

ISSN 0869-5997

и РУДЫ 
МЕТАЛЛЫ
ORES AND METALS



100 ЛЕТ
СО ДНЯ ОБРАЗОВАНИЯ
ЯКУТСКОЙ АССР

2/2022

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ 2/2022

Учредитель

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов»
Роснедра Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации

Свидетельство о регистрации средства массовой информации № 01919 от 21 декабря 1992 г.

Решением Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации журнал включён
в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные
результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора и кандидата наук»

Москва, ЦНИГРИ, 2022

Журнал издается при поддержке Международной
ассоциации по генезису рудных месторождений



ORES AND METALS 2/2022

Founded by FSBI «Central research institute of geological prospecting for base and precious metals» (TsNIGRI)
Federal Agency for Subsoil Use

Mass media registration certificate No 01919 (21.12.1992).

Published since 1992

Moscow, TsNIGRI, 2022

The Journal is published with the support of the IAGOD
(International association on the genesis of ore deposits)



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Черных Александр Иванович

главный редактор
генеральный директор ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Иванов Анатолий Иннокентьевич

заместитель главного редактора
научный руководитель ФГБУ «ЦНИГРИ»
доктор геолого-минералогических наук

Пирайно Франко

заместитель главного редактора
по международным публикациям
профессор, Университет Западной Австралии,
г. Перт, Австралия

Наумов Евгений Анатольевич

заместитель главного редактора по общим вопросам
заместитель генерального директора
по научной работе ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Жаркова Вера Сергеевна

заместитель главного редактора
по редакционно-издательской деятельности
заместитель заведующего редакционно-оформительским
отделом ФГБУ «ЦНИГРИ»

Аракчев Дмитрий Борисович

генеральный директор ФГБУ «Росгеолфонд»
кандидат технических наук

Волчков Алексей Гордеевич

заведующий научно-методическим отделением ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Вымазалова Анна

Чешская геологическая служба, г. Прага, Чешская Республика

Голубев Юрий Конкордьевич

заведующий отделом алмазов ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Горячев Николай Анатольевич

главный научный сотрудник СВКНИИ ДВО РАН
доктор геолого-минералогических наук, чл.-корр. РАН

Дементьев Владимир Евгеньевич

генеральный директор АО «Иргиредмет»
кандидат технических наук

Звездов Вадим Станиславович

заведующий отделом металлогении ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Калинин Юрий Александрович

главный научный сотрудник ИГМ СО РАН
доктор геолого-минералогических наук

Кременецкий Александр Александрович

советник генерального директора ФГБУ «ИМГРЭ»
доктор геолого-минералогических наук

Кряжев Сергей Гаврилович

заведующий отделом минералогии
и изотопной геохимии ФГБУ «ЦНИГРИ»
доктор геолого-минералогических наук

Кузнецов Владимир Вениаминович

заведующий отделом цветных металлов ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Ленц Дэвид

профессор, Университет Нью Брунсуик, Канада

Мишенин Сергей Григорьевич

заведующий отделом геофизики ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Похиленко Николай Петрович

научный руководитель ИГМ СО РАН
доктор геолого-минералогических наук, академик РАН

Проскурнин Василий Фёдорович

заведующий отделом региональной геологии и полезных
ископаемых Восточных районов России ФГБУ «ВСЕГЕИ»
доктор геолого-минералогических наук

Зельтман Реймар

профессор, Музей естественной истории,
г. Лондон, Великобритания

Толстов Александр Васильевич

директор НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)
доктор геолого-минералогических наук

Третьякова Ирина Геннадьевна

учёный секретарь ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Фридовский Валерий Юрьевич

директор ИГАБМ СО РАН
доктор геолого-минералогических наук, профессор

EDITORIAL BOARD

Alexander I. Chernykh

Editor-in-chief
FSBI TsNIGRI, General Director
PhD

Anatoly I. Ivanov

Deputy editor-in-chief
FSBI TsNIGRI, Scientific Director
PhD

Franco Pirajno

Deputy editor-in-chief for international publications
Dr., Adjunct Professor at Centre for Exploration Targeting,
University of Western Australia

Evgeniy A. Naumov

Deputy Editor-in-chief
FSBI TsNIGRI, Deputy Director for Research
PhD

Vera S. Zharkova

Deputy editor-in-chief for editorial and publishing activities
Head of editorial and design department, FSBI TsNIGRI

Dmitry B. Arakcheev

FSBI Rosgeolfond, General Director
PhD

Alexey G. Volchkov

Head of scientific and methodical department, FSBI TsNIGRI
PhD

Anna Vymazalova

Dr., Czech Geological Survey, Czech Republic

Yuri K. Golubev

Head of diamond department, FSBI TsNIGRI
PhD

Nikolay A. Goryachev

Chief researcher, NEISRI FEB RAS
Corr. Member of RAS

Vladimir E. Dementiev

General Director, JSC Irgiredmet
PhD

Vadim S. Zvezdov

Head of metallogeny department, FSBI TsNIGRI
PhD

Yuri A. Kalinin

Chief researcher, IGM SB RAS
PhD

Alexander A. Kremenetsky

Advisor to General Director, FSBI IMGRE
PhD

Sergey G. Kryazhev

Head of mineralogy and isotope geochemistry
department, FSBI TsNIGRI
PhD

Vladimir V. Kuznetsov

Head of base metals department, FSBI TsNIGRI
PhD

David Lentz

Dr., Professor, University of New Brunswick, Canada

Sergey G. Mishenin

Head of geophysics department, FSBI TsNIGRI
PhD

Nikolay P. Pokhilenko

Scientific Director, IGM SB RAS
Academician of RAS

Vasily F. Proskurin

Head of the eastern Russia regional geology
and minerals department, FSBI VSEGEI
PhD

Reimar Seltmann

Dr., Professor, Head of CERCAMS (Centre for Russian
and Central EurAsian Mineral Studies),
Natural History Museum, London

Alexander V. Tolstov

Director, JSC ALROSA (PJSC)
PhD

Irina G. Tretiakova

Science secretary, FSBI TsNIGRI
PhD

Valery Yu. Fridovskiy

Director, IGABM SB RAS
PhD, Professor

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Калашников В. В., Ковалёв Л. Н.
Геологические работы в Республике
Саха (Якутия) за 100 лет

Толстов А. В., Зинчук Н. Н.
Вклад Алмазной лаборатории ЦНИГРИ
в научную кладовую Якутии

ПРИКЛАДНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

**Гриненко В. С., Баранов В. В.,
Девятов В. П.**
Северо-Азиатская черносланцевая
рудноносная мегапровинция
на северо-востоке Евразии
и её перспективная минерагения

Калашников В. В.
Перспективы освоения месторождений
Южно-Янского оловорудного района

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Бардухинов Л. Д., Зинчук Н. Н.
Алмазы из древних осадочных толщ
и их поставщики (на примере Якутской
кимберлитовой провинции)

06

25

36

56

65

PAGES OF HISTORY

Kalashnikov V. V., Kovalev L. N.
Geological work in the Republic of Sakha
(Yakutia) over 100 years

Tolstov A. V., Zinchuk N. N.
The contribution of the TSNIGRI Diamond
laboratory to the scientific treasury
of Yakutia

APPLIED METALLOGENY

**Grinenko V. S., Baranov V. V.,
Devjatov V. P.**
North-Asian black shale ore-bearing
megaprovince in the Northeastern Eurasia
and its prospective minerogeny

Kalashnikov V. V.
Prospects for the development
of the deposits of the Yuzhno-Yansky
tin ore district

PROGNOSIS, PROSPECTING AND EXPLORATION: TECHNIQUES AND METHODS

Barduchinov L. D., Zinchuk N. N.
Diamonds in old sedimentary rocks
and their source (on the basis of Yakutia
kimberlite province)

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Вдовина Л. Г.
Тирехтяхский, арга-ыннах-хайский
и кестёрский интрузивные комплексы
по материалам ГДП-200 на территории
листов Q-53-IX, X

СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ

Зинчук Н. Н.
Коры выветривания и их роль
в формировании посткимберлитовых
осадочных толщ

ДИСКУССИИ

**Соколов Е. П., Бабкина Т. Г.,
Макогонов И. В., Линник И. А.,
Халгаев Е. У., Шматкова Л. Е.,
Анисимова Г. С., Кондратьева Л. А.,
Кардашевская В. Н.**
Новый тип золотого оруденения
в породах фундамента
Алдано-Становой золотоносной
провинции

ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ

В. А. Ян-Жин-Шина

88

100

122

141

GEOLOGY OF THE ORE DEPOSITS

Vdovina L. G.
Tirekhtyakh, Arga-Ynnakh-Khai and Kester
intrusive complexes based on the materials
of GDP-200 on the territory of sheets
Q-53-IX, X

GEOLOGY OF DIAMOND DEPOSITS

Zinchuk N. N.
Weathering crusts and their role
in formation of post-kimberlite
sedimentary sequences

DISCUSSIONS

**Sokolov E. P., Babkina T. G.,
Makogonov I. V., Linnik I. A.,
Khalgaev E. U., Shmatkova L. E.,
Anisimova G. S., Kondrat'eva L. A.,
Kardashevskaya V. N.**
A new type of gold mineralization
in the basement of the Aldan-Stanovoi
gold-bearing province

IN MEMORIAM

V. A. Yan-Jin-Shin

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

УДК 550.8.02

Геологические работы в Республике Саха (Якутия) за 100 лет

Geological work in the Republic of Sakha (Yakutia) over 100 years

Калашников В. В., Ковалёв Л. Н.

Kalashnikov V. V., Kovalev L. N.

Охарактеризованы основные этапы становления, создания и развития крупнейшей в России минерально-сырьевой базы в Республике Саха (Якутия) в связи со 100-летием её образования. Начиная с 1922 г. на основе открытых месторождений на территории республики развивается добыча золота, алмазов, серебра, сурьмы, каменного угля, природного газа, нефти, стройматериалов. Накопленные за предыдущие 100 лет минерально-сырьевые ресурсы и в настоящее время определяют её экономическое развитие.

Наиболее важный и действенный фактор впечатляющих успехов и достижений геологов Якутии – человеческий. Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений приносят обильный материал для научного исследования и обобщения. Развитие геологоразведочных работ создало огромный поток геологической информации, нуждающийся в системном обобщении. За прошедшие 100 лет геологи выполнили свою историческую задачу по созданию минерально-сырьевой базы и горнодобывающей промышленности ЯАССР – Республики Саха (Якутия). Их деятельность продолжается и в настоящее время.

Ключевые слова: Республика Саха (Якутия), 100 лет, минерально-сырьевая база, добыча полезных ископаемых, человеческий фактор, геологическая информация, научные исследования.

The main stages of the creation and development of Russia's largest mineral resource base in the Republic of Sakha (Yakutia) are considered in connection with the 100th anniversary of the republic formation. Since 1922, the extraction of gold, diamonds, silver, antimony, coal, natural gas, oil, and constructive materials has been developing in the territory of the republic on the basis of the mineral deposits discovered. The mineral resources accumulated during the previous 100 years still determine the economic development of the republic.

The most important and effective factor in the impressive successes and achievements of the geologists of Yakutia is the human one. The geological survey, prospection, and exploration of the mineral deposits provide abundant material for the scientific research and generalization. The development of geological works has created a huge flow of geological information that needs systemic generalization. Over the past 100 years, geologists have fulfilled their historical task of creating the mineral resource base and mining industry in the former Yakutian SSR – recent Republic of Sakha (Yakutia). Their activities continue to this day.

Keywords: Republic of Sakha (Yakutia), 100 years, mineral resource base, mineral extraction, human factor, geological information, scientific research.

Для цитирования: Калашников В. В., Ковалёв Л. Н. Геологические работы в Республике Саха (Якутия) за 100 лет. Руды и металлы. 2022. № 2. С. 6–24. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10007.

For citation: Kalashnikov V. V., Kovalev L. N. Geological work in the Republic of Sakha (Yakutia) over 100 years. Ores and metals, 2022, № 2, pp. 6–24. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10007.

Республика Саха (Якутия) относится к важнейшим минерально-сырьевым и горнодобывающим регионам России, занимая ведущее место в Российской Федерации по добыче алмазов, золота и сурьмы. В значительных масштабах здесь ведётся добыча нефти, угля, газа, строительных материалов, подземных вод и других видов полезных ископаемых. По потенциальной стоимости общих запасов полезных ископаемых Якутии принадлежит одно из первых мест в РФ.

Минерально-сырьевой комплекс в условиях Якутии является одним из основных потребителей энергетических ресурсов и основным пользователем существующих и проектируемых транспортных магистралей.

По состоянию на 01.01.2022 г. Государственным балансом запасов полезных ископаемых по Республике Саха (Якутия) учтено 59 видов минерального и углеводородного сырья в более чем 2,5 тыс. месторождениях, в том числе 1130 месторождений (участков) общераспространённых полезных ископаемых. Кроме месторождений на её огромной территории обнаружено более 16 тыс. проявлений различных видов минерального и углеводородного сырья, степень геологической изученности которых невысокая, в связи с чем они представляют первоочередной резерв для геологического исследования и поисковых работ.

Ежегодное финансирование геологоразведочных работ (ГРР) на территории Республики Саха (Якутия) составляет 20–30 млрд руб., из которых средства федерального бюджета обеспечивают менее 10 % работ, государственного бюджета – 1 %. На собственные средства недропользователей выполняется 89–90 % работ. В 2021 г. финансирование ГРР составило 28 млрд руб., в том числе 1,7 млрд за счёт средств федерального бюджета, 114 млн руб. за счёт средств бюджета республики и более 26 млрд за счёт собственных, в том числе привлечённых средств недропользователей. Часть налога на добычу полезных ископаемых за 2021 г., зачисляемая в бюджет республики, составила почти 24 млрд руб. (154 %

к 2020 г.), в том числе по общераспространённым полезным ископаемым 200 млн руб. (+ 160 % к 2020 г.).

Территория Якутии (Якутской АССР) ещё в начале прошлого века приобрела известность как регион, исключительно перспективный на различные виды полезных ископаемых. Первое Правительство Якутской АССР с 1922 г. настойчиво и постоянно проводило работу по созданию горнодобывающей промышленности в Якутии. Ещё с довоенных времён широко известны такие горнорудные и добывающие районы, как золотоносные Алдан, Аллах-Юнь, Индигирка, оловоносная Яна, угленосные Южная Якутия, Сангар, Зырянка и др.

Последовательно были открыты и освоены в 20–50-е гг. прошлого века крупные месторождения россыпного и рудного золота Цетрально-Алданского и Аллах-Юньского золотоносных районов, в 30–60-е гг. уникальные Янский и Северо-Янский оловоносные районы с крупными коренными месторождениями Эге-Хая, Депутатское, Куларский золотоносный район и крупнейший в стране Верхне-Индигирский золотоносный район. В 50–60-е гг. в Западной Якутии выявлена серия крупных месторождений алмазов в пределах Якутской алмазоносной провинции, в 60–70-е гг. – Южно-Якутский угольный бассейн с уникальными месторождениями коксующихся углей Нерюнгринское, Денисовское и Эльгинское, Непско-Ботубинская и Вилюйская нефтегазовые области с крупными месторождениями нефти Талаканское, Среднеботубинское и газа Чаяндинское, Ботубинское, Средне-Вилюйское и др.

О высокой эффективности геологоразведочных работ свидетельствует также тот бесспорный факт, что в стране была создана лучшая в мире комплексная минерально-сырьевая база (включая территорию Якутии), которая не только полностью обеспечивала бесперебойную деятельность мощнейшей разнотраслевой индустрии Советского Союза, но и после его распада – с 1991 г. и до настоящего времени является основным источником

формирования бюджета Российской Федерации и Республики Саха (Якутия).

Помимо значительных результатов и достижений в части обнаружения и разведки различных месторождений полезных ископаемых, многие виды которых относились к наиболее востребованным в стране и в мире сырьевым ресурсам, открытия геологов Якутии активно способствовали созданию в пределах Дальневосточного региона крупных объектов промышленной, энергетической и транспортной инфраструктуры. Так, месторождения коксующегося угля и железа положены в основу развития Южно-Якутского территориально-промышленного комплекса, строительства БАМа и её северной ветки по трассе Тында – Беркамит – Томмот – Якутск.

На большей части территории республики проведена геологическая съёмка масштаба 1 : 200 000, в крупных горнорудных районах – масштаба 1 : 50 000, создан значительный задел для прогнозирования и планирования поисковых работ на различные виды полезных ископаемых.

Перечень достижений якутских геологов можно продолжить благодаря полученным интересным результатам научно-исследовательских работ в части создания новых технологий поисков и разведки в районах вечной мерзлоты месторождений алмазов, золота, олова, сурьмы, угля и т. д. При этом следует иметь в виду, что практически все геологоразведочные работы производились в отдалённых районах в условиях отсутствия транспортной, промышленной и энергетической инфраструктуры. Целый ряд крупных рудных районов впервые осваивался геологами, которые годами жили в палаточных городках, строили производственные и жилые здания, одновременно выполняя весь комплекс геологоразведочных работ.

