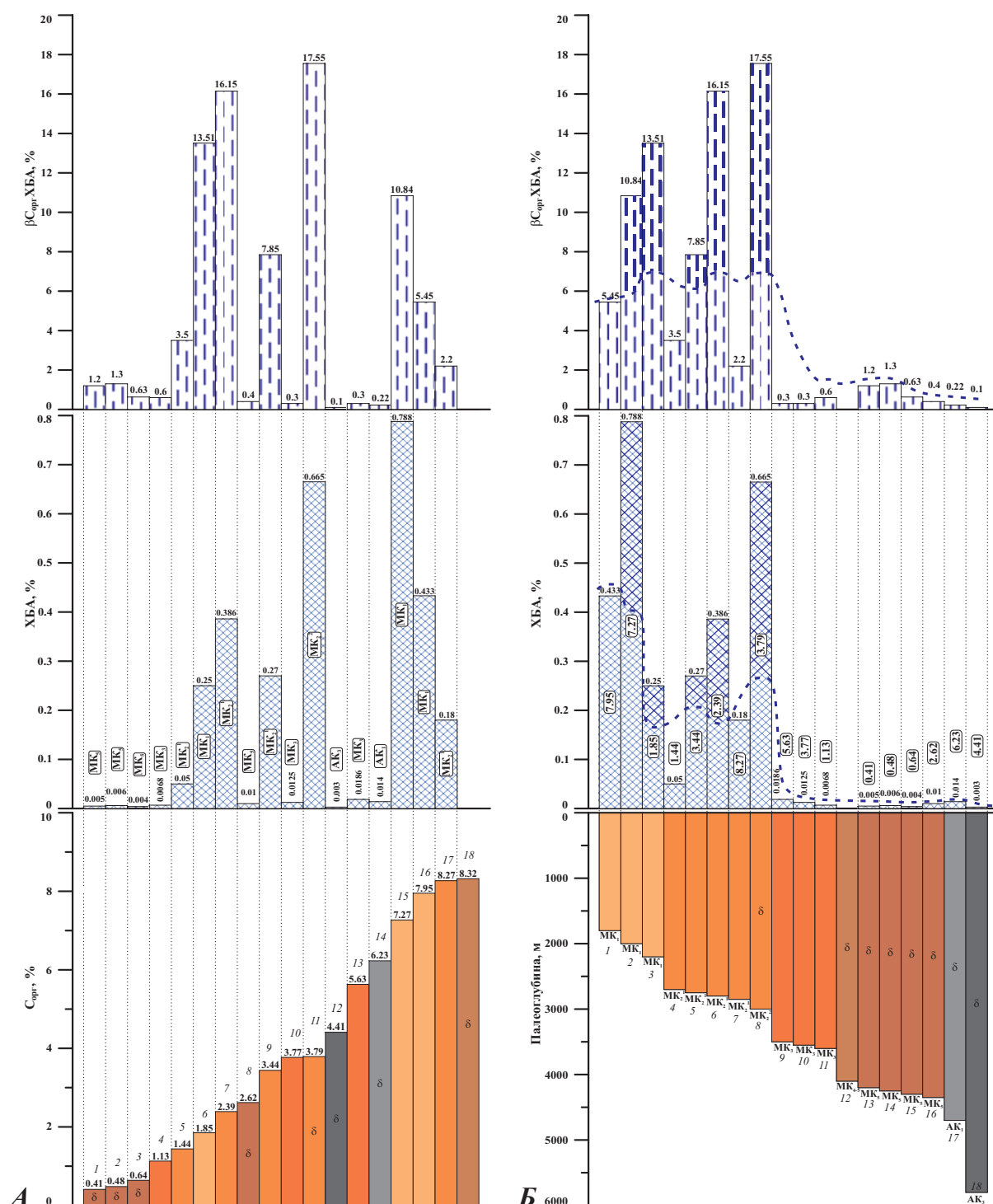


Рис. 8. Связь битуминологических параметров с содержанием углерода в породах (А) и катагенетической эволюцией ОБ (Б)

А – обр. 1–3, 8, 14 – скв. Дьявольская 8 (р. Сухая Тунгуска); обр. 4, 10, 13 – скв. Южно-Пясинская 30; обр. 11, 15 – долина р. Мойеро; обр. 5, 9, 17 – р. Курейка; обр. 6 и 16 – р. Летняя и Тенна-Сесь; обр. 7 – скв. Бираминская 10; обр. 12 – скв. Бильчанская 1; обр. 18 – скв. 24 (р. Убойная).

Б – обр. 1 и 3 – р. Тенна-Сесь и Летняя; обр. 2, 8, 16 – долина р. Мойеро; обр. 4, 5, 7 – р. Курейка; обр. 6 – скв. Бираминская 10; обр. 9–11 – скв. Южно-Пясинская 30; обр. 12 – скв. 24 (р. Убойная); обр. 13–17 – скв. Дьявольская 8 (р. Сухая Тунгуска); обр. 18 – скв. Бильчанская 1; δ – воздействие интрузий.

Пунктирная линия отвечает истинной концентрации синбитумоида

во-вторых, эмиграцией битумоида из материнских пород.

На графике изменения значений $\beta^{ХБА}$ важно отметить, что у граптолитовых сланцев от МК₁ к МК₂ фактические значения степени битуминизации с учетом эмиграции и расхода вещества, разницы в значениях $C_{орг}$, а также за исключением разностей, содержащих параавтохтонные битумоды, практически не увеличились, т. е. новообразования (генерации) и прироста синбитумоидов по большей части не происходит. При этом абсолютные значения ХБА не возросли, но напротив, заметно уменьшились, а именно от 0,433 до 0,18 %, что связано с возрастанием катагенеза, так как эмиграция в этом случае увеличивается (рис. 8).