Нужно признать, что благоприятные обстоятельства для стимулирования и обеспечения такой работы существовали. Важнейшие из них следующие:

- чёткое, профессиональное планирование проведения ГРП, обеспечивающее после-

довательное решение различных по степени важности задач;

- стабильное финансирование ГРП, позволяющее совместно с планированием своевременно и качественно выполнять все опережающие работы;

- жёсткий контроль государства за своевременным выполнением всеми органами власти своих управленческих и регулирующих функций;

- полная и энергичная поддержка органами власти Якутии курса Правительства СССР на развитие в регионе геологоразведочных работ и горнодобывающего производства;

- благожелательное отношение местного населения к специалистам геологоразведочной отрасли, а при необходимости – оказание посильной помощи в проведении полевых работ;

- уникальная система подбора руководящих кадров, существовавшая в СССР. Никакой кандидат на вакантную руководящую должность не мог быть назначен, если у него не было основательной профессиональной подготовки и необходимых деловых качеств, а главное – успешного опыта служебного прохождения всех предыдущих должностных ступеней;

- удачная привязка действующих геологических подразделений к наиболее значимым для Якутии металлогеническим (рудным) районам и провинциям, что в дальнейшем существенно облегчило развитие ГРП на этой огромной части страны площадью в 3,1 млн км².

Наиболее важным и действенным фактором впечатляющих успехов и достижений геологов, безусловно, являлся человеческий фактор. Все работавшие в районах Крайнего Севера отмечают, что в геологоразведочных организациях (партиях, экспедициях) особенно ценились товарищество, взаимоуважение, взаимовыручка, надёжность, бесспорный приоритет государственных интересов над личными, стойкое отношение к тяготам и неудобствам полевой жизни, умение мужественно переносить неудачи, от души радоваться как своим

удачам, так и достижениям коллег и товарищей.

Вышеперечисленные условия северного бытия приводили к формированию стабильных, профессиональных, сплочённых, работоспособных трудовых коллективов, умеющих быстро и рационально решать самые сложные задачи. Особенности северной закалки в геологических коллективах полевых партий и экспедиций – это, по-видимому, основное объяснение того, что многие люди, приехавшие на север молодыми специалистами, проработали в геологоразведочных организациях весь период своей трудовой жизни и уезжали на «большую землю» только по достижении пенсионного возраста. При этом добрая память об этом периоде работы в Якутии остаётся с людьми на долгие годы.

Организация комплексных геологических исследований в Якутии.

Якутская АССР (ЯАССР) основана в 1922 г. (с 1991 г. называется Республика Саха (Якутия)). Является одним из крупнейших административных регионов на востоке России. Его площадь 3103,2 тыс. км², включая Новосибирские острова. Большая часть региона лежит за 60-й параллелью, за Полярным кругом, и относится к Крайнему Северу. Побережье Якутии омывается Северным Ледовитым океаном (море Лаптевых, Восточно-Сибирское море). Территория региона занята горными хребтами (Верхоянский, Черский, Момский, Сетте-Дабан, Становой и др.), плоскогорьями, нагорьями, плато. На крайнем северо-востоке Якутии расположены обширные приморские низменности (Яно-Индигирская, Колымская). По территории Якутии текут в Северный Ледовитый океан крупные реки: Лена, Яна, Индигирка, Колыма, Анабар, Оленёк. Якутия – малонаселённый регион с численностью населения в настоящее время без малого один миллион человек.

Экономически активная жизнь на территории республики сосредоточена в основных территориально-промышленных зонах: Центрально-Якутской (центр г. Якутск), Западно-Якутской (центр г. Мирный, г. Ленск), Южно-

Якутской (центр г. Нерюнгри), Восточно-Якутской (посёлки Усть-Нера, Хандыга). На основе разведанных месторождений полезных ископаемых развита горнодобывающая промышленность: добыча золота, алмазов, серебра, сурьмы, каменного угля, природного газа, нефти, стройматериалов.

Территория Якутии имеет разнородное геологическое строение. Западная и южная её части относятся к Сибирской платформе. Здесь на фоне обширных полей палеозойских платформенных отложений с мощными проявлениями траппового магматизма выделяются выступы архейского гнейсо-гранитного фундамента – Алданский и Анабарский щиты. Восточная часть Якутии представляет собой мезозойскую складчатую область с интенсивным гранитоидным магматизмом и характерной минерацией (золото, олово, серебро, цветные и редкие металлы).

Полезные ископаемые Якутии чрезвычайно разнообразны. Начиная с 1922 г. специализированными геологическими организациями найдены и разведаны месторождения чёрных, цветных и редких металлов, золота, серебра, платины, алмазов, урана, каменных углей, нефти, природного газа, апатитов, нерудного сырья, драгоценных и поделочных камней и других полезных ископаемых.

По инициативе Правительства Якутской АССР в 1957 г. создано единое Якутское геологическое управление из разрозненных геологоразведочных подразделений бывшего Дальстроя МВД СССР, Читинского ТГУ, Иркутского ТГУ, Сибгеолнеруда, Главнефтегеологии, геологических партий комбинатов «Алдан-золото», «Джугджурзолото». Все они имели опыт ведения работ в условиях Крайнего Севера. Руководство ЯАССР прекрасно понимало необходимость развития минерально-сырьевой базы (на повестке дня уже стояли вопросы организации горно-металлургической промышленности в Южной Якутии и алмазодобывающей в Западной Якутии), оказывало постоянное содействие становлению геологоуправления и тщательно контролировало. Большая часть открытий полезных ископа-

емых и создание минерально-сырьевой базы приходится на начало, середину и вторую половину двадцатого столетия. Выдающуюся роль в развитии минерально-сырьевой базы Якутии сыграла организация единой геологической службы: с 1957 г. Якутского территориального геологического управления (ЯТГУ), с 1980 г. ПГО «Якутскгеология». В 1973 г. из ЯТГУ выделен трест «Якутнефтегеология», позже преобразованный в ПГО «Ленанефтегазгеология». На территории Якутии работы на уран вело ПО «Приленскгеология». Объединением были разведаны крупнейшие в стране урановые месторождения. После окончания разведки урановых месторождений объединение в 1986 г. было присоединено к ПГО «Якутскгеология».

Главным геологом ЯТГУ был назначен Г. Т. Семёнов. В довоенное время геолог и видный государственный деятель ЯАССР Г. Т. Семёнов был репрессирован, длительное лагерное заключение отбывал в геологических «шарашках» на Чукотке и в Норильске. В 1966 г. за огромный вклад в развитие минерально-сырьевой базы страны и Якутской АССР ему присвоено звание Героя Социалистического Труда.

На первых порах основными направлениями деятельности ЯТГУ стали геологоразведочные работы на золото, олово, алмазы, нефть, природный газ, каменный уголь (Южная Якутия), слюду-флогопит. Хотя пионерные открытия золота, олова, алмазов, каменного угля уже состоялись в предыдущие годы и по ряду районов имелся задел разведанных запасов, формирование крупной минерально-сырьевой базы на основные полезные ископаемые только начиналось. Было развёрнуто геологическое картирование масштабов 1 : 200 000 всей обширной территории ЯАССР и 1 : 50 000 в основных горнодобывающих районах. На значительной территории проведены региональные геофизические работы. Это позволило приступить к составлению ряда специализированных сводных карт более мелкого масштаба, систематическому прогнозированию и планированию поисковых и разведочных работ.

Объединением ежегодно выполнялись планируемые геологические задания, включая прирост разведанных запасов полезных ископаемых. Каждый год в ГКЗ при Совете министров СССР утверждались запасы по четырём-пяти крупным месторождениям полезных ископаемых. Бюджетные ассигнования на геологические исследования по всем организациям в Якутии составляли 200–250 млн руб. в ценах того времени, что, по современным оценкам, адекватно (в сопоставимых ценах) бюджетным ассигнованиям на изучение геологии на всей территории России.

Геология, как познание земных недр и полезных ископаемых, остаётся наукой и на производстве. Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений приносят обильный материал для научного исследования и обобщения. Производственные организации тесно сотрудничают с ведомственными и академическими научными институтами и друг с другом. Эти контакт и обмен научной информацией особенно возросли после появления тематических партий и коллективов в экспедициях ЯТГУ. Беспримерное развитие геологоразведочных работ в 70–80-е гг. создало огромный поток геологической информации, нуждавшейся в том или ином обобщении. В Якутске была организована Тематическая экспедиция. По тематическим «каналам» осуществлялось сотрудничество геологоразведочных предприятий с многочисленными научно-исследовательскими институтами, в том числе ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, ВИМС, ВИЭМС, СНИИГИМС, ИГ ЯФ СО АН, Новосибирским научным центром и другими (более 30) научными организациями страны. Тематические партии (в целом) выполнили большое количество важных прикладных исследований, выпустили ряд монографий, в том числе: «Геологическое строение СССР, Якутия», «Геология ЯАССР», «Полезные ископаемые ЯАССР». Важное значение имели тематические работы по геологии и металлогении юга Якутии, Южного Верхоянья, Западного Верхоянья, прогнозированию, экономике минерального сырья, методике геологоразведочного производства. В целом геологи-производственники

внесли достойный вклад в развитие научной мысли в Якутии.

Геологи много сделали для развития социальной сферы различных населённых пунктов, внесли существенный вклад в общественную и культурную жизнь в местах своей деятельности. Геологоразведочные экспедиции, как правило, базировались в райцентрах республики: Батагае, Хандыге, Усть-Нере, городах Алдане, Чульмане, Нюрбе. Экспедиции были где-то единственным градообразующим предприятием населённых пунктов. Они были очагами культурной, общественной и спортивной жизни. Геологи (инженерно-технические работники – в широком смысле), в массе своей получавшие образование в больших городах, оказывали влияние на местную духовную и культурную атмосферу. Как правило, они служили опорой государственных и партийных органов в проведении культурных и общественных мероприятий и кадровым пополнением для них.

Труд геологов Якутии получал достойную оценку Правительства СССР. В 1966 г. ЯТГУ было награждено орденом Ленина за открытие Якутской алмазонасной провинции и разведку крупных месторождений алмазов, в 1976 г. орденом «Знак Почёта» награждена Янская геологоразведочная экспедиция за открытие оловоносных и золотоносных районов и разведку крупных месторождений олова и золота. Потом были другие выдающиеся достижения: найдены уникальное по запасам месторождение Нежданинское, крупные месторождения Эльгинское (уголь), Талаканское и Чаяндинское (нефть и газ), Нюрбинское и Ботуобинское (алмазы), десятки средних и небольших месторождений общей численностью до полутора тысяч. Выделены и обоснованы прогнозные площади на более 14 000 участков, обеспечивающие развитие геологоразведочных работ на многие годы вперёд.

Несмотря на существенный спад в геологии в конце XX в., в Республике Саха (Якутия) сохраняется преемственность поколений геологов-производственников, поддерживается достигнутый в прошлом уровень состояния минерально-сырьевой базы, что отражено в

государственном балансе полезных ископаемых и сведениях о прогнозных ресурсах. С 2008 г. ощущаются постепенная стабилизация инвестиций недропользователей и государственного бюджета в геологоразведочные работы и рост добычи востребованных на рынке полезных ископаемых.

За прошедшие 100 лет геологи на территории Республики Саха (Якутия) выполнили свою историческую задачу по созданию минерально-сырьевой базы ЯАССР – Республики Саха (Якутия). Их деяния остались в XX в. и продолжаются в настоящее время. Этот бесценный опыт открытий, достижений и, вместе с тем, неудач и ошибок не должен быть забыт нынешними и последующими поколениями якутских геологов. По существу, экономика республики и в настоящее время базируется на минерально-сырьевых ресурсах, созданных геологами за предыдущие 100 лет.

Геологическая изученность Республики Саха (Якутия).

Региональные геолого-геофизические и геолого-съёмочные работы мелкого масштаба (геологическая съёмка масштаба 1 : 1 000 000, гравиметрическая масштаба 1 : 1 000 000, аэромагнитная масштаба 1 : 200 000) проведены практически на всей территории республики преимущественно 35–60 лет назад и в значительной мере устарели.

Геолого-съёмочные работы масштаба 1 : 50 000 с общими поисками полезных ископаемых, служащие основой постановки поисковых работ, проводились в 60–90-е гг. XX в. и выполнены на 18 % территории республики (15 % – геологическая съёмка, 3 % – аэрофотогеологическое картирование). Гидрогеологическими, инженерно-геологическими и геоэкологическими съёмками охвачена незначительная часть территории только в пределах крупных геолого-промышленных и сельскохозяйственных районов.

В основных геолого-промышленных районах в последнее годы проведено небольшое по объёму геологическое доизучение масштаба 1 : 200 000 с составлением госгеолкарт новой серии (всего на настоящий момент покрыто около 10 % территории республики). А по

всей территории в ближайшие годы завершится геологическое картосоставление масштаба 1000/3 третьей серии. При этом Госгеолкарты 200/2, как и 1000/3, обладают уникальными комплексными свойствами, поскольку в них обобщены практически все сведения об изученности конкретной территории, однако поисковая отдача этих карт минимальная в связи с тем, что данный вид работ практически не содержит результатов горных работ, без проходки которых, «одним молотком», сложно выявить новые перспективные объекты для последующих поисков и дать им обоснованную прогнозную оценку.

Состояние минерально-сырьевой базы Якутии.

Алмазы. Месторождения алмазов на территории Республики Саха (Якутия) приурочены к Якутской алмазоносной провинции, в составе которой выделяются Мало-Ботубинский, Далдыно-Алакитский, Анабарский, Среднемархинский, Приленский, Муно-Тюнгский, Нижне-Оленёкский и Моркокинский алмазоносные районы.

Государственным балансом полезных ископаемых по Республике Саха (Якутия) учитываются 839 млн кар запасов по категориям в 54 месторождениях, в том числе 16 месторождений коренных алмазов, 38 – россыпных, из них в распределённом фонде недр 33 месторождения (28 действующих лицензий), содержащие 808 млн кар (96 %) запасов. Приоритетное положение занимают коренные месторождения, запасы которых составляют 770 млн кар (91 %), а прогнозные ресурсы – 35 % от суммарных прогнозных ресурсов, учитываемых по республике.

Основными алмазодобывающими предприятиями являются организации группы «АЛРОСА», которые проводят геологоразведочные работы по воспроизводству своей минерально-сырьевой базы. Затраты на ГРП группы «АЛРОСА» ежегодно составляют 5 млрд руб. В небольших объёмах работы выполняются за счёт средств федерального бюджета на севере и в Центральной Якутии.

В истории отечественной геологии найдётся немного таких блистательных, захва-

тывающих событий, как открытие якутских алмазов. В исторически короткое время, от первых находок алмазов на косе Соколиная (р. Вилюй) в 1949 г., за какие-то 20–30 лет открыты богатейшие крупные коренные и россыпные месторождения высококачественных алмазов, создана алмазодобывающая промышленность. Советский Союз вошёл в число мировых лидеров по производству алмазного сырья. Алмазы занимают ведущее место по добыче среди твёрдых полезных ископаемых Республики Саха (Якутия). Их ежегодная добыча в стоимостном выражении достигает 2,5–2,7 млрд дол. США.

Возникла советская школа алмазной геологии, вероятно, сильнейшая в мире. Широчайшее применение нашли геофизические методы поисков кимберлитов. До совершенства доведены шлихоминералогический метод поисков источников алмазов, обогащение алмазосодержащих руд и песков. Широкое развитие получили все известные виды геофизических работ, на основе комплексирования которых с геологическими и геохимическими методами разработаны оптимальные технологии для поисков кимберлитовых трубок в сложных геологических условиях.

В этот период были околтурена огромная Якутская алмазоносная провинция (ЯАП), открыты и разведаны новые коренные месторождения алмазов в Далдыно-Алакитском районе (трубки Айхал, Комсомольская, Юбилейная, Краснопресненская), Мало-Ботубинском (трубка Интернациональная). На севере провинции открыты и разведаны многочисленные россыпи алмазов в бассейнах рек Эбелях, Биллях, Маят, на северо-востоке – алмазоносные россыпи р. Молодо.

Якутская алмазоносная провинция приурочена к центральной и северо-западной частям Сибирской платформы, характеризующимся крупной неоднородностью консолидированной коры, включающей архейские кратоны и разделяющие их раннепротерозойские подвижные пояса. Алмазы связаны с кимберлитами, представленными трубками взрыва, или диатремами. По особенностям геологического строения и характеру алмазоносности

ЯАП разделяется на северную (Анабаро-Оленёкскую) и южную (Вилюйскую) субпровинции. Для Анабаро-Оленёкской субпровинции характерны линейно вытянутое расположение кимберлитовых полей, большинство из которых находятся на площадях простого геологического строения, и низкая алмазоносность кимберлитов. Возраст кимберлитовых пород мезозойский, в подчинённом количестве ранне- и среднепалеозойский. Вилюйская субпровинция представлена кимберлитовыми полями, изометрическими по форме, характеризуется высокой алмазоносностью кимберлитов.

Территория размещения коренных месторождений алмазов, открытых в последнее время, имеет сложное геологическое строение, 80 % площади перекрыто мощным покровом терригенных отложений и траппов. Возраст кимберлитов среднепалеозойский. В пределах ЯАП установлено более 1500 кимберлитовых тел (трубки, дайки, жилы), объединённых в 26 полей, которые по геолого-экономическим особенностям группируются в девять алмазоносных районов. По плотности распределения месторождений и проявлений алмазов на единицу площади ЯАП не имеет себе равных среди других алмазоносных провинций мира. Месторождения представлены кимберлитовыми трубками округлой и вытянутой форм, размерами в поперечнике от первых сотен метров до километра и более. Они сложены массивными кимберлитами, разнообразными кимберлитовыми брекчиями, туфобрекчиями и туфами. В отдельных случаях трубки сочетаются с кимберлитовыми дайками. Из более чем 1500 кимберлитовых трубок, открытых в ЯАП, лишь около 150 содержат алмазы, в том числе 16 – в промышленных концентрациях (1,2 % от общего числа кимберлитовых тел).

Россыпные месторождения алмазов представлены аллювиальными россыпями практически всех генетических и морфологических типов, сформировавшимися за счёт неоднократного размыва и переотложения древних промежуточных алмазоносных коллекторов, и элювиально-делювиальными погребёнными

ми россыпями ближнего сноса. Наиболее крупные из первых – Анабарские, включающие россыпи рек Эбелях, Биллях, Маят, месторождения рек Молодо, Талахта и т. д. Погребённые россыпи ближнего сноса представлены месторождением Водораздельные галечники (Мало-Ботубинский район), россыпями Верхне-Дьяхтарская (Среднемархинский) и Нюрбинская (Накынский).

Алмазы месторождений Якутии характеризуются достаточно высоким качеством и по этому показателю не уступают алмазам многих известных месторождений мира. По запасам и среднему содержанию алмазов такие крупные месторождения, как трубки Удачная, Мир, Айхал, Интернациональная, Нюрбинская, Юбилейная, россыпи р. Эбелях, находятся в первой десятке крупнейших и уникальных. В 90-х гг. открыт новый алмазоносный Накынский район с крупными месторождениями – трубками Нюрбинская, Ботубинская и россыпью алмазов Нюрбинская.

В связи с сокращениями добычи алмазов из открытых карьеров трубок Мир, Интернациональная, Удачная, Айхал постоянно расширяются поисковые работы в Ботубинском и других районах Якутской алмазоносной провинции.

Прогнозные ресурсы алмазов кат. P₁ выделяются по глубоким горизонтам известных кимберлитовых трубок и на флангах россыпей. Общие прогнозные ресурсы запасов алмазов на территории ЯАП приравниваются к оценённым прогнозам всей Африки и почти в два раза превышают запасы Австралии. Прогнозные ресурсы, определённые только для разведанных месторождений, при сохранении достигнутого уровня добычи обеспечивают стабильную работу горнодобывающих предприятий на 30–35 лет. Особое внимание уделяется геологоразведочным работам на перспективных участках, в районах действующих предприятий в целях открытия новых богатых коренных и россыпных месторождений алмазов.

Золото. Минерально-сырьевая база Якутии по золоту, учтённая Государственным балансом запасов золота по Республике Саха

(Якутия), представлена 801 месторождением. В 64 собственных коренных месторождениях учитываются балансовые запасы золота промышленных категорий в количестве 584 т (68 %) и кат. С₂ – 705 т (74 %); в 12 комплексных – соответственно 13 (1,5 %) и 208 т (22 %); в 722 россыпных – 257 (30 %) и 28 т (3 %).

В целом по республике при имеющейся сырьевой базе и достигнутых объёмах золотодобычи усреднённая обеспеченность запасами золота промышленных категорий составляет около 40 лет. Но балансовые запасы распределены крайне неравномерно среди недропользователей. В последние годы добыча золота превысила 40 т. При этом прирост запасов от оценки и разведки практически в четыре раза меньше выбывания запасов.

Затраты на ГРП за счёт федерального бюджета не превышают 1 млрд руб. в год, за счёт средств недропользователей около 2 млрд.

В Якутском регионе уже с XIX в. было известно о добыче россыпного золота, начиная с Тимптонских приисков в Южной Якутии. В дореволюционные годы она носила характер стихийного старательского промысла. С открытием богатого золота на Алдане (прииск Незаметный) в ЯАССР с начала 20-х гг. по инициативе правительства создаётся государственная золотодобывающая промышленность.

Одновременно здесь же под руководством Ю. А. Билибина и его сподвижников зародилась отечественная школа россыпной геологии и металлогении золота, выделены основные перспективные золотоносные районы Якутии, организованы масштабные поиски и разведка месторождений золота. Созданы геологоразведочные подразделения в трестах «Алданзолото» и «Джугджурзолото», а в Восточной Якутии в Дальстрое МВД СССР. Был накоплен большой опыт поисков и разведки в основном россыпных месторождений золота. В 30–40-е гг. начинается господыча на приисках по рекам Тырканда, Учур, Аллах-Юнь, Индигирка и в других местах Южной и Восточной Якутии. Открыты первые промышленные месторождения рудного золота в Центральном Алдане (Лебединный, Колтыкон),

Аллах-Юне (Булар). В 40-е гг. в Якутии и Магаданской области суммарно добывалось в среднем около 100 т золота в год.

Однако к началу 1950 г. состояние сырьевой базы золота в Якутии резко ухудшилось вследствие многолетней интенсивной добычи. Кроме того, закрылись отдалённые прииски на реках Тырканда, Учур, Амга, Джугджур, Верхняя Яна. Добыча золота из коренных месторождений была незначительной. Положение улучшилось с открытием на Алдане Куранахского золоторудного месторождения. Но в целом по региону стала очевидной необходимость принятия кардинальных мер, направленных на восстановление и наращивание запасов золота. Именно решение этой задачи встало перед Якутским геологуправлением.

Потребовалось определённое время для осмысления ситуации и разработки стратегии ГРП на золото. В 60-е гг. прошлого столетия работы на золото развивались по двум направлениям. По россыпному золоту – коренная переоценка на дражную и раздельную добычу всех традиционных и малоизученных золотоносных районов, включая переоценку техногенных россыпей. По рудному золоту внимание разведчиков сконцентрировалось на оценке объектов с большими запасами руды и золота в минерализованных зонах дробления и залежах, способных обеспечить деятельность крупных горнодобывающих предприятий на длительный срок эксплуатации.

Сырьевая база россыпного золота в Якутии выросла в разы. Крупнейшим успехом стало открытие и разведка Куларского золотороссыпного района. В бассейне р. Адыча разведаны крупные россыпи золота и создан прииск Адычанский. На вновь разведанных запасах возобновилась добыча россыпного на реках Тырканда, Учур, Адыча, Верхняя Амга. По существу, возродился Верхне-Индигирский золотоносный район. По рудному золоту переоценены запасы Куранахского рудного поля, разведаны Нежданинское и Бадранское месторождения, открыто Кючусское месторождение на р. Яна. Важной страницей стали открытие и разведка Сарылахского и Сентачанского золотосурьмяных месторождений.

В начале 70-х гг. по заданию Мингео РСФСР разработана программа поисков, разведки и прироста запасов россыпного и рудного золота на период 1970–1990 гг. по основным золотоносным районам. Программа по истечении двадцати лет в основном была реализована. В последнюю советскую пятилетку (1986–1990 гг.) практически была завершена оценка россыпного потенциала Якутии и создана прочная сырьевая база рудного золота на перспективу. Открыт ряд перспективных месторождений (Тёмный-Таборный, Самолазовское, Дражное, Дуэтское, Оночлахское и др.), которые в настоящее время осваиваются.

Якутия занимает одно из ведущих мест в России по достигнутому уровню золотодобычи, состоянию минерально-сырьевой базы и прогнозным ресурсам золота. По объёму добычи золота Республика Саха (Якутия) стоит на третьем месте в стране после Красноярского края и Магаданской области.

Согласно принятой в России классификации по геотектонической обстановке формирования месторождения золота группируются на территории республики в три крупных класса: вулканоплутонических поясов и областей тектоно-магматической активизации, песчано-сланцевых и терригенно-карбонатных поясов миогеосинклинальных зон, вулканогенно-осадочных и интрузивных комплексов эвгеосинклинальных зон. С учётом морфологии и мощности рудных тел месторождения каждого класса делятся на три типа: жилы (мощность < 3 м), жильные и минерализованные зоны (мощность 3–20 м), штокверки (мощность > 20 м).

Среди россыпных месторождений выделяют (в % от запасов): аллювиальные мелко- и глубокозалегающие крупных долин (95), элювиально-делювиальные (3), аллювиально-пролювиальные мелкого и тонкого золота аллювиально-гетерогенных толщ повышенной мощности (1), техногенные целикомо-остаточные и отвалы (1) россыпи.

Золотодобывающая отрасль в республике – одна из социально значимых отраслей экономики, так как с ней связаны социально-экономические условия жизни населения

добывающих районов. Доля золотодобывающей отрасли в промышленном производстве составляет около 10 %. Крупные месторождений Куранахского рудного поля, Нежданинского и Кючусского золоторудных месторождений осваиваются АО «Полюс Золото», АО «Полиметалл» и АО «Селигдар».

В последние 30 лет в разработку вовлечены коренные месторождения золота, в числе которых фланги месторождений Куранахского рудного поля, Бадран, Самолазовское, Гарбузовское, Межсопочное, Таборное и др. Ещё около десяти объектов готовятся или готовы к отработке, среди них такие перспективные месторождения, как Мало-Тарынское, Хангаласское, Дражное и др. Основной объём учитываемых государственным балансом запасов рудного золота приходится на Алданский, Аллах-Юньский и Куларский золотоносные районы, где располагаются крупные месторождения Куранахское, Нежданинское и Кючусское.

Отработка россыпных месторождений осуществляется открытым и дражным способами с извлечением золота из песков на обогатительных установках по гравитационной схеме обогащения. Золоторудные месторождения осваиваются открытым (Куранахское, Дражное, Нежданинское) и подземным (Сарылахское, Сентачанское, Бадран, Дуэтское) способами с переработкой руд по гравитационной, флотационной и сорбционной схемам обогащения, а также методом кучного выщелачивания (Самолазовское, Гарбузовское, Межсопочное, Таборное и др.).

Перспективы развития минерально-сырьевой базы золота определяются наличием и состоянием золотодобывающей отрасли промышленности, разведанным и прогнозным потенциалом недр, конъюнктурой спроса на золото, а также соответствием издержек на добычу ценам на рынке. Большинство крупных месторождений с запасами золота более 100 т расположены в удалённых районах на севере и востоке республики, однако в условиях высокой конъюнктуры золота в настоящее время это обстоятельство не является критическим и не мешает рентабельной

их разработке. Минерально-сырьевая база золотодобывающей отрасли промышленности Республики Саха (Якутия) достаточна для поддержания годового производства металла на уровне 45–50 т и более, а сырьевой потенциал позволяет сохранять этот уровень в течение длительного времени при соответствующих вложениях в ГРП.

Серебро. Серебряное оруденение широко распространено в Восточной Якутии. Область Западного и Южного Верхоянья можно охарактеризовать как крупную Верхоянскую сереброносную провинцию, открытую якутскими геологами. Первые работы по оценке жильных месторождений высококачественных серебряноцинковых руд (Верхнее Менкече, Кута, Зарница) выполнены геологами Аллах-Юньской ГРЭ в 50-х гг. прошлого столетия. Промышленное освоение этих месторождений началось с XX века.

Крупные месторождения Прогноз, Мангазейское и другие в Западном Верхоянье выявлены геологами Янской геологоразведочной экспедиции в 80–90 гг. прошлого столетия. В Верхне-Индибирском районе обнаружено месторождение Купольное. Впервые в республике открыты месторождения самородного серебра (конгсбергит – природная амальгама серебра) в бассейне р. Томпо. Разведанные запасы и прогнозная оценка запасов серебра в Верхоянской провинции высокие. Значительные запасы и ресурсы серебра сосредоточены в комплексных золоторудных месторождениях. По состоянию на 01.01.2021 г. Государственным балансом полезных ископаемых по Республике Саха (Якутия) учитываются запасы серебра 19 948 т (кат. А + В + С₂) по 99 месторождениям. Добыча серебра, достигшая в 2020 г. 153 т, становится важным направлением горнодобывающей промышленности Якутии.

Сурьма, свинец, цинк, медь. Открытие на р. Индибирка сурьмяных месторождений сделало Якутию основным районом страны по добыче сурьмы. Здесь выявлен целый пояс сурьмяных месторождений с основными обрабатываемыми месторождениями Сарылах и

Сентачан. Ценность этих месторождений особенно высока, так как в них содержится золото в промышленных масштабах.

По состоянию на 01.01.2021 г. Государственным балансом полезных ископаемых по Республике Саха (Якутия) учитываются запасы сурьмы 140 тыс. т (кат. А + В + С₂) по шести месторождениям, свинца 1066 тыс. т (кат. А + В + С₂) по пяти месторождениям, цинка 2213 тыс. т (кат. А + В + С₂) по пяти месторождениям. Добыча серебра, достигшая в 2020 г. 153 т, свинца 1,2 тыс. т и цинка 1,4 т, становится значительным направлением горнодобывающей промышленности Якутии.

Как самостоятельный вид минерального сырья полиметаллы в промышленном масштабе открыты и оценены на юго-востоке Якутии, в южных отрогах хребта Сетте-Дабан. Выявлен рудный узел с крупным свинцовоцинковым (с промышленными содержаниями германия) месторождением Сардана и рядом перспективных объектов (Уруй, Перевальное и др.). Значительные запасы и ресурсы свинца, цинка и попутных компонентов содержатся в комплексных серебро-полиметаллических месторождениях. Промышленное медное оруденение (медистые сланцы) на северном фланге хребта Сетте-Дабан обнаружено на Курпанджинском месторождении медистых сланцев (1979–1985 гг.).

Олово. Поиски и разведка месторождений олова – яркая страница в истории якутской геологии. Почти вся она относится к деятельности Янской и Заполярной геологоразведочных экспедиций. Оловоносные рудные и россыпные месторождения в бассейне среднего течения р. Яна найдены ещё в 30-е гг., и в форсированном темпе началась добыча рудного олова на месторождении Эге-Хая. В 1947 г. обнаружено и затем разведано уникальное оловорудное месторождение Депутатское. Был открыт Североянский оловоносный район с россыпными месторождениями олова на хребте Полоусный и коренными месторождениями Одинокое, Чурпунья, Улахан-Эгелях, Тирехтях и др. Выявлена крупнейшая оловоносная провинция и создана надёжная в России сырьевая

база олова, запасы которой разрабатывались комбинатом «Депутатсколово» и старательскими артелями. После 1991 г. экономическая деятельность в Северо-Янском золото-оловоносном районе пошла на спад. В настоящее время геологоразведочные работы на олово не проводятся. Освоение россыпи олова Тирехтях осуществляет ООО «Янолово», добыча металла в 2020 г. составила 452 т.

Ниобий, тантал, редкие земли. Государственным балансом полезных ископаемых на территории Якутии учитываются Томторское ниобий-редкоземельное месторождение, а также Селигдарское апатитовое, в рудах которого утверждены запасы редкоземельных металлов.

Томторское месторождение уникально по запасам и потенциальным ресурсам руд, содержаниям полезных компонентов, а также технологическим свойствам. Часть месторождения с наиболее высокими содержаниями полезных компонентов (участок Буранный) оценена и передана недропользователю, который проводит разведку. На южном и северном флангах подсчитаны и поставлены на учёт балансовые запасы.

По масштабам ниобиевого оруденения Республика Саха (Якутия) занимает одно из первых мест в мире. Ниобий концентрируется в единичных крупных месторождениях редкометалльных карбонатитов и развивающихся по ним корам выветривания, а также в россыпях ближнего сноса. Редкометалльные карбонатиты – конечные члены ряда ультраосновных – щелочных пород, слагающих массивы центрального типа. Возраст массивов – от позднепротерозойского до среднепалеозойского. Оруденение комплексное ниобиевое с редкими содержаниями пентаоксида ниобия 0,1–1,5 %. В развивающихся по редкометалльным карбонатитам корам выветривания содержание ниобия возрастает в десятки раз и может достигать 4–6 %. Основным минералом-концентратом ниобия является пироксид, иногда гатчеттолит.

На территории республики известны девять массивов ультраосновных щелочных по-

род и карбонатитов. Массивы с редкометалльными карбонатитами распространены во всех металлогенических провинциях: Западно-Якутской – массивы Томтор и Богдо на Уджинском поднятии, в Алданской – Арбарастах в восточной части щита, в Верхояно-Колымской – Горное Озеро, Поворотный и другие в Сетте-Дабанском горст-антиклинории. Допермская рудоносная кора выветривания мощностью до 200 м развита на массиве Томтор, а с массивом Горное Озеро связана озёрная россыпь. Кроме карбонатитов и ассоциирующихся с ними кор выветривания и россыпей повышенные содержания ниобия установлены в тантало-литиеносных гранитах (месторождение Кестер, среднее содержание пентаоксида ниобия 0,0076 %), редкометалльных пегматитах (Оломокитское месторождение – 0,01 %), редкометалльных альбититах (Томотское месторождение – 0,37 %), кимберлитах (до 0,1 %), в касситерит-кварцевых жилах, ураноносных аргиллизитах. Самостоятельного значения в месторождениях этого типа ниобий не имеет и в отдельных случаях может рассматриваться лишь как попутный компонент.

Оценка прогнозных ресурсов ниобия и редких земель проведена для Анабарского, Южно-Верхоянского и Алданского районов по известным месторождениям и проявлениям редкометалльных карбонатитов и связанных с ними корам выветривания и россыпям.

Тантал относительно широко распространён в рудных и россыпных месторождениях Якутии, преимущественно в комплексных с ниобием, литием, оловом, редкими землями. Наибольшее число его проявлений сосредоточено в Верхояно-Чукотской и Алданской металлогенических провинциях. В Западно-Якутской провинции известны лишь единичные слабоизученные проявления. Основные танталоносные рудные формации – тантало-литиеносные граниты, редкометалльные пегматиты, редкометалльные карбонатиты, редкометалльно-редкоземельные метасоматиты (альбититы) и касситерит-кварцевая.

К перспективным объектам относятся комплексные редкоземельно-золотоносные рос-

сыпи Куларского золотоносного района, которые в настоящее время также изучены, Арбарастахское редкометалльное месторождение, массивы Поворотный, Горное Озеро, ряд рудопроявлений, требующих геологического доизучения.