Из анализа абсолютных значений хлороформного битумоида и его доли в ОВ (β), следует, что в собственно граптолитовом ОВ генерация ХБА заканчивается в начале градации МК₁ (максимальная палеоглубина 1800 м), т. е. битумоидообразование в граптолитовом ОВ происходит на этапе ПК₁–МК₁. Начиная с градации катагенеза МК₂¹, в граптолитовых сланцах происходит падение концентраций хлороформного битумоида вследствие снижения количества генерировавшихся нефтяных УВ. Степень битуминизации возрастает сверху вниз от ПК к МК₁, а на МК₂¹ начинает снижаться и на МК₃ падает до десятых долей процента. Тем самым в граптолитовых сланцах процессы новообразования, т. е. генерации жидких УВ и восстановления синбитумоидов, превалируют над процессами их эмиграции в интервале от протокатагенеза до раннего мезокатагенеза (МК₁), а на последующих градациях действуют только эмиграционные процессы.

Динамика флюидогенерации в катагенезе в граптолитовом ОВ носит сокращенный характер. Генерация ХБА, начавшись благодаря раннему созреванию ОВ еще на подстадии ПК (палеоглубина 1 км), заканчивается в начале МК₁, максимум которой приходится на верхнюю (раннюю) часть МК₁ (~1,6–1,8 км), а генерация легких углеводородов (C₇–C₁₄) в граптолитовом ОВ прекращается на градации МК₃/МК₄ (3800 м) с максимальным приростом также в конце градации ПК₃ – начале градации МК₁ [1; 3]. Из этого следует, что генерация жидких углеводородов из материнского керогена в граптолитовом ОВ достигает абсолютного максимума в самом начале ГФН, т. е. в начале градации МК₁ (палеотемпературы 80–90 °С). Главная фаза нефтеобразования в данном случае охватывает градации ПК_{2–3}–МК₁, т. е. при сокращенном типе зональности катагенеза главную зону нефтеобразования, когда идет основное генерационное приращение битумоидов, можно выделить в интервале палеоглубин ~1,4–2,4 км. Эмиграция ХБА и легких углеводородов (ЛУВ) в граптолитовом ОВ прекращается на МК₃ (~4,2 км). Генерация углеводородных газов (УВГ) практически растянута по всей шкале катагенеза, при этом около 2/3 углеводородов генерируется в раннем

и среднем мезокатагенезе (МК₁ – начало МК₃). Первый и основной максимум приходится на конец градации МК₁ (МК₁/МК₂). Небольшой пик генерации УВГ проявляется на градации МК₃.

Таким образом, концентрация и восстановление генерирующегося битумоида в граптолитовом ОВ достигает максимума в зоне погружения материнских отложений на глубину до 1,8–2 (?) км. С ростом глубины погружения все большее распространение получают остаточные разности битумоидов благодаря возрастающей интенсивности эмиграции УВ.

Для сравнения, доманиковое ОВ (подкласс альгозоосапропелиты с тентакулитовой основой), обладая, как и граптолитовое ОВ, определенной хитиновой составляющей (тентакулиты), обнаруживает несколько иную динамику флюидогенерации в катагенезе. Например, генерация ХБА заканчивается к концу МК₃, а генерация легких УВ еще продолжается в АК₂. ГФН охватывает градации МК₁, МК₂ и начало МК₃. При полном катагенетическом цикле доманиковое ОВ образует нефти в 2,5 раза больше, чем горючих газов (соотношение нефть/газ – 2,51) [9; 3]. Однако кероген доманиковой формации также может генерировать УВ на более ранних градациях катагенеза, так как максимум генерации ХБА приходится на конец градации МК₁. Как отмечает А. В. Ступакова с соавторами [10], уже на градации ПК/МК₁ в кремнисто-карбонатных породах доманиковой формации содержание автохтонного хлороформного битумоида достигает 7 %. Наконец, в подклассе альгосапропелитов, в составе ОВ которых доминируют фоссилизированные сине-зеленые водоросли, максимум генерации ХБА смещается еще на одну градацию и приходится на уровень конца МК₂¹ – начала МК₂². Таким образом, увеличение зоогенной компоненты в составе ОВ (граптолиты или тентакулиты) приводит к более раннему созреванию ОВ, когда генерация жидких УВ достигает максимума на этапе не выше начала МК₁ или МК₂¹.

В граптолитовом ОВ, начиная с градации катагенеза МК₂ вплоть до МК₃, происходит только эмиграция битумоида, поэтому его содержание в породе на градации МК₃ резко убывает, а в составе битумоидов преобладают остаточные разности (рис. 8; обр. 9–11). В образцах из скв. Южно-Пясинская 30 при региональном катагенезе МК₃ абсолютные значения остаточного синбитумоида не превышают первых сотых долей процента, достигая максимального значения 0,0186 % [4]. В образцах из настоящей скважины обнаруживается тренд уменьшения абсолютных значений концентраций синбитумоидов и содержания ОВ ($C_{орг}$). При изменении содержания $C_{орг}$ от 5,63 до 1,13 % концентрация синбитумоидов уменьшается от 0,0186 до 0,0068 %. Степень битуминизации, напротив, увеличивается вдвое – от 0,3 до 0,6 %. Однако существенная разница в значениях содержаний $C_{орг}$ и концентраций синбитумоидов объясняется тем, что с ростом катагенеза в процессе