Радиоактивное сырьё. В ходе геологической съёмки масштаба 1 : 50 000 в северной части Алданского щита Тимптоно-Учунской комплексной экспедицией открыт ряд радиоактивных аномалий. Их дальнейшее исследование сразу было передано в специализированную экспедицию, которая оценила выявленные объекты на Алдане как «новый крупный урановорудный район, заслуживающий особого внимания». После проведения детальной разведки в ГКЗ СССР были утверждены запасы 13 месторождений урана Эльконского горста (которые кроме урана содержат в руде золото и серебро).

На территории Республики Саха (Якутия) сосредоточены крупнейшие в России разведанные запасы урановых руд. Государственным балансом запасов полезных ископаемых по республике учитываются запасы урана в 13 месторождениях, сосредоточенных в Эльконском урановорудном районе: Южное, Северное, Центральная зона, Весенняя зона, Агдинская зона, Пологая зона, Невская зона, Сохолоохская зона, Интересная зона, Володина зона, Зона 517, Зона 511-565 и Зона 510. Месторождения относятся к жильному типу в кристаллических сланцах, с выдержанным оруденением при невысоких содержаниях урана (среднее содержание в месторождениях, учитываемых госбалансом, 0,15 %). Помимо урана в рудах в качестве попутных компонентов присутствуют золото и молибден, причём по запасам попутного золота разведанные месторождения могут рассматриваться как крупные золоторудные объекты.

Разведка месторождений урана в Южной Якутии проведена до 90-х гг. прошлого столетия. В пределах Эльконского урановорудного района выявлено более 500 ураноносных зон общей протяжённостью около 1000 км, из которых в разной степени изучено около 80. Крупнейшая из них зона Южная имеет не-

прерывную разведанную протяжённость оруденения до 20 км. В районе пробурено около 1 млн м скважин, пройдено 60 км подземных горных выработок, 1,3 млн м³ канав. В последующем работы не возобновлялись. В 2001–2004 гг. для изучения технологии обогащения и оценки возможности попутного извлечения золота ВНИИХТ Минатома России проведено технологическое опробование.

Кроме Эльконского рудного района, перспективы на выявление уранового оруденения имеются в восточной части Алданского щита, юго-восточном обрамлении Анабарского щита и в Восточной Якутии. Помимо урановых на территории Якутии известны месторождения с попутным торием (Томторское редкометалльное месторождение, россыпи куларита и др.), являющимся вредной примесью. В процессе металлургического передела руд этих месторождений или полученных из них концентратов необходима утилизация высвобождающегося тория, что должно учитываться при планировании перерабатывающих производств. Прогнозные ресурсы урана в целом по республике не оценивались. Прогнозные ресурсы Эльконского урановорудного района сопоставимы с разведанными запасами, что выдвигает его в ряд уникальных мировых рудных районов.

Каменный уголь. В Государственном балансе Республики Саха (Якутия) учитываются 49 месторождений, объединяющих 97 участков. Их балансовые запасы подсчитаны до глубины 350 м и составляют 9,6 млрд т по кат. А + В + С₁ и 4,6 млрд т по кат. С₂. Добыча каменного угля из недр за 2020 г. составила 19 727 тыс. т, бурого – 364 тыс. т. В 2021 г. геологоразведочные работы на уголь на территории республики за счёт средств федерального бюджета не выполнялись, а за счёт собственных средств недропользователей проводились в небольших объёмах на юге региона.

Около 700 тыс. км² территории Якутии приходится на площади с установленной угленосностью. Они включают большую часть Ленского и восточную Тунгусского бассейнов, Южно-Якутский и Зырянский бассейны, а также отдельные месторождения, расположенные за

пределами названных структур. Ленский бассейн – второй в мире по площади и прогнозным ресурсам после Тунгусского. Занимает центральную часть Якутии и простирается с юга на север более чем на 1200 км от широты г. Якутска до Северного Ледовитого океана и с запада на восток в наиболее широкой части на 1200 км от г. Мирный до пос. Хандыга. Площадь бассейна в границах Якутии около 570 тыс. км². Тунгусский бассейн на территорию Якутии «заходит» своей крайней восточной частью в верхнем течении р. Вилюй.

Площадь Южно-Якутского бассейна оценивается в 55 тыс. км², Зырянского – 50 тыс. км². Эти бассейны территориально целиком располагаются в границах Якутии. Южно-Якутский бассейн с запада на восток простирается на 600 км, Зырянский с северо-запада на юго-восток – на 450 км.

В Южной Якутии на востоке России сосредоточены основные разведанные запасы и прогнозные ресурсы высококачественных коксующихся углей, в том числе крупнейшие Нерюнгринское и Эльгинское месторождения, пригодные для открытой разработки. С учётом разведанных в этом же районе запасов железных руд это позволило обосновать строительство железной дороги в Якутию, создание Южно-Якутского территориально-промышленного комплекса (ТПК). В Якутии на базе Нерюнгринского, Денисовского, Чульманского и других месторождений угля вырос современный город угледобытчиков и энергетиков Нерюнгри. Начато освоение Эльгинского месторождения, к которому построена железная дорога. По проектным проработкам различных организаций, в том числе и авторитетных на мировом рынке иностранных фирм, на Эльгинском месторождении ежегодно можно добывать 18–25 млн т угля, преимущественно коксующего, в течение 100 лет. Обеспеченность действующих угледобывающих предприятий разведанными запасами достаточно высока в целом по Якутии и по каждому предприятию в отдельности.

Железные руды. Железорудные месторождения, востребованные промышленностью в рамках создания Южно-Якутского ТПК, раз-

веданы в Южной Якутии. Непосредственно в зоне БАМа разведаны Таёжное и Десовское месторождения магнетитовых руд. В 70–80-х гг. прошлого столетия проведена разведка месторождений железистых кварцитов в западной части Алданского щита (Тарыннахское, Горкитское и др.) с запасами более 2,5 млрд т железных руд. Выявлен перспективный Сутамский железорудный район, который рассматривается как дополнительная сырьевая база металлургического комплекса Южной Якутии. По разведанным запасам железных руд Южная Якутия занимает третье место в России.

Нефть и природный газ. На территории Республики Саха (Якутия) в Государственном балансе запасов полезных ископаемых Российской Федерации числятся 43 месторождения углеводородного сырья, из них свободный газ учтён по 17 месторождениям (свободный газ + газовая шапка), 22 месторождения содержат также залежи нефти. Одно (Чаяндинское нефтегазоконденсатное) является уникальным, девять – крупными (газоконденсатные Средневилюйское, Среднетюнговское, Соболюх-Неджелиновское, Толонское; нефтегазоконденсатные Талаканское, Среднеботуобинское, Тас-Юряхское, Верхневилючанское; газовое Вилюйско-Джербинское). Из указанных выше месторождений нефти и газа 38 находятся в распределённом фонде. В 2021 г. выявлены газовые месторождения Кэдринское (43 млрд м³, Роснефть (ТЮНГД) – Олёкминский район), Хайлахское (33 млрд м³, ЯТЭК – Верхневилюйский район).

Учтённые Государственным балансом на территории республики запасы углеводородного сырья кат. А + В₁ и В₂ в настоящее время сосредоточены в 23 месторождениях нефти и 44 газа и составляют соответственно: газ 1392 и 453 млрд м³, нефть (извлекаемые запасы) 270 и 102 млн т, конденсат (извлекаемые запасы) 24,3 и 7,7 млн т. Добыча из недр за 2020 г. нефти составила 15,9 млн т, газа 9,4 млрд м³.

За счёт средств федерального бюджета выполняются региональные геофизические работы на обрамлении и в центральной части Сибирской платформы (исполнители ОАО «Рос-

геология», заказчик ФГУП «ВНИГНИ»). За счёт собственных средств недропользователей осуществляются поисковые и разведочные работы. Для выявления, открытия и оценки новых месторождений, разведки известных объектов с воспроизводством собственной минерально-сырьевой базы 21 недропользователю предоставлено в пользование более 60 участков недр. Финансовые затраты недропользователей на геологоразведочные работы составляют 19–20 млрд руб. в год. Наиболее крупные из них – ОАО «Газпром», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Якутская топливно-энергетическая компания», ОАО «Сахатранснефтегаз», ООО «Таас-Юрях Нефтегазодобыча», ООО «Газпромнефть Ангара», АО «Ростнефтегаз», ООО «Иркутская нефтяная компания» и др.

В соответствии с общепринятой в настоящее время схемой нефтегазового районирования Западной Якутии размещаются значительные по площади зоны Хатанга-Вилуйской и Лена-Тунгусской нефтегазоносных провинций (НГП). В пределах Хатанга-Вилуйской НГП выделяются Лена-Анабарская, Предверхоянская и Вилуйская нефтегазоносные области (НГО). К промышленному освоению подготовлены десять месторождений: Средневилуйское, Среднетюнгское, Мастахское, Таланское и Соболах-Неджелинское газоконденсатные, Чаяндинское, Среднеботуобинское, Тас-Юряхское, Иреляхское, Талаканское (Центральный блок) нефтегазоконденсатные. По объёмам разведанных запасов почти все перечисленные месторождения относятся к крупнейшим и крупным, а Чаяндинское – к уникальным.

По последним оценкам СНИИГГиМС, начальные геологические ресурсы углеводородного сырья по всем перспективным территориям Западной Якутии составляют в целом 24,0 млрд т условных углеводородов, в том числе нефти (извлекаемой) 10,4 млрд т, газа 12,1 трлн м³, конденсата 0,7 млрд т. К настоящему времени из них разведаны и предварительно оценены около 14 % ресурсов нефти и примерно 20 % газа.

К настоящему времени все без исключения разведанные и предварительно оценённые запасы нефти и гелия, а также 82 % запасов газа, числящихся на Госбалансе по территории Республики Саха (Якутия), сосредоточены в Юго-Западной Якутии в границах Ботуобинского геологического района (Непско-Ботуобинская и Предпатомская НГО). Здесь нефтегазоносны продуктивные горизонты венд-раннекембрийского возраста (вилучанский, харыстанский, бысахтахский, таллахский, улаханский, ботуобинский, успунский, кудулахский, осинский, юряхский, телгеспитский и др.). По вещественному составу коллекторы терригенные (вендские) или карбонатные (раннекембрийские) толщиной от первых метров максимально до 50 м. Средняя мощность 10–15 м. Коллекторы подразделяются на пористые и пористо-кавернозно-трещинные. Фильтрационно-ёмкостные свойства резервуаров невысокие. По гидродинамическим условиям залежи характеризуются аномально низкими пластовыми давлениями. Температура пластов не превышает 15 °С. Региональной покровкой для вендского комплекса служат плотные карбонатные толщи, для раннекембрийских – соленосные толщи юрегинской свиты.

Глубина залегания залежей газа в Вилуйском геологическом районе колеблется от 1000–2000 (юрские) до 2400–3500 м (пермско-раннетриасовые). Основные запасы в этих месторождениях приурочены к раннетриасовому продуктивному комплексу. Залежи газа в пермско-раннетриасовом продуктивном комплексе отличаются аномально высоким пластовым давлением.

Нефтегазопроисковые работы в Якутии были начаты специализированными предприятиями Миннефтепрома СССР – геофизической экспедицией и Якутской конторой разведочного бурения. Производились площадные поисковые работы, также в разных районах Якутии были пробурены пять параметрических скважин. В 1956 г. в результате проведённых работ Якутской конторой разведочного бурения открыто первое на территории республики месторождение углеводородов –

Усть-Вилуйское газовое. Оно быстро было подготовлено к разработке, и в 1968 г. газ поступил в г. Якутск. В конце 60-х и в 70-е гг. в Вилуйской синеклизе выделен перспективный район – Хапчагайское поднятие. Здесь открыты Средневилуйское, Неджелинское, Бадаранское, Мастахское, Толонское газоконденсатные месторождения. Мастахское (1973 г.) и Средневилуйское (1982 г.) месторождения введены в промышленную разработку. Средневилуйское месторождение до сих пор является основным в Якутии по добыче газа и конденсата, удовлетворяя 80 % потребности республики.

На юго-западе Якутии в 1969–1970 гг. на Среднеботуобинской структуре были получены промышленные притоки газа. В Вилуйской синеклизе в 1973–1993 гг. открыто три мелких и одно крупное месторождение газа (Среднетюнгское). На юго-западе (Непско-Ботуобинская антеклиза и Предпатомский прогиб) в этот же период обнаружено 18 месторождений. На Среднеботуобинском месторождении открыта первая в Якутии нефтяная залежь.

В 80-е гг. найдено Талаканское месторождение с крупными запасами нефти. Месторождение разрабатывается, нефть поступает в магистральный трубопровод Восточная Сибирь – Тихий океан. В 1988 г. выявлено уникальное по запасам гелия нефтегазоконденсатное месторождение Чаяндинское. Оно – одно из главных в региональных и международных газовых проектах для восточной части России.

С открытием Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения начался новый этап нефтегазопроисковых работ в Якутии, связанный с поисками залежей в неантиклинальных ловушках. В конце 80-х гг. определены предполагаемые контуры ряда подобных ловушек. На тех, которые были разбурены, получены промышленные притоки газа.

Другие полезные ископаемые. На территории Республики Саха (Якутия), наряду с концентрацией ГРП на основных важнейших видах минерального сырья, проводятся иссле-

дования по различным полезным ископаемым, выявляемым при региональных поисковых работах. Значимые проявления любых полезных ископаемых получают оценку и иногда имеют определённое значение для минерально-сырьевой базы республики. Так произошло с апатитами (Селигдарское и другие месторождения). Достаточно неожиданно поиски и разведка фосфатного сырья на некоторое время стали одним из приоритетов минерально-сырьевой базы зоны БАМа. В результате открытия и разведки алданскими геологами месторождения апатитов Селигдар на юге Якутии создана сырьевая база для строительства крупного горно-обогачительного предприятия.

На севере Якутии в Анабарском районе геологами АК «АЛРОСА» обнаружено и оценено крупное редкометалльное карбонатитовое месторождение Томтор. В Южном Верхоянье найдено Горнозёрское уран-редкометалльно-карбонатитовое месторождение. На р. Яна открыты борооловоносные и литиевые месторождения. В Западном Верхоянье выявлено и разведано месторождение ртути Звёздочка. Открыто много месторождений полудрагоценных и поделочных камней, в том числе известные месторождения чароита на р. Мурун и драгоценного хромдиоксида на р. Инагли.

Отдельной главы заслуживает история поисков и разведки строительных материалов, месторождений подземных вод для питьевого и технического водоснабжения населения и промышленных предприятий. Подземные воды в условиях распространения многолетнемерзлых пород являются ценным полезным ископаемым.

В настоящее время в эксплуатации находятся 13 месторождений пресных подземных вод: Нерюнгринское, Верхне-Нерюнгринское, Нижне-Нерюнгринское, Омупинское, Чульманское, Серебряно-Борское, Нижне-Куранахское, Мало-Беркакитское, Орто-Салинское, Ленское, Кангаласское, Хатасское, Якутское и др. Часть месторождений считается подготовленной к эксплуатации, но находится в нераспределённом фонде недр. Потребление подземных вод в Республике Саха (Якутия)

для хозяйственно-питьевого водоснабжения составляет более 100 тыс. м³/сут, для технического – 35 тыс. м³/сут.

Геологоразведочные работы на подземные воды проводятся за счёт средств Государственного бюджета Республики Саха (Якутия), федерального бюджета и недропользователей. За счёт бюджетных средств осуществляются поиски и оценка, на средства недропользователей – оценка и разведка месторождений.

Выводы и рекомендации.

1. Проводимые за счёт средств федерального бюджета объёмы региональных, в том числе на углеводородное сырьё, поисковых работ на твёрдые полезные ископаемые не обеспечивают прирост перспективных площадей, достаточный для восполнения быстро выходящих прогнозных ресурсов, сформированных 20–30 лет назад. Геолого-съёмочная изученность территории республики недостаточна по объёму и устарела по потребительским свойствам, требует серьёзных вложений в свои развитие и совершенствование.

2. В результате ГРР, выполняемых за счёт собственных средств недропользователей, направленных на разведку известных месторождений, поиски и оценку объектов на новых перспективных участках за последние десять лет, значительного прироста запасов и прогнозных ресурсов полезных ископаемых не наблюдается. Например, в последние годы добыча золота в республике превысила 40 т, при этом прирост от оценки и разведки практически в четыре раза меньше выбытия запасов.

3. Сокращение государственного финансирования поисковых работ на углеводородное сырьё и практически отказ от оценочной стадии работ на твёрдые полезные ископаемые приводят к сокращению резерва перспективных участков недр с надёжными прогнозными ресурсами высоких категорий. Несмотря на значительные объёмы разведанных запасов, для использования их в крупных экспортно ориентированных проектах, в первую очередь в Арктических районах, необходимо постоянное расширенное воспроизводство разведанных запасов с последовательным увеличением сырьевой базы.

4. Практически бесконтрольная раздача участков с учтёнными прогнозными ресурсами высоких категорий привела к их «замораживанию» на 5–7 лет. Немногие недропользователи, получившие поисковые лицензии, способны своими силами и средствами выполнить поисковые работы. Большая часть из них после регистрации лицензии начинает искать инвесторов или покупателей на практически пустые участки, а те недропользователи, которые, в свою очередь, обладают необходимыми ресурсами и готовы к проведению поисковых работ, не могут получить интересные их участки в связи с «занятостью» последних. К этому следует добавить ограниченное число организаций, имеющих компетенцию для проведения поисковых и оценочных работ в таком сложном по горно-геологическим и инфраструктурным особенностям регионе, как Якутия.