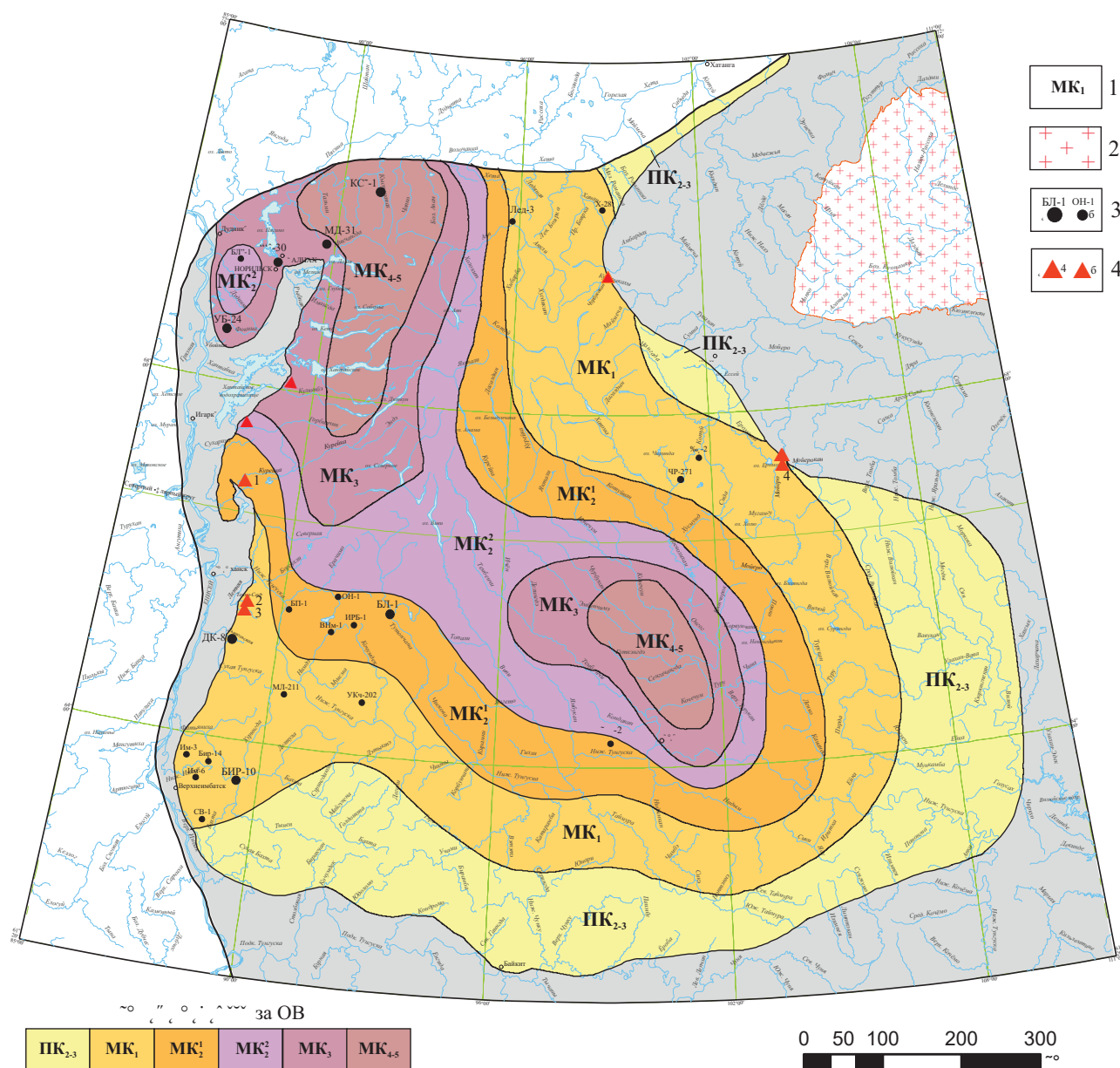


Рис. 9. Карта катагенеза ОБ в подошве мойероканского горизонта. Масштаб 1 : 5 000 000 (по Т. К. Баженовой, с изм. и доп. автора)

1 — градация катагенеза; 2 — выходы кристаллического фундамента; 3, 4 — исследуемые скважины (3) и обнажения (4) (расшифровку см. на рис. 1)

эмиграции битумоид «расходуется» значительно быстрее в сравнении с расходом ОБ.

В образцах из скв. Дьявольская 8 (р. Сухая Тунгуска), преобразованных под воздействием интрузивного тела до градации MK_5 , в ближайшем к интрузии образце до MK_5 — AK_1 при региональном катагенезе MK_1 значимыми в содержании остаточного битумоида становятся только тысячные доли процента (0,004–0,005 %) при субдоманикоидных концентрациях остаточного рассеянного ОБ и в единичных образцах — сотые доли процента (0,01–0,014 %) при доманикоидной и доманикитной концентрации $C_{орг}$ (рис. 8; обр. 13–17). На градации MK_5 заканчивается эмиграция битумоида в граптолитовом ОБ. В образцах скв. Дьявольская 8 при изменении значений

$C_{орг}$ от 6,23 до 0,41 %, уменьшающихся вверх по разрезу, сотые доли процента в значениях ХБА характерны для двух образцов с максимальными содержаниями $C_{орг}$ — 2,62 и 6,23 % (рис. 8).

В подстадии апокатагенеза концентрация синбитумоидов в породах — при любой концентрации $C_{орг}$ — не выше $n \times 0,00n$ %. В образце мергеля углеродистого из скв. Бильчанская 1, преобразованном под действием интрузии до градации позднего апокатагенеза, концентрация синбитумоида и степень битуминизации — самые минимальные из всей выборки. Их значения равны 0,003 и 0,1 % соответственно (рис. 8; обр. 18).

В рамках одинаковых градаций катагенеза степень битуминизации ОБ находится в обратной связи с содержанием $C_{орг}$. Закономерность

В. А. Успенского — Н. Б. Вассоевича об увеличении степени битуминизации ОВ по мере уменьшения его концентрации в большинстве образцов выдерживается (рис. 8). Связь концентраций $C_{орг}$ с составом исходного материала фоссилизированного ОВ — одна из причин проявления настоящей закономерности. Исключение составляют граптолитовые сланцы, отобранные на р. Летняя (МК₁; обр. 3), Мойеро (МК₁; обр. 2 и МК₂¹; обр. 8), Курейка (МК₂¹; обр. 5) и в скв. Бираминская 10 (МК₂¹; обр. 6), в которых наблюдаются результаты перераспределения битумоидной составляющей ОВ внутри материнской толщи с образованием параавтохтонного битумоида или присутствие смешанного битумоида.