5. В настоящее время базы данных геологической информации распределены среди подведомственных учреждений и различных геологических институтов по всей стране, частично на ведомственных сайтах и в большей степени на бумажных носителях. В них много противоречий, отсутствует единый актуализированный к современным требованиям порядок сбора и оперативного предоставления геологической информации, из-за чего поиск требуемых сведений затруднён и сопряжён со значительными затратами времени опытных специалистов – геологов.

6. Необходимо обеспечить финансирование геологоразведочных работ (региональных, поисковых, оценочных) на территории Республики Саха (Якутия) за счёт средств федерального бюджета в размере не менее 3,5 млрд руб. ежегодно с распределением 1,5 млрд руб. – нефть и газ, 1,5 млрд руб. – алмазы, благородные и цветные металлы, уголь, неметаллы (ТПИ), 500 млн руб. – региональные геолого-съёмочные работы.

При проведении геологоразведочных работ за счёт средств федерального бюджета максимально использовать компетенции геологоразведочных организаций Республики Саха (Якутия) – АО «Якутскгеология»,

АО «Якутскгеофизика», АК «АЛРОСА» ПАО, ГУП «Сахагеоинформ».

7. Наладить системный, оперативный, ежегодный контроль за выполнением недропользователями условий пользования недрами по проведению ГРР, досрочно прекращать право пользования, высвобождающиеся участки незамедлительно предоставлять в пользование.

8. Приступить в 2022 г. к цифровизации, актуализации, верификации и консолидации всей имеющейся информации на базе единой геологической информационной системы, сделав её доступной всем недропользователям в онлайн-режиме, в том числе на коммерческой основе. Прослеживается общее направление

создания географически привязанных баз данных, объединённых в систему со стандартными и / или уникальными (формирующимися внутри системы из готовых справочников) запросами из любой сферы недропользования, будь то запасы, ресурсы или состояние разработки месторождения, геологоразведочных и научных работ.

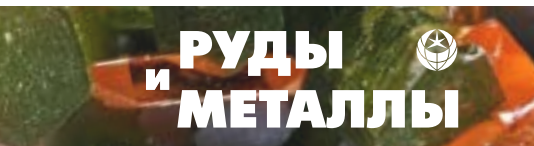
9. Начиная с 2023 г. увеличить объёмы поисковых работ на дефицитные и конъюнктурные виды полезных ископаемых за счёт федерального бюджета для наращивания резерва перспективных объектов с начальными запасами и надёжными прогнозными ресурсами и предоставлением таких участков в пользование только на условиях аукционов.

Стихи о геологах Якутии. Лев Кичигин*

Друзья! Сто лет назад,
Никто тогда, ни стар, ни млад,
Ни сам, наверное, Амосов,
Не мог в ту пору полагать,
Как в 2022 году
Восславим мы Республику свою!
То было мудрое решение –
Создать в Якутии экспедиции
Для совершения славных дел,
Чтобы от нефти и до золота
Была б Якутия богата!
Никто поныне не в обиде –
Всё вышло в самом лучшем виде!
И от начала до конца
Никто не потерял лица.
И лишь о том мы сожалеем,
Что как-то быстро юбилей
Встают на нашем рубеже,
И мы не молоды уже.

Хвала героям прошлых лет!
Помянем тех, кого уж нет.
Спасибо всем, кто эту встречу
Назначил, сделал, обеспечил,
Придал значения моменту.
Друзья! Сказать позвольте всем:
Мы расстаёмся не совсем.
Ещё лет сто, а может быть, и двести
Пройдут не зря на этом месте.
Наш дух, как древний Байанай,
Стеречь продолжит этот край.
И наградит открытием щедрым
Тех, кто постичь сумеет недра.
И там, где наш горел костер,
Пойдёт и дальше разговор:
Пока с удачей он дружен,
Всегда геолог будет нужен!
И как бы путь твой не был долог,
Удачлив будь, наш брат – геолог!

* Кичигин Лев Николаевич родился в Якутии в 1939 г. После окончания Якутского государственного университета более 50 лет работал в экспедициях Якутского геологического управления геологом, главным геологом. Кандидат геолого-минералогических наук, заслуженный геолог ЯАССР.



Авторы

Калашников Виталий Васильевич

кандидат геолого-минералогических наук
генеральный директор
kvv62@list.ru

Ковалёв Леонид Николаевич

кандидат геолого-минералогических наук
главный геолог
kvv62@list.ru

ГУП РС (Я) «Сахагеоинформ»
г. Якутск, Россия

Authors

Vitalii V. Kalashnikov

PhD
General Director
kvv62@list.ru

Leonid N. Kovalev

PhD
Chief Geologist
kvv62@list.ru

Geological Information Fund of the Republic of Sakha (Yakutia)
Sahageoinform, Yakutsk, Russia



Вклад Алмазной лаборатории ЦНИГРИ в научную кладовую Якутии

The contribution of the TSNIGRI Diamond laboratory to the scientific treasury of Yakutia

Толстов А. В., Зинчук Н. Н.

Tolstov A. V., Zinchuk N. N.

Приведены краткие сведения об основных этапах научной деятельности за полувековую историю Научно-исследовательского геологического предприятия (НИГП) АК «АЛРОСА» (ПАО), подтверждающие их унаследованность от начальных этапов работы предприятия (Алмазная лаборатория, ЯОКИ, ЯФ и ЯНИГП ЦНИГРИ) по различным научным направлениям – геологии, тектонике, стратиграфии, палеотектонике, палеогеографии, петрофизике, петрографии, петрологии, петрохимии, геофизике, геохимии, комплексному изучению первичных и вторичных минералов и др. Акцентируется внимание на отдельных этапах таких исследований, вызванных расширением географии изучения и развитием современного комплекса методов анализа вещественного состава пород. За длительный период работы Алмазной лаборатории НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) в Якутии учёными переданы и внедрены в геологоразведочное производство сотни прогнозных и методических рекомендаций, опубликованы тысячи статей, изданы более сотни монографий по широкому спектру направлений геологии твёрдых полезных ископаемых, прежде всего, по алмазам.

Ключевые слова: алмазы, кимберлиты, россыпи, месторождения.

Brief information is given on the main stages of scientific activity or the half-century history of the Research Geological Enterprise (NIGP) of PJSC ALROSA, confirming their inheritance from the initial stages of the enterprise (Diamond Laboratory, YaOKI, YaF and YANIGP TsNIGRI) in various scientific areas (geology, tectonics, stratigraphy, paleotectonics, paleogeography, petrophysics, petrography, petrology, petrochemistry, geophysics, geochemistry, complex study of primary and secondary minerals, etc.). Attention is focused on individual stages of such studies, caused by the expansion of the geography of research and the development of a modern set of methods for studying the material composition of rocks. Over the half-century period of activity of the Diamond Laboratory – NIGP PJSC ALROSA (PJSC) in Yakutia, the company's scientists have transferred and implemented hundreds of forecast and methodological recommendations into geological exploration, published thousands of articles, published more than a hundred monographs on a wide range of areas of geology of solid minerals and, First of all, for diamonds.

Key words: diamonds, kimberlites, placers, deposits.

Для цитирования: Толстов А. В., Зинчук Н. Н. Вклад алмазной лаборатории ЦНИГРИ в научную кладовую Якутии. Руды и металлы. 2022. № 2. С. 25–35. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10008.

For citation: Tolstov A. V., Zinchuk N. N. The contribution of the TSNIGRI Diamond laboratory to the scientific treasury of Yakutia. Ores and metals, 2022, № 2, pp. 25–35. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10008.

1 июня 2018 г. отметило свой золотой юбилей Научно-исследовательское геологическое предприятие (НИГП) АК «АЛРОСА» (ПАО). Исполнение приказа Министра геологии СССР акад. А. В. Сидоренко об организации в г. Мирном Алмазной лаборатории директор ЦНИГРИ чл.-корр. АН СССР И. С. Рожков поручил приглашённому из Ботуобинской ГРЭ ПГО «Якутскгеология» к. г.-м. н. А. Д. Харькиву. Алексей Демьянович руководил новым коллективом на протяжении первых 14 лет. В конце 1981 г. на базе Алмазной лаборатории был создан Якутский отдел комплексных исследований алмазных месторождений (ЯОКИ) ЦНИГРИ во главе с заведующим лабораторией геологии коренных месторождений алмазов к. г.-м. н. Н. Н. Зинчуком, который руководил предприятием почти четверть века – до 01.04.2005 г. Этот период ознаменован существенным ростом предприятия, что стало возможно за счёт увеличения объёмов договорных работ, расширения географии исследований на алмазы с охватом перспективных территорий Сибирской платформы (СП), в первую очередь, Якутии (рис. 1). Возросла публикационная активность ЯОКИ, появилась серия научных статей и первых обобщающих монографий (рис. 2).

С расширением тематики и объёма работ (1988–1991 гг.) статус отдела повысился до Якутского филиала (ЯФ) ЦНИГРИ, с 1992 г. – Якутского научно-исследовательского геологоразведочного предприятия (ЯНИГП) ЦНИГРИ, вошедшего в том же году в состав ПНО «Якуталмаз», ныне АК «АЛРОСА» (ПАО). Особенность этапа – целенаправленная подготовка научных кадров высшей квалификации, аттестованных ВАК СССР и России. Помимо защиты десятков кандидатских диссертаций, в ЯНИГП ЦНИГРИ подготовлены без отрыва от производства в условиях Крайнего Севера докторские диссертации именитых учёных – А. Д. Харькива (1981 г.), Н. Н. Зинчука (1986 г.), К. П. Аргунова (1991 г.), В. П. Афанасьева (1991 г.), В. А. Цыганова (1994 г.), В. Т. Подвысоцкого (1995 г.), А. В. Манакова (2002 г.), А. Я. Ротмана (2002 г.).

За это время предприятие превратилось в научно-исследовательский центр, способный

решать сложные прикладные задачи по научно-методическому обеспечению геологоразведочной и алмазодобывающей отраслей промышленности, исследованию коренных и россыпных месторождений алмазов, определению перспектив поисков алмазных месторождений в пределах Сибирской, Восточно-Европейской платформ и некоторых континентов. Важнейшее достижение предприятия – решение фундаментальных проблем алмазной геологии, издание монографий (рис. 3) и тематических сборников, которые стали неоценимым вкладом при рассмотрении вопросов сырьевого обеспечения АК «АЛРОСА». Был создан Восточно-Европейский отдел оценки перспективности новых территорий с местом базирования в г. Санкт-Петербурге, который возглавил В. Т. Подвысоцкий, а затем В. Н. Устинов.

С 2005 г. с переводом Н. Н. Зинчука в Центр подготовки кадров АК «АЛРОСА» дальнейший рост научных кадров высшей квалификации в регионе проводился под эгидой Западно-Якутского научного центра АН РС (Я), когда, наряду с появлением новых кандидатов наук, А. В. Толстовым (2006 г.), С. А. Грахановым (2007 г.), В. Н. Устиновым (2009 г.) и И. Г. Коробковым (2012 г.) были защищены докторские диссертации по геологии и минерации отдельных регионов России.

В 2005 г. руководителем ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА» был назначен зам. директора по научной работе к. г.-м. н. А. В. Герасимчук, возглавлявший коллектив до 1 октября 2017 г. Этот период жизни предприятия ознаменовался успешным выполнением плановых заданий и переименованием в Научно-исследовательское геологоразведочное предприятие (НИГП) АК «АЛРОСА» (ПАО) с перебазировкой коллектива в новое трёхэтажное каменное здание. В рамках технического перевооружения происходило оснащение НИГП лабораторно-аналитической и геофизической аппаратурой, усиливались исследования в Восточно-Европейской (Архангельская алмазоносная провинция и Балтийский щит) и Африканской (Ангола, Ботсвана и др.) платформах. В связи с реформированием геологоразведочного комплекса АК «АЛРОСА» (ПАО) с 01.10.2017 г.



Рис. 1. Основные книги учёных НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) за период работы Алмазной лаборатории и ЯОКИ ЦНИГРИ

Fig. 1. Main books of scientists of NIGP AK ALROSA (PJSC) for the period of work of the Diamond Laboratory and YaOKI TsNIGRI



Рис. 2. Основные книги учёных НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) за период работы ЯФ и ЯНИГП ЦНИГРИ

Fig. 2. The main books of scientists of NIGP AK ALROSA (PJSC) for the period of work of YaF and YANIGP TsNIGRI



Рис. 3. Основные сборники статей учёных НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) за 50 лет

Fig. 3. Main collections of articles by scientists of NIGP AK ALROSA (PJSC) for 50 years

организация получила новое название – Научно-исследовательское геологическое предприятие (НИГП) АК «АЛРОСА» (ПАО), директором которого был назначен А. В. Толстов. С его приходом не только возобновились работы по подготовке научных кадров высшей квалификации, но и вернулись к диверсификации научно-исследовательских и опытно-методических работ на другие полезные ископаемые (в первую очередь, на золото). Основания для реализации таких задач есть, так как уже в начале процесса реорганизации геологоразведочного комплекса (ГРК) в структуру НИГП вернули Центральную аналитическую лабораторию, а на базе Геолого-информационного компьютерного центра (ГИКЦ) Вилюйской геологоразведочной экспедиции создан отдел геолого-информационных технологий.

копаемые (в первую очередь, на золото). Основания для реализации таких задач есть, так как уже в начале процесса реорганизации геологоразведочного комплекса (ГРК) в структуру НИГП вернули Центральную аналитическую лабораторию, а на базе Геолого-информационного компьютерного центра (ГИКЦ) Вилюйской геологоразведочной экспедиции создан отдел геолого-информационных технологий.

Несмотря на то что основные обобщающие монографические труды предприятия были опубликованы в первом десятилетии XX в., первый сборник тезисов докладов «*Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов*» был издан к 30-летию предприятия, в 1998 г. Через три года по результатам Всероссийского совещания по направлению геологоразведочных работ на алмазы в РФ на 2001–2005 гг. в 2001 г. в ВГУ (г. Воронеж) был издан фундаментальный сборник «*Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения*» (отв. ред. Н. Н. Зинчук, А. Д. Савко).

Следующий сборник статей «*Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века*» (отв. ред. Н. Н. Зинчук, А. Д. Савко) вышел в свет в ВГУ в 2003 г. к научно-практической конференции, посвящённой 35-летию ЯНИГРИ ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». В сборнике подведены итоги пятилетних научных исследований на алмазы и сформулированы направления дальнейших работ, в том числе по выполнению задач руководства компании по диверсификации (нефть, газ, золото, платина, редкоземельные элементы и др.). На конференции было представлено большое количество интересных материалов, что побудило после её проведения издать второй сборник статей «*Геологические аспекты минерально-сырьевой базы акционерной компании “АЛРОСА”: современное состояние, перспективы, решения*» (отв. ред. Н. Н. Зинчук, Мирнинская городская типография), в котором сформулированы новые подходы к геолого-тектонической и минералого-геохимической характеристикам алмазоперспективных территорий России и Африки. В сборнике рассмотрены предложения по оптимизации поисков, лабораторно-аналитического обеспечения ГРП АК «АЛРОСА», научно-геологическому обеспечению диверсификации АК «АЛРОСА» и решению экологических проблем.

Региональная научно-практическая конференция «Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях», посвящённая 40-летию ЯНИГП

ЦНИГРИ АК «АЛРОСА», была проведена в 2008 г. К началу её работы в ЯФ СО РАН издан сборник тезисов докладов. На конференции освещены проблемы научно-методического сопровождения ГРП АК «АЛРОСА» на современном этапе, приведены новые данные по характеристике алмазоперспективных территорий России, месторождений алмазов, даны предложения по оптимизации прогнозно-поисковых исследований и методико-технологическим аспектам их выполнения.

Обобщающие работы в виде сборников статей издавались по итогам не только совещаний и конференций, но и отдельных школ-семинаров, проводимых в 2005–2009 гг. в городах Мирный и Архангельск на базе экспедиции «АЛРОСА-ПОМОРЬЕ». Так, в ЯФ СО РАН в 2004 г. вышли сборники статей «*Вопросы методики прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых (применительно к объектам геологоразведочных работ АК “АЛРОСА”*» и «*Изучение алмазов в геологоразведочном комплексе. Методическое пособие*» [2]. Из нескольких сотен внедряемых рекомендаций более двух десятков опубликованы в виде статей и методических разработок по изучению морфологии и физических свойств алмазов и индикаторных минералов кимберлитов; надёжности геофизических, геохимических, петрологических и минералогических методов и целевых прогнозно-поисковых комплексов; тектонофизическим исследованиям; петрофизическим свойствам; радиоволновому просвечиванию; методам и приёмам разведки и опробования коренных, россыпных месторождений и алмазопроявлений и др.

Для передачи опыта геологов-ветеранов молодым учёным под эгидой предприятия был подготовлен и в 2004 г. издан под научной редакцией главного геолога АК «АЛРОСА» С. И. Митюхина двухтомник «*Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки месторождений алмазов*» [21, 22]. Наиболее удачным представляется выпуск фундаментального сборника статей «*Геология алмаза – настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России)*» [10].

Отдельные монографии получили высокую оценку и часто цитируются в работах научных и научно-производственных сообществ. Авторы книги «*Карбонатитовые месторождения России*» [28] А. А. Фролов, А. В. Толстов, С. В. Белов, науч. ред. Н. Н. Зинчук решением президиума РСТ за создание кадастра разнообразного сырья на территории России отмечены премией им. А. Н. Косыгина; авторам монографии «*Карбонатиты и кимберлиты (взаимоотношения, минерогения, прогноз)*» [29] А. А. Фролову, А. В. Лапину, А. В. Толстову, Н. Н. Зинчуку, С. В. Белову, А. А. Бурмистрову в 2000 г. президиумом РАН присуждена премия им. С. С. Смирнова.