В граптолитовых сланцах генерационно-эмиграционное соотношение нефть/газ (ХБА + ЛУВ/УВГ) является самым низким среди прочих типов сапропелитов и численно равно 1,5, т. е. на конец катагенеза граптолитовое ОВ образует нефти в 1,5 раза больше, чем горючих газов. Эта величина сопоставима с таковой в разностях со смешанным ОВ, в составе которого преобладает сапропелевая часть.

Карта катагенеза ОВ в подошве нижнего силура. Метаморфизм ОВ в основании силурийских отложений возрастает по направлению с юга и юго-востока на северо-запад (Норильский и Игарский районы), достигая наиболее высоких градаций МК₃–МК_{4–5} (рис. 9). Южнее в пределах Туруханского района (включая бассейны рек Курейка и Северная) ОВ находится на градации МК₂. На восточном борту синеклизы ОВ в основании силура достигает градации МК₁, тогда как в крайней юго-восточной части и в бассейне р. Подкаменная Тунгуска преобладает градация ПК_{2–3}; в пределах зоны протокатагенеза граптолитовые фации отсутствуют.

Заключение. Исходным материалом для формирования ОВ исследуемых образцов послужили граптолиты — морские зоопланктонные организмы с хитиновым наружным скелетом. Чем больше в составе ОВ остатков граптолитов, тем выше в породах содержание $C_{орг}$. В этом же направлении происходит уменьшение содержания Н в НОВ и всех пиролизических параметров. Нефтематеринский потенциал органического вещества определяется содержанием в нем водорода. Особенностью зоогенного ОВ граптолитовых сланцев, по сравнению с фитопланктонным типом ОВ, является пониженное содержание в керогене водорода, повышенное углерода и азота. Следовательно доминирование граптолитовой составляющей снижает потенциальные нефтеобразующие свойства ОВ.

При увеличении доли граптолитовой составляющей происходит уменьшение значения $\beta^{ХБА}$. Одна из причин проявления закономерности В. А. Успенского — Н. Б. Вассоевича — разница биоценологических типов ОВ. Количество битумоидов возрастает с уменьшением массы ОВ.

Однако большие размеры и масса зоопланктона с относительно пониженной липидностью увеличивают массу ОВ ($C_{орг}$), снижая генерированную долю битумоида. У граптолитовых сланцев максимум генерации хлороформного битумоида приходится на начало градации МК₁ (МК₃/МК₁), в подклассе оксисорбосапропелитов и альгозоосапропелитов с тентакулитовой основой — на начало МК₂¹ (МК₁/МК₂¹), тогда как в истинных альгосапропелитах — на конец МК₂¹ (МК₂¹/МК₂²), что свидетельствует о существенно более быстром созревании в катагенезе зоогенного типа ОВ с граптолитовой основой. В исходном ОВ граптолитовых сланцев определенная доля принадлежит альгопланктону, составляющему важную битумоидогенерирующую часть, что определяет их как подкласс альгозоосапропелитов. Чем больше доля фитопланктона в био- и танатоценозах, тем выше нефтематеринский потенциал фоссилизированного ОВ граптолитовых сланцев, т. к. планктонные водоросли обладают наибольшими концентрациями липидно-липоидных компонентов, являющихся основным источником углеводородов ОВ ископаемых осадков [2]. Кроме того, в связи с тем, что для альгосапропелитов максимум генерации битумоидов приходится на середину градации МК₂, примесь фитопланктонной компоненты может быть причиной смещения максимума генерации ХБА в граптолитовом ОВ ниже градации МК₁.

В ряде образцов, в особенности разреза р. Мойеро, общий битуминозный фон повышен, это дает основание предположить, что толща граптолитовых сланцев испытала влияние подтока углеводородных флюидов, единственным и главным источником которых могли выступать углеродистые отложения куонамской свиты ($C_{1–2} kn$). Окончательно вторичная природа битумоида может быть установлена при интерпретации индивидуального состава углеводородов и его генетической корреляции с данными других образцов.

Автор выражает благодарность А. И. Ларичеву, оказавшему поддержку в проведении исследований, Т. К. Баженовой за предоставленный исходный материал и ценные консультации, Г. М. Волковой, Ю. И. Боровихиной и Л. И. Исаковой за помощь в выполнении углепетрографических и аналитических исследований.

1. Баженова Т. К., Шиманский В. К. Исследование онтогенеза углеводородных систем как основа раздельного прогноза нефте- и газоносности осадочных бассейнов [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2007. — Т. 2. — URL: <http://www.ngtp.ru/rub/1/008.pdf> (дата обращения: 20.06.2021).

2. Баженова Т. К., Шапиро А. И. Алифатические углеводороды синбитумоидов как показатель фациально-генетического типа органического вещества [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2008. — Т. 3. — № 3. — URL: http://www.ngtp.ru/rub/1/28_2008.pdf (дата обращения: 10.07.2021).