Не типичны для НИГП, но высоко оценены публикации по экологии: М. Н. Зинчук «*Экологическая тематика на уроке английского языка (по материалам зарубежной английской прессы)*»; Н. Н. Зинчук, М. Н. Зинчук, А. В. Пизнюр, Б. С. Ягнышев «*Факторы минералообразования и некоторые экологические аспекты кимберлитов*»; Б. С. Ягнышев, Т. А. Ягнышева, М. Н. Зинчук, Я. Б. Легостаева «*Экология Западной Якутии (геохимия геоэкосистем: состояние и проблемы)*», а также по комплексной оценке объектов [25].

По заданию АК «АЛРОСА» осуществлены проекты «Алмазоносные провинции мира» и «Коренные месторождения алмазов мира», собраны материалы по алмазоносности древних платформ и реализованы амбиции Генерального директора Л. Л. Сафонова, согласно которым «АЛРОСА» должна быть в мире всюду, где есть алмазы.

В 2004 г. издательство ВГУ выпустило книгу Н. Н. Зинчука, А. Д. Савко, Л. Т. Шевырева «*Тектоника и алмазоносный магматизм*» [13], где проанализирован фактический материал о размещении алмазоносных магматитов на континентах Земли, рассмотрена их история по восьми продуктивным эпохам палеогоя и неогоя и освещена эволюция платформенных областей Земли с акцентом на процессы кратонизации, рифтогенеза, распространения базит-ультрабазитового магматизма. Логичны появление в 2005–2008 гг. трёхтомника «*Историческая минерогения*» [14], вошедшего в

списки рекомендованной литературы для геологических факультетов вузов и сузов, и его включение в учебные программы спецкурса «Историческая минерогения».

За более чем полувековой период работы в Якутии предприятий, берущих начало от Алмазной лаборатории ЦНИГРИ, переданы и внедрены в геологоразведочное производство сотни прогнозных и методических рекомендаций, опубликованы тысячи статей на актуальные темы, подготовлены более сотни обобщающих монографий по широкому спектру направлений: геологии алмазных месторождений и перспективных территорий [1–5, 6–8, 11, 12, 16–18, 20, 28–32]; тектонике и стратиграфии [13]; корообразованию и другим свойствам осадочных пород [9, 19, 24, 25–31]; геофизике, петрофизике и геофизическим методам поисков [12, 18]; региональной и поисковой минералогии [2–5, 15, 26]; вещественному составу алмазных месторождений и методическим проблемам алмазной геологии [20, 23]; атласам кимберлитов и их минералов [3].

Помимо тематических исследований Африки, специалисты НИГП с 2000 г. по контракту с ГРО «Катока» выполняли научно-исследовательские и лабораторно-аналитические работы на территории Анголы в рамках поисковых работ на концессии Катока и разведки кимберлитовой трубки Катока. Сотрудники Ф. З. Файрузов, В. А. Ванчугов, В. И. Вуйко, А. И. Махин, Б. П. Антонюк и др., прошедшие подготовку в НИГП, успешно трудятся на объектах ГРО «Катока», а В. А. Ванчугов стал одним из первооткрывателей крупнейшей в мире кимберлитовой трубки Луэле. Многие из апробированных методов изучения геологии, вещественного состава, условий формирования и разработки месторождений востребованы учёными и геологами АК «АЛРОСА» (ПАО) в повседневной деятельности обновлённого ГРК. Несмотря на огромный объём проведённых исследований по прогнозированию и поискам алмазных объектов на территории Якутской алмазоносной провинции, до настоящего времени она изучена довольно неравномерно, и намечены конкретные перспективные территории для дальнейшего проведения геолого-

разведочных, научно-исследовательских, опытно-методических работ.

Таким образом, НИГП, унаследовавшее от Алмазной лаборатории, ЯОКИ, ЯФ и ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА» основные научные направления в геологии, тектонике, стратиграфии, палеотектонике, палеогеографии, петрофизике, петрографии, петрологии, геофизике, дистанционном зондировании и космодешифрировании, подтвердило их преемственность. Приведённые материалы подчёркивают широту и многогранность решённых учёными НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) вопросов, рассмотренных на V Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 50-летию предприятия. Однако на протяжении всей истории предприятия главные из них – исследования на алмазы.

Своеобразное подведение итогов деятельности НИГП – выпуск в электронном виде фундаментального библиографического справочника (Н. Н. Зинчук, В. К. Маршинцев, А. В. Толстов «Алмазы России», 2021), который подытожил опубликованные результаты по алмазной тематике в СССР и России за 100 лет. Справочник представляет собой уникальную базу данных литературных источников алмазного и смежного направлений, и после его регистрации в электронной базе данных РИНЦ (библиотека E-Library) будет в открытом до-

ступе. Это достойный вклад учёных НИГП к 100-летию ЯАССР, отмечаемому в 2022 г.

Реорганизация ГРК АК «АЛРОСА» завершилась созданием единого геологического предприятия, в результате чего 01.02.2022 г. НИГП прекратило своё существование как отдельная структура и в виде Научно-аналитического центра вошло в состав Вилюйской экспедиции, организованной 01.10.2017 г. на основе Ботубинской и Амакинской. Примечательно, именно из Ботубинской экспедиции в 1968 г. был приглашён геолог А. Д. Харьков, который полвека назад создал Алмазную лабораторию, прародительницу НИГП. На этом закончился полвековой путь алмазной науки в Западной Якутии. К настоящему времени существенно сокращены, прекращены или утрачены из-за отсутствия специалистов научные исследования по следующим направлениям: надёжность геолого-поисковых систем, стратиграфия и литология алмазных коллекторов, палеогеоморфология, минерагения кор выветривания и ряд других. Это, безусловно, требует своевременного принятия мер научного сообщества по возрождению и развитию данных направлений алмазопромышленной геологии в академических и отраслевых институтах, так как без них выявление новых алмазных месторождений в Якутии и в России весьма проблематично.

Список литературы

1. Аргунов К. П. Атлас морфологических особенностей алмазов. – Якутск : Гохран РС (Я), 1999. – 147 с.
2. Афанасьев В. П., Горайнов С. А., Елисеев А. П., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Надолинный В. А., Сонин В. М., Рылов Г. М. Изучение алмазов в геологоразведочном комплексе. Методическое пособие. – Якутск : ЯФ СО РАН, 2004. – 300 с.
3. Афанасьев В. П., Ефимова Э. С., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Атлас морфологии алмазов России. – Новосибирск : НИЦ СО РАН, 2000. – 291 с.
4. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П. Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов. – Новосибирск : СО РАН, 2001. – 276 с.
5. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П. Поисковая минералогия алмаза. – Новосибирск : Гео, 2010. – 650 с.
6. Белов С. В., Лапин А. В., Толстов А. В., Фролов А. А. Минерагения платформенного магматизма (траппы, карбонатиты, кимберлиты). – Новосибирск : СО РАН, 2008. – 537 с.
7. Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Кузнецова Л. Г. Петрохимические модели алмазных месторождений Якутии. – Новосибирск : СО РАН, 1997. – 574 с.
8. Василенко В. Б., Толстов А. В., Кузнецова Л. Г., Минин В. А. Петрохимические критерии оценки алмазности кимберлитовых месторождений Якутии // Геохимия. – 2010. – № 4. – С. 366–376.
9. Зинчук Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов. – М. : Недра, 2000. – 538 с.
10. Зинчук Н. Н. О специфике и направленности обобщающих печатных работ ЯНИГП ЦНИГРИ акционерной компании «АЛРОСА» // Геология алмаза – настоящее и будущее (Геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). – Воронеж : ВГУ, 2005. – С. 11–24.
11. Зинчук Н. Н., Бондаренко А. Т., Гарат М. Н. Петрофизика кимберлитов и вмещающих их пород. – М. : Недра, 2002. – 695 с.
12. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. – М. : Недра, 2003. – 603 с.
13. Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Шевырев Л. Т. Тектоника и алмазоносный магматизм. – Воронеж : ВГУ, 2004. – 426 с.
14. Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Шевырев Л. Т. Историческая минерагения в 3 томах. Т. 1. Введение в историческую минерагению. – Воронеж : ВГУ, 2005. – 590 с. Т. 2. Историческая минерагения древних платформ. – Воронеж : ВГУ, 2007. – 570 с. Т. 3. Историческая минерагения подвижных суперпоясов. – Воронеж : ВГУ, 2008. – 622 с.
15. Зинчук Н. Н., Харьков А. Д., Мельник Ю. М., Мовчан Н. П. Вторичные минералы кимберлитов. – Киев : Наукова думка, 1987. – 284 с.
16. Квасница В. Н., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм микрокристаллов алмаза. – М. : Недра, 1999. – 224 с.
17. Квасница В. Н., Харьков А. Д., Зинчук Н. Н. Природа алмаза. – Киев : Наукова думка, 1994. – 203 с.
18. Лазько Е. Е. Минералы-спутники алмаза и генезис кимберлитовых пород. – М. : Недра, 1979. – 192 с.
19. Лапин А. В., Толстов А. В. Минерагения кор выветривания карбонатитов : методическое руководство. – М., 2011. – (Серия методических руководств по прогнозированию и поискам месторождений полезных ископаемых при региональном геологическом изучении недр).
20. Мацюк С. С., Зинчук Н. Н. Оптическая спектроскопия минералов верхней мантии. – М. : Недра, 2001. – 428 с.
21. Минорин В. Е., Подчасов В. М., Богатых И. Я., Граханов С. А., Шаталов В. И. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки месторождений алмазов. Книга 2. Россыпные месторождения. – Якутск : ЯФ СО РАН, 2004. – 424 с.
22. Подчасов В. М., Минорин В. Е., Богатых И. Я., Голубев Ю. К., Граханов С. А., Кривонос В. Ф., Подвысоцкий В. Т., Харьков А. Д., Еринчек Ю. М., Ягнишев Б. С. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки месторождений алмазов. Книга 1. Коренные месторождения. – Якутск : ЯФ СО РАН, 2004. – 548 с.
23. Симоненко В. И., Толстов А. В., Васильева В. И. Новый подход к геохимическим поискам кимберлитов на закрытых территориях // Разведка и охрана недр. – 2008. – № 4–5. – С. 108–112.
24. Толстов А. В., Энтин А. Р., Тянь О. А., Орлов А. Н. Промышленные типы месторождений в карбонатитовых комплексах Якутии. – Якутск, 1995.
25. Толстов А. В., Гунин А. П. Комплексная оценка Томторского месторождения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2001. – № 11. – С. 144–160.
26. Толстов А. В. Главные рудные формации Севера Сибирской платформы. – М. : ИМГРЭ, 2006. – 212 с.
27. Устинов В. Н. Терригенные коллекторы алмазов Сибирской, Восточно-Европейской и Африканской платформ. – СПб. : Наука, 2015. – 531 с.
28. Фролов А. А., Толстов А. В., Белов С. В. Карбонатитовые месторождения России. – М. : НИА-Природа, 2003. – 494 с.
29. Фролов А. А., Лапин А. В., Толстов А. В., Зинчук Н. Н., Белов С. В., Бурмистров А. А. Карбонатиты и кимберлиты (взаимоотношения, минерагения, прогноз). – М. : НИА-Природа, 2005. – 540 с.
30. Цыганов В. А. Надёжность геолого-поисковых систем. – М. : Недра, 1994. – 299 с.
31. Харьков А. Д., Зинчук Н. Н., Крючков А. И. Геолого-генетические основы шлихоминералогического метода поисков алмазных месторождений. – М. : Недра, 1995. – 348 с.
32. Харьков А. Д., Зинчук Н. Н., Крючков А. И. Коренные месторождения алмазов мира. – М. : Недра, 1998. – 555 с.

References

1. Argunov K. P. Atlas morfologicheskikh osobennostei almazov [Atlas of morphological features of diamonds], Yakutsk, Gokhran RS (Ya) Publ., 1999, 147 p.
2. Afanas'ev V. P., Goryainov S. A., Eliseev A. P., Zinchuk N. N., Koptil' V. I., Nadolinniy V. A., Sonin V. M., Rylov G. M. Izuchenie almazov v geologorazvedochnom komplekse. Metodicheskoe posobie [The study of diamonds in the exploration complex. Methodical manual], Yakutsk, YaF SO RAN Publ., 2004, 300 p.
3. Afanas'ev V. P., Efimova E. S., Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Atlas morfologii almazov Rossii [Atlas of morphology of diamonds of Russia], Novosibirsk: NITs SO RAN Publ., 2000, 291 p.
4. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Pokhilenko N. P. Morfologiya i morfogenez indikatornykh mineralov kimberlitov [Morphology and morphogenesis of kimberlite indicator minerals], Novosibirsk, SO RAN Publ., 2001, 276 p.
5. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Pokhilenko N. P. Poiskovaya mineralogiya almaza [Prospecting mineralogy of diamond], Novosibirsk, Geo Publ., 2010, 650 p.
6. Belov S. V., Lapin A. V., Tolstov A. V., Frolov A. A. Minerageniya platformennogo magmatizma (trapy, karbonatity, kimberlity) [Minerageny of platform magmatism (traps, carbonatites, kimberlites)], Novosibirsk, SO RAN Publ., 2008, 537 p.
7. Vasilenko V. B., Zinchuk N. N., Kuznetsova L. G. Petrokhimicheskie modeli almaznykh mestorozhdenii Yakutii [Petrochemical models of diamond deposits in Yakutia], Novosibirsk, SO RAN Publ., 1997, 574 p.
8. Vasilenko V. B., Tolstov A. V., Kuznetsova L. G., Minin V. A. Petrokhimicheskie kriterii otsenki amazonosnosti kimberlitovykh mestorozhdenii Yakutii [Petrochemical criteria for assessing the diamond content of kimberlite deposits in Yakutia], *Geokhimiya [Geochemistry International]*, 2010, No 4, pp. 366–376. (In Russ.).
9. Zinchuk N. N. Postmagmaticheskie mineraly kimberlitov [Postmagmatic minerals of kimberlites], Moscow, Nedra Publ., 2000, 538 p.
10. Zinchuk N. N. O spetsifike i napravlenosti obobshchayushchikh pechatnykh rabot YaNIGP TsNIGRI aktsionernoi kompanii “ALROSA” [On the specifics and orientation of the generalizing printed works of YANIGP TsNIGRI of the joint-stock company “ALROSA”], *Geologiya almaza – nastoyashchee i budushchee (Geologi k 50-letnemu yubileyu g. Mirnyi i almazodobyvayushchei promyshlennosti Rossii) [Geology of diamond – present and future (Geologists for the 50th anniversary of Mirny and the diamond mining industry of Russia)]*, Voronezh, VGU Publ., 2005, pp. 11–24.
11. Zinchuk N. N., Bondarenko A. T., Garat M. N. Petrofizika kimberlitov i vmeshchayushchikh ikh porod [Petrophysics of kimberlites and their host rocks], Moscow, Nedra Publ., 2002, 695 p.
12. Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Tipomorfizm almazov Sibirskoi platformy [Typomorphism of diamonds of the Siberian platform], Moscow, Nedra Publ., 2003, 603 p.
13. Zinchuk N. N., Savko A. D., Shevyrev L. T. Tektonika i amazonosnyi magmatizm [Tectonics and diamond-bearing magmatism], Voronezh, VGU Publ., 2004, 426 p.
14. Zinchuk N. N., Savko A. D., Shevyrev L. T. Istoricheskaya minerageniya v 3 t. [Historical minerogeny in 3 vols].
T. 1. Vvedenie v istoricheskuyu minerageniyu [Vol. 1. Introduction to historical minerogeny], Voronezh, VGU Publ., 2005, 590 p.
T. 2. Istoricheskaya minerageniya drevnikh platform [Historical mineralogy of ancient platforms], Voronezh, VGU Publ., 2007, 570 p.
T. 3. Istoricheskaya minerageniya podviznykh superpoyasov [Historical mineralogy of mobile superbelts], Voronezh, VGU Publ., 2008, 622 p.
15. Zinchuk N. N., Khar'kiv A. D., Mel'nik Yu. M., Movchan N. P. Vtorichnye mineraly kimberlitov [Secondary minerals of kimberlites], Kiev, Naukova dumka Publ., 1987, 284 p.
16. Kvasnitsa V. N., Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Tipomorfizm mikrokristallov almaza [Typomorphism of diamond microcrystals], Moscow, Nedra Publ., 1999, 224 p.
17. Kvasnitsa V. N., Khar'kiv A. D., Zinchuk N. N. Priroda almaza [The nature of diamond], Kiev, Naukova dumka Publ., 1994, 203 p.
18. Laz'ko E. E. Mineraly-sputniki almaza i genesis kimberlitovykh porod [Satellite minerals of diamond and the genesis of kimberlite rocks], Moscow, Nedra Publ., 1979, 192 p.
19. Lapin A. V., Tolstov A. V. Minerageniya kor vyvetrivaniya karbonatitov: metodicheskoe rukovodstvo [Mineralogy of carbonatite crust: methodological guide], Moscow, 2011.
20. Matsyuk S. S., Zinchuk N. N. Opticheskaya spektroskopiya mineralov verkhnei mantii [Optical spectroscopy of upper mantle minerals], Moscow, Nedra Publ., 2001, 428 p.
21. Minorin V. E., Podchasov V. M., Bogatykh I. Ya., Grakhanov S. A., Shatalov V. I. Geologiya, prognozirovanie, metodika poiskov, otsenki i razvedki mestorozhdenii almazov. Kniga 2. Rossyppnye mestorozhdeniya [Geology, forecasting, methods of prospecting, evaluation and exploration of diamond deposits. Book 2. Placer deposits], Yakutsk, YaF SO RAN Publ., 2004, 424 p.
22. Podchasov V. M., Minorin V. E., Bogatykh I. Ya., Golubev Yu. K., Grakhanov S. A., Krivonos V. F., Podvysotskii V. T., Khar'kiv A. D., Erinchek Yu. M., Yagnishev B. S. Geologiya, prognozirovanie, metodika poiskov, otsenki i razvedki mestorozhdenii almazov. Kniga 1. Korennyye mestorozhdeniya [Geology, forecasting, methods of prospecting, evaluation and exploration of diamond deposits. Book 1. Primary deposits], Yakutsk, YaF SO RAN Publ., 2004, 548 p.
23. Simonenko V. I., Tolstov A. V., Vasil'eva V. I. Novyi podkhod k geokhimicheskim poiskam kimberlitov na zakrytykh territoriyakh [A new approach to geochemical searches of kimberlites in closed territories], *Razvedka i okhrana nedr [Prospect and protection of mineral resources]*, 2008, No 4–5, pp. 108–112. (In Russ.).
24. Tolstov A. V., Entin A. R., Tyan O. A., Orlov A. N. Promyshlennyye tipy mestorozhdenii v karbonatitovykh kompleksakh Yakutii [Industrial types of deposits in carbonatite complexes of Yakutia], Yakutsk, 1995.
25. Tolstov A. V., Gunin A. P. Kompleksnaya otsenka Tomtorskogo mestorozhdeniya [Comprehensive assessment of the Tomtorskoye field], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology]*, 2001, No 11, pp. 144–160. (In Russ.).
26. Tolstov A. V. Glavnye rudnye formatsii Severa Sibirskoi platformy [The main ore formations of the North of the Siberian platform], Moscow, IMGRE Publ., 2006, 212 p.
27. Ustinov V. N. Terrigennye kollektory almazov Sibirskoi, Vostochno-Evropeiskoi i Afrikaniskoi platform [Terrigenous diamond collectors of the Siberian, East European and African platforms], St. Petersburg, Nauka Publ., 2015, 531 p.
28. Frolov A. A., Tolstov A. V., Belov S. V. Karbonatitovyye mestorozhdeniya Rossii [Carbonatite deposits of Russia], Moscow, NIA-Priroda Publ., 2003, 494 p.
29. Frolov A. A., Lapin A. V., Tolstov A. V., Zinchuk N. N., Belov S. V., Burmistrov A. A. Karbonatity i kimberlity (vzaimootnosheniya, minerageniya, prognoz) [Carbonatites and kimberlites (relationships, minerogeny, prognosis)], Moscow, NIA-Priroda Publ., 2005, 540 p.
30. Tsyganov V. A. Nadezhnost' geologo-poiskovykh sistem [Reliability of geological search systems], Moscow, Nedra Publ., 1994, 299 p.
31. Khar'kiv A. D., Zinchuk N. N., Kryuchkov A. I. Geologo-geneticheskie osnovy shlikho-mineralogicheskogo metoda poiskov almaznykh mestorozhdenii [Geological and genetic foundations of the shlikhomineralogical method of diamond deposits prospecting], Moscow, Nedra Publ., 1995, 348 p.
32. Khar'kiv A. D., Zinchuk N. N., Kryuchkov A. I. Korennyye mestorozhdeniya almazov Mira [The primary diamond deposits of the World], Moscow, Nedra Publ., 1998, 555 p.

Авторы

Толстов Александр Васильевич

доктор геолого-минералогических наук, академик АН РС (Я),
главный научный сотрудник¹
Tols61@mail.ru

Зинчук Николай Николаевич

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, академик АН РС (Я),
председатель ЗЯНЦ²
nnzinchuk@rambler.ru

¹ Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН,
г. Якутск, Россия

² Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) АН РС (Я),
г. Мирный, Россия

Authors

Alexander V. Tolstov

PhD, Academician
Chief Researcher¹
Tols61@mail.ru

Nikolay N. Zinchuk

PhD
Professor, Academician
Chairman²
nnzinchuk@rambler.ru

¹ Institute of Geology of Diamond and Precious Metals,
Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russia

² West Yakutsk Scientific Center of the Academy of Sciences
of the Republic of Sakha (Yakutia), Mirny, Russia

Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция на северо-востоке Евразии и её перспективная минерагения

North-Asian black shale ore-bearing megaprovince in the Northeastern Eurasia and its prospective minerogeny

Гриненко В. С., Баранов В. В., Девятков В. П.

Grinenko V. S., Baranov V. V., Deviatov V. P.

На северо-востоке Евразии впервые выделена Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция. В основу её выделения в двух сопредельных платформах, Сибирской и Восточно-Сибирской (погребена под Верхояно-Колымской складчатой областью), положена циклическая последовательность формирования толщ, обогащённых глинистым и органическим веществом в бореальном морском бассейне. В границах этих платформ установлены глинистые и черносланцевые породы, отнесённые к формациям «класса черносланцевых трогов, прогибов и впадин» [8, 18]. Их образование синхронно становлению Северо-Азиатской мегапровинции. Эволюция седиментогенеза происходила в морском мелководном бореальном бассейне на консолидированной континентальной коре с начала рифейской эоноэмы до раннего мела включительно на протяжении более 1513 млн лет. Мегапровинция включает десять минерагенических эпох. Её минерагеническая специализация потенциально перспективна на экзогенную минерагению алмаза, рассеянные благородные металлы, элементы халькофильной, сидерофильной и редкометалльной групп, концентрированные углеводороды и энергетические (горючие) полезные ископаемые. Она тесно генетически связана с системной перестройкой режима хемогенного и терригенного седиментогенеза в бореальном морском бассейне и активизацией в пределах окружающей его континентальной суши тектонических процессов и магматической деятельности.

Ключевые слова: северо-восток Евразии, Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция.

The North-Asian ore-bearing black shale megaprovince has first been distinguished in the northeastern Eurasia. Its distinguishing within the two contiguous platforms, the Siberian and East Siberian (buried under the Verkhoyansk-Kolyma folded area) ones, is based on a cyclic formation of rock sequences enriched in clayey and organic matter in the boreal sea basin. Within these contiguous platforms, clayey and black shale rocks was identified, assigned to geological formations of the “class of black shale troughs, depressions, and basins”. Their appearance was synchronous in the evolution of the North-Asian megaprovince. The sedimentogenesis evolution proceeded in the shallow-water Boreal sea basin on the consolidated continental crust from the beginning of the Riphean eonothem through the Early Cretaceous, inclusively, during more than 1513 Ma. The megaprovince embraces ten minerogenic epochs. Its minerogenic specialization is potentially promising for exogenous accumulations of diamonds; dispersed noble metals; elements of the chalcophile, siderophile, and rare metal groups; concentrated hydrocarbons; and energy (combustible) minerals. It was closely genetically related to systemic restructuring of the regime of chemogenous and terrigenous sedimentogenesis in the boreal sea basin and to reactivation of the tectonic processes and magmatic activity within its surrounding continental land.

Keywords: Northeastern Eurasia, North-Asian black shale ore-bearing megaprovince.

Для цитирования: Гриненко В. С., Баранов В. В., Девятков В. П. Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция на северо-востоке Евразии и её перспективная минерагения. Руды и металлы. 2022. № 2. С. 36–55. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10009.

For citation: Grinenko V. S., Baranov V. V., Deviatov V. P. North-Asian black shale ore-bearing megaprovince in Northeastern Eurasia and its prospective minerogeny. Ores and metals, 2022, № 2, pp. 36–55. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10009.

Введение. Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция располагается на северо-востоке Евразии [4, 5]. Она контролирует большую часть осадочного чехла востока Сибирской платформы и Восточно-Сибирской платформы (погребённой под Верхояно-Колымской складчатой областью) (рис. 1). Весьма сложное геологическое строение, установленное геолого-геофизическими и геологоразведочными работами, в том числе картировочным и глубоким бурением на нефть и газ, обуславливает на этой территории разнообразие промышленных групп полезных ископаемых, ещё не полностью выявленных.

Осадочный чехол этих платформ, залегающий на консолидированном (гетерогенном) основании (рис. 2), существенно неоднороден по вещественному наполнению и внутренней стратифицированной структуре разреза. На востоке Сибирской платформы он представлен байкальским, каледонским, ранне- и позднегерцинским, а также мезо- и кайнозойским тектоническими мегакомплексам: разнообразными морскими, лагунными и континентальными, в том числе и угленосными, фациями. Осадочный чехол Восточно-Сибирской платформы герцинским орогенезом преобразован в существенно терригенную флишоидную осадочную призму – верхоянский терригенный комплекс (ВТК, $C_{1v}-K_1al_1$). Подстилающие толщи байкальского, каледонского и раннегерцинского мегакомплексов были почти полностью уничтожены деструктивными процессами орогенеза, что привело к залеганию терригенно-флишоидной осадочной призмы ВТК как на востоке Сибирской платформы, так и в Западном Верхоянье непосредственно на кровле дорифейского кристаллического фундамента. Беякчано-Омолойский трог, разделяющий Сибирскую и Восточно-Сибирскую платформы, в осадочных призмах карбона – раннего мела Верхоянского мегантиклинория, Сартангского и Южно-Верхоянского синклиналиев маркирован структурами в основном с линейной складчатостью. В них сформированы литологические стратоны ВТК, торцовое замыкание заполнено среднепротерозойскими красноцветными молассоидными

псаммитами, псеффитами с покровами кислых лав и их туфов Беякчанского трога, кайнозойскими песками, глинистыми сланцами, углями, лигнитами Омолойского трога.

Среди промышленных групп полезных ископаемых, выявленных на востоке Сибирской платформы, видное место занимают продуктивные залежи концентрированных углеводородов и прослои энергетических (горючих) полезных ископаемых, а также представители эндогенной и экзогенной минерагении (благородные металлы, россыпи алмаза), экзогенной минерагении: чёрные (железо, марганец, титан), цветные (алюминий, медь, свинец, цинк), химическое сырьё (каменная соль, самородная сера, стронций, барий, флюорит, цеолиты, каолин) и агрономические руды (фосфориты, калийные соли). В традиционно ведущую промышленную группу полезных ископаемых Восточно-Сибирской платформы входят благородные металлы, рассеянные, редкоземельные, халькофильные и сидерофильные элементы, а также концентрированные углеводороды. Установленные на этих платформах вышеперечисленные виды минерального сырья сейчас играют важную роль в развитии производительных сил Северо-Востока России.

Постановка проблемы. Один из необходимых факторов нефте-, газо- и рудоаккумуляции в породах осадочного чехла платформ и складчатых областей – повышенное содержание в нём исходного органического ($C_{орг.}$) вещества [22]. Модельные эксперименты [16] показывают высокую генерирующую возможность глинистых отложений (глины, аргиллиты, алевролиты, глинистые доломиты, глинистые известняки и др.) и значительную роль поровых растворов в концентрировании и совместной миграции водорастворённых органических веществ и рудных элементов. В расчётных моделях показано, что в глинистых породах, занимающих 45–50 % объёма всего осадочного чехла, кларковое содержание Pb, Cu, Zn, Co, Ni, V, Ti, W, Hg и $C_{орг.}$ значительно больше, чем в других литологических разновидностях горных пород. Как подмечено в ходе тематических исследований по изучению разрез

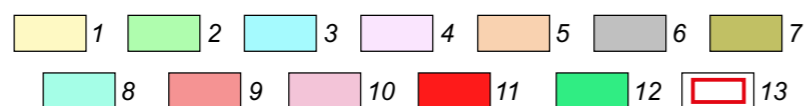
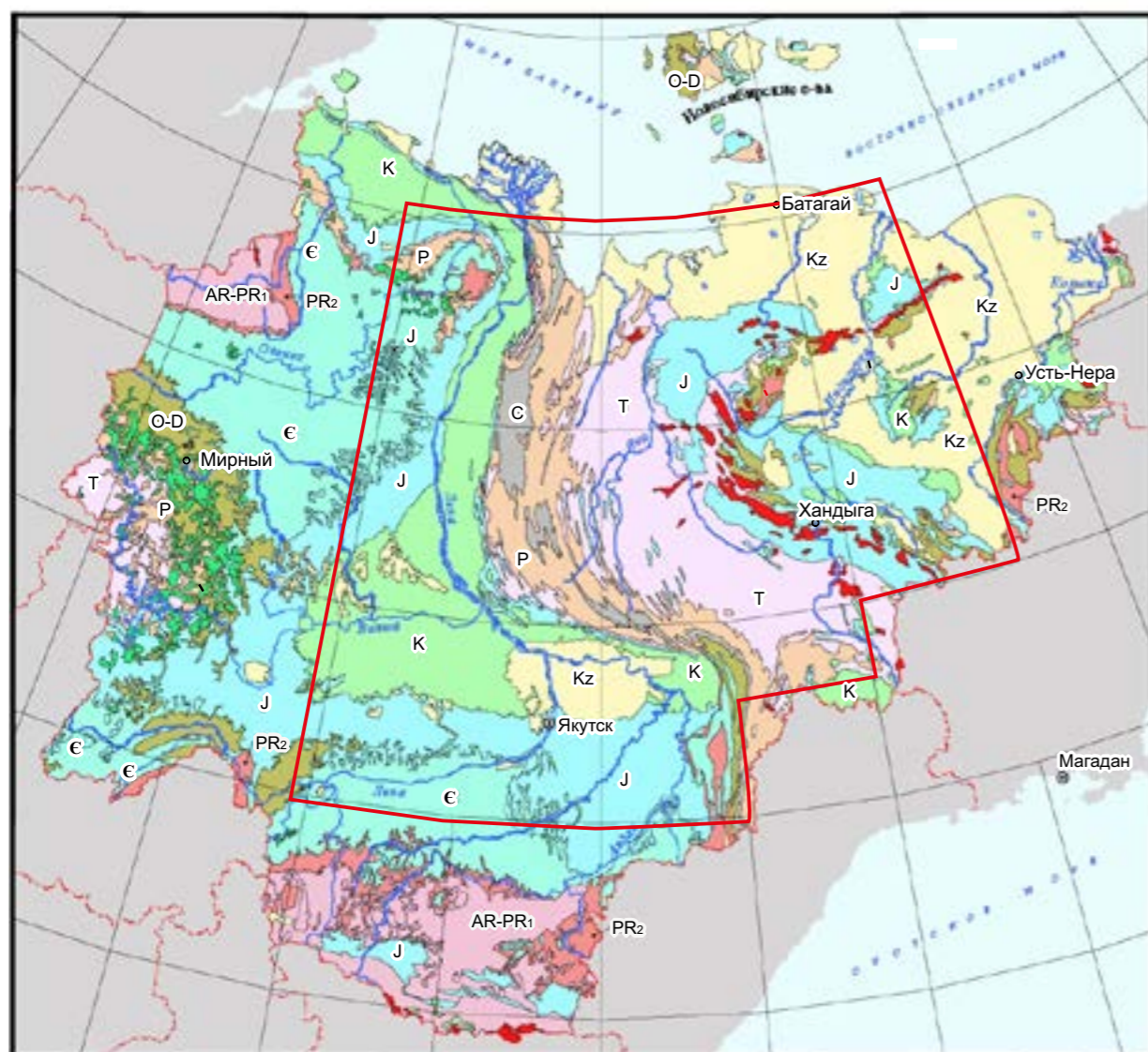


Рис. 1. Схематическая геологическая карта исследованной территории. Масштаб 1 : 10 000 000:

1 – кайнозой; 2 – мел; 3 – юра; 4 – триас; 5 – пермь; 6 – карбон; 7 – ордовик, силур, девон; 8 – кембрий; 9 – верхний протерозой; 10 – архей – нижний протерозой; 11 – мезозойские гранитоиды; 12 – интрузивные траппы (250 млн лет); 13 – контур исследованной территории

Fig. 1. Schematic geological map of the study area, scale 1 : 10 000 000:

1 – Cenozoic; 2 – Cretaceous; 3 – Jurassic; 4 – Triassic; 5 – Permian; 6 – Carboniferous; 7 – Ordovician, Silurian, Devonian; 8 – Cambrian; 9 – upper Proterozoic; 10 – Archean – lower Proterozoic; 11 – Mesozoic granitoids; 12 – intrusive traps (250 million years); 13 – contour of the explored territory

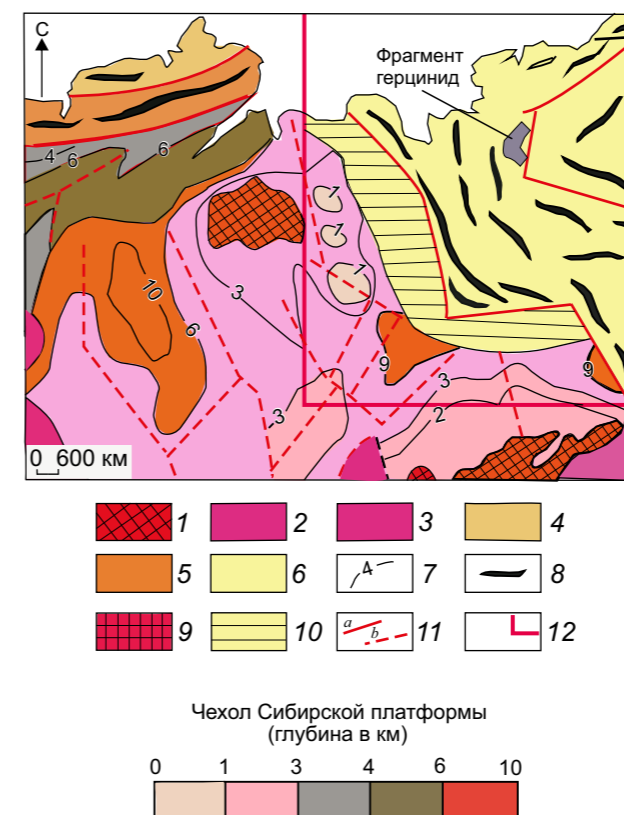


Рис. 2. Местоположение Северо-Азиатской черносланцевой рудоносной мегапровинции на северо-востоке Евразии (фрагмент Тектонической карты СССР [13]):