3. Баженова Т. К. Основы региональной органической геохимии. — М.: ГЕОС, 2020. — 120 с.
4. Маркова Л. Г., Баженова Т. К., Матухина В. Г. Основные черты геохимии органического вещества в граптолитовых сланцах Норильского района // Геология и геофизика. — 1969. — № 3. — С. 67–75.
5. Маркова Л. Г. О составе битумоидов ордовикско-силурийских отложений Тунгусской синеклизы // Новые данные по геологии и нефтегазоносности Сибирской платформы. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1973. — С. 96–98. (Тр. СНИИГГиМС; Вып. 167).
6. Обут А. М. Граптолитовые сланцы силура и связанные с ними нефтепроявления в Средней Азии // Геология и геохимия. — Л., Гостоптехиздат, 1975. — № I (VII). — С. 228–235.
7. Опорный разрез реки Мойеро силура Сибирской платформы / Ю. И. Тесаков, Н. Н. Предтеченский, А. Я. Бергер [и др.]. — Новосибирск: Наука, 1985. — 174 с.
8. Органическая геохимия палеозоя и допалеозоя Сибирской платформы и прогноз нефтегазоносности / под ред. К. К. Макарова, Т. К. Баженовой. — Л.: Недра, 1981. — 211 с.
9. Органическая геохимия Тимано-Печорского бассейна / Т. К. Баженова, В. Ф. Васильева, Л. И. Климова [и др.]. — СПб.: ВНИГРИ, 2008. — 164 с.
10. Ступакова А. В. Поисковые критерии нефти и газа в доманиковых отложениях Волго-Уральского бассейна / А. В. Ступакова, Н. П. Фадеева, Г. А. Калмыков, А. Х. Богомолов, Т. А. Кирюхина, Н. И. Коробова, Т. А. Шарданова, А. А. Суслова, Р. С. Сауткин, Е. Н. Полудеткина, Е. В. Козлова, Д. В. Митронов, Ф. В. Коркоц // Георесурсы. — 2015. — № 2 (61). — С. 77–86.
11. Суханов А. А., Баженова Т. К., Котельникова Е. Н. Структурные характеристики углеродного компонента керогена сапропелитов: зависимость от биоценоотического типа исходного органического вещества и степени его катагенеза [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2009. — Т. 4. — № 4. — URL: http://www.ngtp.ru/rub/1/40_2009.pdf (дата обращения: 25.08.2021).
12. Henrik I. Petersen, Niels H. Schovsbo, Arne T. Nielsen. Reflectance measurements of zooclasts and solid bitumen in Lower Paleozoic shales, southern Scandinavia: Correlation to vitrinite reflectance // International Journal of Coal Geology. — 2013. — № 114. — Pp. 1–18.
2. Bazhenova T. K., Shapiro A. I. Aliphatic hydrocarbons of synbitumoids as an index of a facial-genetic type of organic matter. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2008, vol. 3, no. 3, available at: http://www.ngtp.ru/rub/1/28_2008.pdf (accessed: 10 July 2021). (In Russian).
3. Bazhenova T. K. Osnovy regional'noy organicheskoy geokhimii [Fundamentals of regional organic geochemistry]. Moscow, 2020, 120 p.
4. Markova L. G., Bazhenova T. K., Matukhina V. G. Osnovnye cherty geokhimii organicheskogo veshchestva v graptolitovykh slantsakh Noril'skogo rayona [The main features of the geochemistry of organic matter in the graptolite shales of the Norilsk region]. *Geologiya i geofizika*, 1969, no. 3, pp. 67–75. (In Russian).
5. Markova L. G. O sostave bitumoidov ordoviksko-siluriyskikh otlozheniy Tungusskoy sineklizy [On the composition of bitumoids of the Ordovician-Silurian deposits of the Tunguska syncline]. *Novye dannye po geologii i neftegazonosnosti Sibirskoy platformy*. Novosibirsk, 1973, pp. 96–98. (In Russian).
6. Obut A. M. Graptolitovye slantsy silura i svyazannye s nimi nefteproyavleniya v Sredney Azii [Silurian graptolite shales and related oil occurrences in Central Asia]. *Geologiya i geokhimiya*. Leningrad, Gostoptekhizdat, 1975, no. I (VII), pp. 228–235. (In Russian).
7. Tesakov Yu. I., Predtechenskiy N. N., Berger A. Ya. et al. Opornyy razrez reki Moyero silura Sibirskoy platformy [Standard section of the Moyero River of the Silurian of the Siberian platform]. Novosibirsk, Nauka, 1985, 174 p.
8. Makarov K. K., Bazhenova T. K. (eds.). Organicheskaya geokhimiya paleozoya i dopaleozoya Sibirskoy platformy i prognoz neftegazonosnosti [Organic geochemistry of the Paleozoic and Pre-Paleozoic of the Siberian platform and the forecast of their petroleum potential]. Leningrad, Nedra, 1981, 211 p.
9. Bazhenova T. K., Vasil'eva V. F., Klimova L. I. et al. Organicheskaya geokhimiya Timano-Pechorskogo basseyna [Organic geochemistry of the Timan-Pechora basin]. St. Petersburg, 2008, 164 p.
10. Stupakova A. V., Fadeeva N. P., Kalmykov G. A., Bogomolov A. Kh., Kiryukhina T. A., Korobova N. I., Shardanova T. A., Suslova A. A., Sautkin R. S., Poludetkina E. N., Kozlova E. V., Mitronov D. V., Korkots F. V. Criteria for oil and gas search in domanic deposits of the Volga-Ural basin. *Georesursy*, 2015, no. 2 (61), pp. 77–86. (In Russian).
11. Sukhanov A. A., Bazhenova T. K., Kotelnikova E. N. Structural characteristics of a carbonic component of sapropelite kerogen: dependence on the biocoenosis type of original organic matter and the degree of its catagenesis. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2009, vol. 4, no. 4, available at: http://www.ngtp.ru/rub/1/40_2009.pdf (accessed 25 August 2021). (In Russian).
12. Henrik I. Petersen, Niels H. Schovsbo, Arne T. Nielsen. Reflectance measurements of zooclasts and solid bitumen in Lower Paleozoic shales, southern Scandinavia: Correlation to vitrinite reflectance. *International Journal of Coal Geology*, 2013, no. 114, pp. 1–18.

Рясной Андрей Андреевич — инженер, аспирант, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <Andrey_Ryasnoy@vsegei.ru>

Ryasnoy Andrey Andreevitch — Engineer, Post-graduate Student, A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <Andrey_Ryasnoy@vsegei.ru>

Перечень статей, опубликованных в 2021 году

85

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ / REGIONAL GEOLOGY

- В. А. Снежко, В. В. Снежко, Л. Н. Шарпёнок* 5–20
Малкинский гранит-лейкогранитовый плутонический комплекс (Северный Кавказ)
V. A. Snezhko, V. V. Snezhko, L. N. Sharpenok
Malkinsky granite-leukogranite plutonic complex (North Caucasus)
- В. А. Шахвердов, Ю. П. Кропачев, А. А. Московцев, О. В. Дронь* 21–30
Новые данные о причинах формирования кольцевых структур на льду озера Байкал
V. A. Shakhverdov, Yu. P. Kropachev, A. A. Moskovtsev, O. V. Dron
New data on the reasons for the ring structure formation on the ice of Lake Baikal

МЕТАЛЛОГЕНИЯ / METALLOGENY

- В. Ф. Проскурнин, О. В. Петров, А. П. Романов, И. И. Курбатов, А. В. Гавриш, М. А. Проскурнина* 31–49
Центрально-Арктический золотосодержащий медно-молибден-порфировый пояс
V. F. Proskurnin, O. V. Petrov, A. P. Romanov, I. I. Kurbatov, A. V. Gavrish, M. A. Proskurnina
Central Arctic gold-bearing copper-molybdenum-porphyritic belt
- С. И. Турченко, Т. Л. Турченко* 50–57
Особенности металлогении протерозойских интракратонных бассейнов
Фенноскандинавского и Канадского щитов
S. I. Turchenko, T. L. Turchenko
Features of metallogeny of Proterozoic intracratonic basins in the Fennoscandian and Canadian Shields
- В. А. Степанов* 58–66
Золоторудные месторождения провинции Зимбабве
V. A. Stepanov
Gold deposits of the Zimbabwe Province
- С. И. Трушин, В. Е. Кириллов, А. С. Лапенко* 67–78
Благороднометалльные рудные формации зон активизации востока Яно-Колымской
складчатой системы (Магаданская область, Россия)
S. I. Trushin, V. E. Kirillov, A. S. Lapenko
Noble metal ore formations in the activation zones in the eastern Yana-Kolyma Fold System
(Magadan Region, Russia)
- А. С. Духанин, С. Г. Алексеев, Н. П. Сенчина, О. Ф. Путиков* 79–92
Подвижные формы нахождения металлов при электрохимическом воздействии на
сульфидные минералы
A. S. Dukhanin, S. G. Alekseev, N. P. Senchina, O. F. Putikov
Mobile forms of metal speciation under electrochemical action upon sulfide minerals
- Г. А. Олейникова, Ю. Н. Борин, В. Л. Кудряшов, В. А. Шишлов, С. С. Шевченко, О. В. Петров* 93–102
Восстановительное разложение — основа универсальной методики анализа горных пород на
содержание благородных металлов
G. A. Oleynikova, Yu. N. Borin, V. L. Kudryashov, V. A. Shishlov, S. S. Shevchenko, O. V. Petrov
Reductive decomposition: A basis for the universal technique of analyzing rocks for noble metals
content

ДИСКУССИЯ / DISCUSSION

- В. С. Шкодзинский* 103–113
Эволюция геодинамических обстановок в истории Земли
V. S. Shkodzinskiy
Evolution of geodynamic settings in the Earth history

ЮБИЛЕИ / ANNIVERSARIES

- Анатолию Михайловичу Карпунину — 85 лет 114
Anatoliyu Mikhaylovichu Karpuninu — 85 years

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ / REGIONAL GEOLOGY

- М. А. Шишкин, С. И. Шкарубо, А. Г. Коннов, Г. В. Савельев* 5–10
Особенности тектонического строения полярного сегмента Урало-Новоземельской складчатой системы
M. A. Shishkin, S. I. Shkarubo, A. G. Konnov, G. V. Savel'ev
Tectonics of the Polar Urals – Novaya Zemlya fold belts
- О. Ю. Носова, А. А. Ваишков* 11–22
Петрографический состав крупнообломочной фракции тиллов западного сегмента ледникового аккумулятивного комплекса Терских Кейв (юг Кольского полуострова)
O. Yu. Nosova, A. A. Vashkov
Lithologic composition of coarse clastic fraction of the tillite from the west part of the Terskie Keivy glacial accumulative complex, southern Kola Peninsula
- В. Н. Смирнов, К. С. Иванов, А. В. Коровко* 23–30
Результаты U-Pb SIMS датирования коллизионных гранодиорит-гранитных массивов Восточной зоны Среднего Урала
V. N. Smirnov, K. S. Ivanov, A. V. Korovko
Collision granodiorite-granite massifs in the eastern zone of the Middle Urals: U-Pb SIMS geochronology and tectonic settings
- Г. А. Козлов, В. Е. Гузев, А. В. Молчанов, А. В. Терехов* 31–44
Литолого-геохимические особенности раннекембрийских карбонатных отложений юго-восточной части Анабаро-Синской структурно-формационной области Республики Саха (Якутия) и их связь со стратиформным свинцово-цинковым оруденением
G. A. Kozlov, V. E. Guzev, A. V. Molchanov, A. V. Terekhov
Lithology and geochemistry of the Early Cambrian carbonate deposits in the SE Anabar-Sin region, the Republic of Sakha (Yakutia), and their implication to stratiform Pb-Zn mineralization
- И. М. Фрумкин* 45–61
Геодинамические режимы в раннем архее Алданского щита
I. M. Frumkin
Early Archean geodynamic regimes in the Aldan Shield
- Д. В. Рябчук, А. Ю. Сергеев, В. А. Жамойда, Е. О. Петров, Л. М. Буданов, А. В. Крек, Е. С. Бубнова, А. Р. Данченков, И. А. Неевин, О. А. Ковалёва* 62–81
Новые данные о дегляциации восточной части Финского залива по результатам детального геологического картирования
D. V. Ryabchuk, A. Yu. Sergeev, V. A. Zhamoida, E. O. Petrov, L. M. Budanov, A. V. Krek, E. S. Bubnova, A. R. Danchenkov, I. A. Neevin, O. A. Kovaleva
New data on deglaciation in the Eastern Gulf of Finland: results of high-resolution geological mapping

МЕТАЛЛОГЕНИЯ / METALLOGENY

- Л. В. Вороняева, З. В. Крупеник* 82–91
Новое проявление золота Титовско-Урагубской зеленокаменной структуры позднего архея (Кольский регион)
L. V. Voronyaeva, Z. V. Krupenik
New gold lode in the Late Archean Titovka-Uraguba suture (Kola Peninsula)
- С. И. Турченко* 92–96
Структурно-морфологические формы размещения мафит-ультрамафитовых интрузий с сульфидным Cu-Ni-PGE оруденением
S. I. Turchenko
Mafic-ultramafic intrusions with sulfide Cu-Ni-PGE mineralization: morphology and structural position
- А. А. Кирсанов, М. Ю. Смирнов, К. Л. Липияйнен, Г. А. Кирсанов* 97–106
Новый метод выявления окolorудных гидротермально измененных пород по космическим гиперспектральным данным на примере Ломамского потенциально золоторудного района, Республика Саха (Якутия)
A. A. Kirsanov, M. Yu. Smirnov, K. L. Lipiaynen, G. A. Kirsanov
A new method of identification of hydrothermally altered wallrock based on satellite hyperspectral data: example of the Lomamsky potential gold ore field, Republic of Sakha (Yakutia)

- Ю. Б. Миронов, А. М. Карпунин, В. З. Фукс 107–115
 Зарубежные месторождения тория
Yu. B. Mironov, A. M. Karpunin, V. Z. Fuks
 Thorium deposits: a global review

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ / BRIEF REPORTS

- Состоялось заседание Коллегии Федерального агентства по недропользованию 116
 The Board Meeting of the Federal Agency on Mineral Resources was held

НЕКРОЛОГИ / OBITUARIES

- Ушел из жизни Владимир Дмитриевич Крюков 117–118
 Vladimir Dmitrievich Kryukov passed away
 Памяти Александра Ивановича Жамойды 119
 In memory of Alexander Ivanovich Zhamoyda

№ 87

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ / REGIONAL GEOLOGY

- С. В. Гаврилов, А. Л. Харитонов 4–16
 Геотермодинамическая модель предполагаемой палеозоны литосферной субдукции в районе Черноморской впадины и ее связь с металлогенической зональностью Крыма и Кавказа
S. V. Gavrilov, A. L. Kharitonov
 Geothermodynamic model of the supposed paleozone of lithospheric subduction in the Black Sea Basin and its relation to the metal genesis zonation of the Crimea and the Caucasus
- В. Ю. Забродин 17–27
 Взаимодействие Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов в позднем триасе – юре на территории Нижнего Приамурья (Дальний Восток)
V. Yu. Zabrodin
 Interaction of the Central Asian and Pacific Mobile Belts in the Late Triassic-Jurassic in Lower Priamurye (Russian Far East)
- В. Е. Гузев, Г. А. Козлов, А. В. Терехов, А. В. Молчанов, И. О. Лебедев, Ю. Л. Светлова 28–41
 Чаро-Синский дайковый пояс (среднее течение р. Лена): локальный U-Pb возраст циркона и петролого-геохимические особенности
V. E. Guzev, G. A. Kozlov, A. V. Terekhov, A. V. Molchanov, I. O. Lebedev, Yu. L. Svetlova
 Chara-Sinsk dike swarm (middle reach of the Lena River): local U-Pb age of zircon and petrological and geochemical features of rocks
- В. И. Астахов, Л. Е. Пестова, В. К. Шкатова 42–60
 Лёссовиды Российской Федерации: распространение и возраст
V. I. Astakhov, L. Ye. Pestova, V. K. Shkatova
 Loessoids of the Russian Federation: distribution and age
- Н. Н. Попова, Т. Г. Прошина 61–68
 О возрасте, генезисе и минералогии каспинской свиты (юг Красноярского края)
N. N. Popova, T. G. Proshina
 On the age, genesis, and mineralogy of the Kaspia Formation (south of the Krasnoyarsk Region)
- А. С. Застрожных, Т. А. Янина, Г. А. Данукалова, О. И. Застрожная, Е. М. Осипова 69–78
 О находках каспийских моллюсков плейстоцена в центральной части Русской равнины (по следам статьи А. В. Крылова, Д. Ю. Большианова и Р. Марке «Моллюски эоплейстоцена центральной части Русской равнины и их палеогеографическое значение»)
A. S. Zastrozhnov, T. A. Yanina, G. A. Danukalova, O. I. Zastrozhnova, E. M. Osipova
 Finds of the Caspian Pleistocene molluscs in the central part of the Russian Plain (following A. V. Krylov, D. Yu. Bolshiyonov and R. Marke *Eopleistocene Mollusks in the central part of the Russian Plain and their paleogeographic significance*)

- В. П. Гребеничиков, Н. В. Гребениčkова, И. П. Капитальчук* 79–86
Инженерно-геологические условия территории города Бендеры
V. P. Grebenshchikov, N. V. Grebenshchikova, I. P. Kapitalchuk
Engineering geology in the Bendery urban area

МЕТАЛЛОГЕНИЯ / METALLOGENY

- Л. И. Ефанова, Т. П. Майорова, К. Г. Пархачева* 87–101
Золотоносные метасоматиты хребта Енганепэ (Полярный Урал)
L. I. Efanova, T. P. Mayorova, K. G. Parhacheva
Auriferous metasomatite from the Enganepe Ridge (Polar Urals)
- С. И. Турченко* 102–109
Металлогения мантийных плюмов и ассоциирующих с ними тектономагматических структур
S. I. Turchenko
Metallogeny of mantle plumes and related tectono-magmatic structures
- А. Б. Макеев, Б. А. Макеев, С. Е. Борисовский* 110–117
Новая минеральная фаза — фосфат тория (Средний Тиман, Республика Коми)
A. B. Makeev, B. A. Makeev, S. E. Borisovskiy
Thorium phosphate: New mineral phase (Middle Timan, Komi Republic)

ЮБИЛЕИ / ANNIVERSARIES

- Евгений Аркадьевич КИСЕЛЁВ 118
Evgeniy Arkadevich KISELEV

88

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ / REGIONAL GEOLOGY

- О. В. Петров* 5–26
Академик А. П. Карпинский — директор Геолкома (1885–1903). Российская научная школа геологической картографии
O. V. Petrov
Academician A. P. Karpinsky as Geological Committee director (1885–1903). Russian scientific school of geological mapping
- А. Р. Соколов* 27–32
Палеонтологические открытия А. П. Карпинского в экспозиции Центрального научно-исследовательского геологоразведочного музея им. академика Ф. Н. Чернышёва
A. R. Sokolov
Paleontological discoveries of A. P. Karpinsky in the exposition of the Academician F. N. Chernyshev Central Geological Research Museum
- В. А. Шахвердов* 33–38
О новых принципах геоэкологического районирования
V. A. Shakhverdov
On new principles of geoenvironmental zoning (main theses)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ / METALLOGENY

- А. В. Молчанов, О. В. Петров, В. И. Леонтьев, В. В. Шатов, Г. А. Козлов, А. В. Терехов, И. О. Лебедев, Е. И. Хорохорина, Д. С. Ашихмин, Д. С. Артемьев, К. А. Кукушкин, Г. Б. Лебедева, В. Е. Гузев, О. Л. Соловьёв, Д. Ю. Титов* 39–64
Алдано-Вилуйская провинция — новая рудно-россыпная золотоносная территория на востоке России
A. V. Molchanov, O. V. Petrov, V. I. Leont'ev, V. V. Shatov, G. A. Kozlov, A. V. Terekhov, I. O. Lebedev, E. I. Khorokhorina, D. S. Ashikhmin, D. S. Artem'ev, K. A. Kukushkin, G. B. Lebedeva, V. E. Guzev, O. L. Solov'ev, D. Yu. Titov
Aldan-Viluy province — a new ore- and placer gold-bearing area in the East of Russia

- Г. А. Козлов, С. В. Кашин, В. Е. Гузев, А. В. Молчанов, А. В. Терехов* 65–83
 Минералого-геохимические особенности и рудоносность апокарбонатно-кремнистых гидротермально-метасоматических образований в раннекембрийских отложениях Синско-Ботомской структурно-формационной зоны, Республика Саха (Якутия)
G. A. Kozlov, S. V. Kashin, V. E. Guzev, A. V. Molchanov, A. V. Terekhov
 Mineralogical and geochemical features and ore potential of apocarbonate-siliceous hydrothermally altered rocks in the Early Cambrian deposits of the Sinsk-Botomian Formation, Republic of Sakha (Yakutia)
- Р. А. Леденгский* 84–98
 Картирование интрузивных массивов северной части Балыгычано-Сугойского прогиба (Магаданская область) по геофизическим данным
R. A. Ledengskiy
 Mapping of intrusive massifs in the northern part of the Balygychan-Sugoi Trough (Magadan Region) based on geophysical data
- А. А. Рясной* 99–116
 Граптолитовые сланцы нижнего силура Тунгусской синеклизы и их нефтегазоматеринские свойства (Восточная Сибирь)
A. A. Rysnoy
 Lower Silurian graptolitic shales of the Tunguska Syncline and its oil and gas source properties (East Siberia)

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 прилагается сопроводительное письмо организации и акт экспертизы (для русскоязычных статей) о возможности публикации в открытой печати. Положительный отзыв (рецензия) не является основанием для публикации статьи. Статья должна быть предоставлена в издательство в двух вариантах: для рецензента (1) и редакции (2) с целью дальнейшего опубликования в журнале после внесения всех необходимых замечаний и исправлений.

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 A4. Распечатка должна полностью соответствовать электронной версии. Шрифт текста Times New Roman, размер 12 пт, междустрочный 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 см².

3. К статье обязательно прилагаются аннотация (не более 10 строк) и ключевые слова (не более 5–7 слов) на русском и английском языках.

4. Таблицы обязательно должны иметь название, слова в названиях таблиц не сокращаются. Все таблицы набираются шрифтом Times New Roman (размер 9 пт, через один интервал). Максимальный размер таблиц не должен пре-

вышать размера журнальной полосы — 17×25 см. Одно-типные таблицы строятся одинаково.

5. Иллюстрации должны иметь размеры по ширине, соответствующие их информативности: 8 см (на одну колонку) либо 17 см (на две колонки), по высоте не превышать 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. В варианте (1) рисунки и таблицы завершаются в текст или помещаются в конец статьи, в варианте (2) таблицы и рисунки в текст не завершаются 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 применением 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 и в квадратных скобках перевод заголовка статьи с указанием курсивом либо транслитерированного (при отсутствии официального названия на английском языке), либо переводного названия журнала (при наличии официального названия на английском языке: см. на сайте соответствующего журнала, в базах данных, в том числе на платформах Scopus, Web of Science, eLibrary); на статью из сборника — транслитерация и в квадратных скобках перевод заголовка статьи с указанием курсивом транслитерированного названия 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. Межеловского. — М.: Геокарт, 2002.

Российский металлургический 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