платформы: 1 – щиты; складчатые области: 2 – до-байкальская, 3 – байкальская, 4 – каледонская, 5 – герцинская, 6 – альпийская; 7 – изогипсы пород фундамента; 8 – простираение структуры; 9 – срединные массивы; 10 – краевые прогибы; 11 – глубинные разломы: а – выходящие на поверхность, b – погребённые; 12 – границы объекта исследований

Fig. 2. Location map of the North-Asian black shale ore-bearing megaprovince in the northeastern Eurasia (fragment of the Tectonic map of the USSR [13]):

platforms: 1 – shields; folded areas: 2 – pre-Baikal, 3 – Baikal, 4 – Caledonian, 5 – Hercynian, 6 – Alpine; 7 – isohypses of foundation rocks; 8 – stretching of the structure; 9 – median massifs; 10 – marginal deflections; 11 – deep faults: a – coming to the surface, b – buried; 12 – boundaries of the object of research

чехла и сводного мелкомасштабного картографирования территорий двух платформ, глинистые породы составляют здесь только в пермских, триасовых и юрских отложениях до 62 % [2, 4, 5, 14]. Также установлено, что при литогенезе глинистых осадков одновременно с изменением минерального состава, физических свойств, структуры и текстуры происходит высвобождение до 80–90 % объёма свободной воды. При дальнейшем погружении глинистых пород под воздействием прогрессивно возрастающих геостатических P-T условий уже на глубинах более 450–500 м начинают отжиматься из слабоплотных пород рыхлосвязанные и прочносвязанные воды, обладающие агрессивными свойствами и аномальной способностью растворять как минеральные компоненты пород, так и неполярные органические вещества, к примеру битумы [1, 16]. При этом режимы нагрузок на образцы, имитирующие первоначальное

плавное погружение осадков, были выбраны аналогичные природным ситуациям, – повышение до 20 МПа при температуре 25 °С, а затем наращивание нагрузок до 60 МПа и 80 °С с приложением знакопеременных и виброакустических колебаний (5–60 кГц), воспроизводящих «встряхивание» пласта и моделирующее воздействие сеймотектонических факторов. Опыты с уплотнением глинистых пород, горючих сланцев, в том числе богхедов и кукерситов, показали, что после высвобождения поровой воды в них растворялась не только так называемая твёрдая нефть и $S_{орг}$, но и другие минеральные компоненты, вследствие этого содержание минеральных и органических компонентов в испытуемых образцах значительно уменьшалось. Так, суммарное массовое содержание основных породообразующих оксидов SiO_2 , CaO , SO_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , MgO снизилось на 1,8–2,3 %, в том числе уменьшились значения для руд-

ных и редкоземельных элементов – Pb, Zn, Cu, Mo, Ni, Zr, Co, W, As, Sc, Rb, Y, La, Ga – до 1 %, $C_{орг.}$ – на 1,3–1,5 мас. %.

Полученный перспективный анализ позволяет изменить подходы к изучению стратифицированных толщ докембрия, палеозоя и мезозоя с развитыми в них глинистыми толщами (рис. 3) и пересмотреть их продуктивную прогнозно-поисковую оценку на чёрные сланцы. На основании вышеизложенного с учётом положения о рудном и органическом массопереносе материала поровыми водами, отжимаемыми из глинистых пород в стрессгеодинамических $P-T$ условиях снизу вверх по разрезу осадочного чехла, обосновывается целесообразность выделения в докембрии и фанерозое на севере Евразии новой Северо-Азиатской черносланцевой рудоносной мегапровинции. Эти породы зафиксированы в изученном интервале докембрия – фанерозоя в минерагенических формациях, бассейнах и провинциях на востоке Сибирской и Восточно-Сибирской платформ [4, 5, 17, 19].

Краткая характеристика кровли консолидированной коры в пределах мегапровинции. На сейсмологических разрезах по профилям глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) Воркута – Тикси и р. Кеть – Тикси, трассирующих в широтном направлении западную и северо-западную части мегапровинции, достаточно чётко фиксируются две сейсмические границы, одна из которых отождествляется в фундаменте с кровлей экиитской серии, а другая – с её подошвой. На основе этих данных, результатов государственного картографирования территории Российской Федерации в масштабе 1 : 1 000 000 (издание третье) территории севера и северо-востока Сибирской платформы за кровлю дорифейских образований (кровля консолидированной коры) была принята верхняя граница экиитского комплекса [5].

Экиитский гранитовый комплекс (γPR_1e) включает в себя разобщённые массивы площадью до нескольких десятков квадратных километров (самый крупный – Ортокинский), сопровождающиеся магматическими штоками и жилами. На большей части территории

Оленёкского и Куойкско-Далдынского поднятий комплекс перекрыт отложениями нижнего рифея. Изотопный возраст лейкократовых гранитов Ортокинского массива, определённый U-Pb методом по циркону по двум группам конкордантных значений (33 определения), составил 2036 ± 11 и 2111 ± 20 млн лет [3]. Севернее пос. Жиганск и ниже Атырканского погребённого выступа, в низовьях р. Лена, к экиитскому комплексу с учётом имеющихся K-Ag датировок условно относятся образования, установленные в Джарджанской опорной скважине P-1 на глубине 1518 м (вскрытая мощность 102 м: чередующиеся кристаллические сланцы, кварциты, плагиогнейсы и роговообманковые гнейсы, прорванные жилами гранитов), в Говоровской скважине на глубине 1864 м (вскрытая мощность 361 м: толща метаморфизованных пород – серицит-кварцевых, кварцево-серицитовых, биотит-кварцевых, кварц-биотитовых и хлорит-биотит-кварцевых микросланцев, алевропесчаников и алевролитов) [5].

Наименее изучен региональными геолого-геофизическими исследованиями (сейсмическими профилями и методом теллурического зондирования) северо-восток Верхояно-Колымской складчатой области (Алазейское и Приколымское поднятия), где известны выходы метаморфических пород зеленосланцевой фации. Абсолютный возраст этих образований (сборы штучных образцов Ф. Ф. Третьякова) был определён в ИГ ЯФ СО АН СССР под руководством Н. И. Ненашева. Возраст метабазитов Алазейского поднятия, по данным K-Ag метода, колеблется от 1495 до 542 млн лет, а по изохронному Rb-Sr методу получена датировка в 2146 ± 138 млн лет. Дорифейские значения абсолютного возраста метаморфических образований получены и для пород фундамента Приколымского поднятия. Наряду с древними значениями абсолютного возраста Н. И. Ненашевым получены и датировки с более ранними значениями. Но при этом исследователь отмечает, что максимумы частот встречаемости явно омоложенных значений абсолютного возраста корректно соответствуют достоверно установленным и известным в

пределах Колымо-Омолонского региона рифейским, среднепалеозойским, позднепалеозойским, раннетриасовым и меловым проявлениями магматической деятельности.

Эти данные не противоречат положению, что в пределах Алазейского поднятия и на прилегающих к нему территориях земная кора была консолидирована в раннем протерозое, так же как и на Оленёкском и Якутском поднятиях Сибирской платформы [19]. При этом результаты среднемасштабной гравиразведки не опровергают, а, наоборот, подтверждают положение, что раннедокембрийские метаморфические породы как находятся на глубине, формируя при этом древнее Алазейское поднятие, так и присутствуют на его поверхности в виде реликтов. Результаты исследований Г. И. Штеха и его графические построения подтверждают изложенное выше. Исследователем построены карты в единых принципах как на западную часть Якутии (восточная часть Сибирской платформы), так и на восточную (Верхояно-Колымская складчатая область) [24]. За прошедший период изучения (более 50 лет) глубинного строения Западной и Восточной Якутии эти графические материалы по существу не изменились (в части выделения крупных форм рельефа поверхности фундамента). Поэтому у авторов настоящей статьи нет оснований сомневаться в положении кровли фундамента в пространстве в пределах двух обозначенных выше платформ.

Таким образом, в районе Алазейского поднятия земная кора имеет строение, аналогичное древним платформам (что и характерно для многих срединных массивов надвигово-складчатых областей), т. е. здесь раннедокембрийские метаморфические образования фундамента перекрыты слабодислоцированным вулканогенно-осадочным чехлом. Обширная территория Верхояно-Колымской складчатой области представлена в контуре мегапровинции чередой срединных массивов – Шелонско-Хромским, Колымским, Омолонским, Охотоморским, Адыча-Янским. В их пределах фундамент относительно приподнят и перекрыт слабодислоцированными вулканогенно-оса-

дочными образованиями чехла и довольно узких разделяющих эти массивы прогибов: Полоусненского, Сугойского, Западно-Лаптевского, Сартангско-Омолойского, Иньяли-Дебинского, Южно-Верхоянского и др., в контурах которых кровля консолидированной коры относительно опущена [24].

Существование Алазейского поднятия априори опровергает выделение Алазейско-Олойской эвгеосинклинали в целом и Алазейского островодужного террейна в частности. Собственно, в том, что Алазейское поднятие существует и оно тождественно Колымскому срединному массиву, можно не сомневаться, и вот почему на этом следует остановиться ещё раз. В районе Бадярихинской впадины, «рассекающей» Алазейское поднятие и выполненной меловыми вулканитами и осадочно-вулканогенными образованиями, находятся Седёдемские месторождения урана вулканического геолого-промышленного типа уранмолибденовой рудной формации. Подобная геологическая ситуация наблюдается в пределах Оленёкского поднятия на северо-востоке Сибирской платформы. Здесь, в бассейне р. Ортоку-Экиит, находятся проявления урана (с подсчитанными запасами) и отмечены пункты урановой минерализации. Оруденение локализовано в альбитизированных гранитоидах экиитского комплекса ($\gamma, \gamma \xi PR_1e$) и в основании нижнерифейской сыгынахтахской свиты (RF_1sg). Отметим, что толща пород, слагающая экиитскую серию (PR_1ek), а также другие нижнепротерозойские первично-осадочные и осадочно-вулканогенные образования Оленёкского поднятия [5] были ранее отнесены Б. Р. Шпунтом с соавторами по интенсивности метаморфизма к зеленосланцевой фации и классифицированы как производные процесса позднедокембрийского рифтогенеза [23]. Несколько другая точка зрения была высказана О. М. Розеном с соавторами в 1984 г. при изучении экиитской серии и выделении на Оленёкском поднятии рифейской морской терригенно-вулканогенной формации. Из литературных источников [20] следует, что формация накапливалась на окраине Беректинского террейна в обстановке

активной континентальной окраины. Затем на раннепротерозойском этапе в процессе формирования Экитского орогенного пояса она была интенсивно преобразована [5].

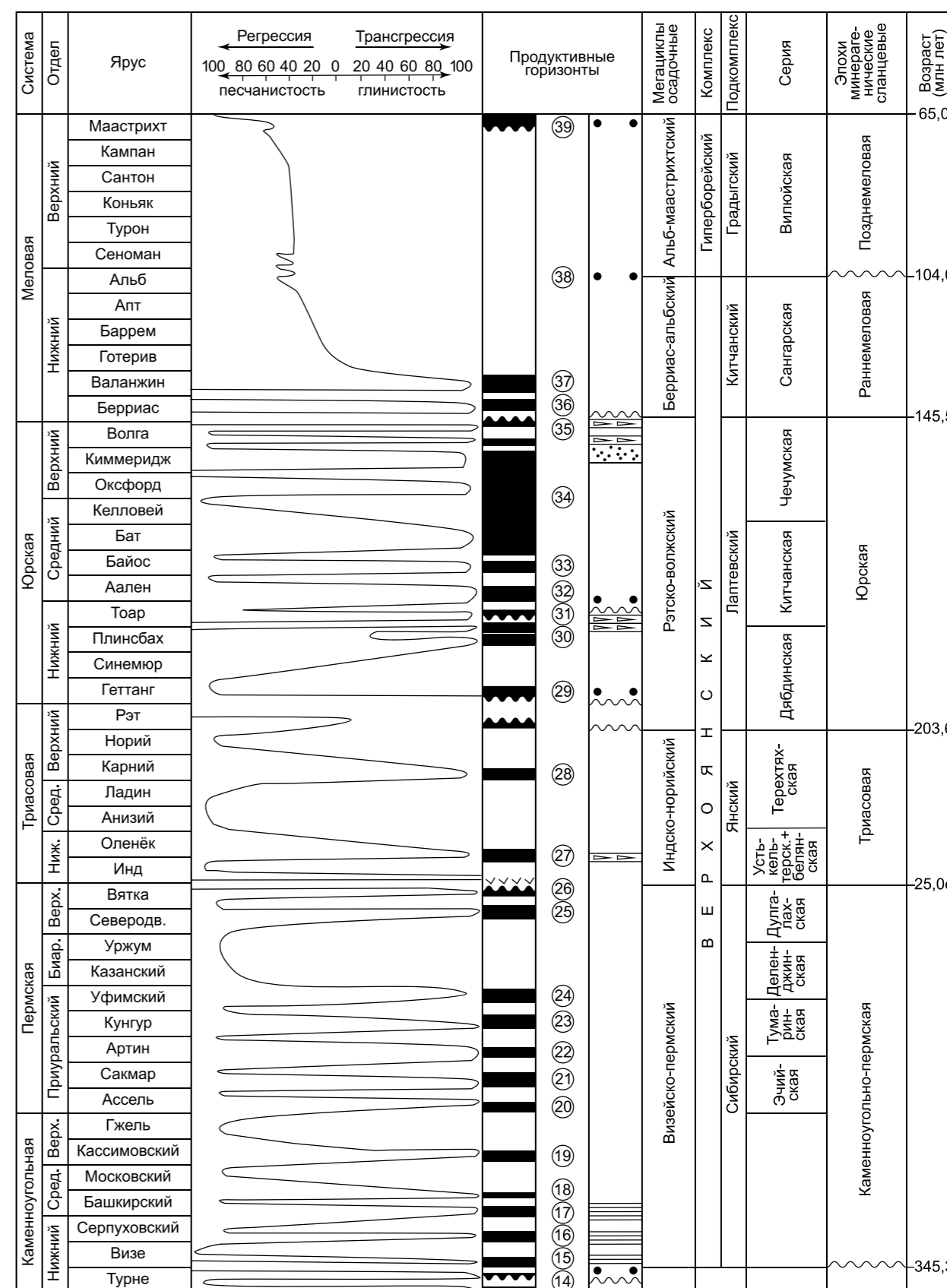
Это заключение об интенсивном преобразовании морской терригенно-вулканогенной формации можно расценивать как дезинтеграцию кровли экитского комплекса и образование в пределах рубежа его становления мощной коры выветривания, исключая формирование здесь каких-либо рудных формаций. Однако этот факт никак не согласуется с наличием в кровле экитского комплекса и подошве вышележащей сыгынахтахской свиты (нижний рифей) более 30 урановых аномалий, одного пункта минерализации, установленного в пределах поднятия рудопроявления урана с запасами по кат. Р₃ в 25 тыс. т. Анализируя изложенное и рассматривая эволюцию Оленёкского и Алазейского поднятий и их металлогению в едином контексте, остановимся на следующем: понятия «уран», «эвгеосинклиналь», «островная дуга», «террейн», «активная континентальная окраина» по определению несовместимы. Они не согласуются между собой, так как не могут корректно объяснить сходные условия возникновения поднятий подобного рода одновременно в нижнем протерозое, т. е. в верхней части кристаллического комплекса, в пределах Сибирской и Восточно-Сибирской платформ.

Западная периферия мегапровинции (Ботубинское поднятие, Сюгджерская седловина) характеризуется очень высокой геолого-геофизической изученностью кровли консолидированной коры (данные глубокого бурения и разрезы сейсморазведки методом отражённых глубинных точек) по профилям: р. Кеть – Тикси; Олёкминск – р. Тарей; Берёзово – Усть-Мая; Ботубия – Тунгус-Хая; Ханты-Мансийск – р. Лена). Здесь поверхность кристаллического фундамента прослежена по сейсмическому горизонту КВ (граница раздела карбонатного и терригенного венда внутри буюкской свиты). Мощность базальных терригенных образований венда – первые десятки метров (20–30), ложатся они непосредственно на кристаллический фундамент. Изогипсы горизонта КВ

проводятся на структурных картах в этом районе с сечением 25–100 м (следовательно, погрешность построений не больше указанных значений). Отсюда погрешность построений карт поверхности дорифейских образований на Ботубинском поднятии и Сюгджерской седловине составляет 50–150 м.

Наименее точны построения для Вилюйской синеклизы и сопредельной с ней на востоке части Предверхоанского краевого прогиба [24]. Если для Линденской впадины на участке с наиболее погружённой поверхностью фундамента данные ГСЗ и МТЗ (абсолютные отметки поверхности фундамента 13 и 15 км соответственно) примерно совпадают, то в районе Нижнелинденской впадины Предверхоанского прогиба данные ГСЗ (13 км) и МТЗ (21 км и более) существенно расходятся. С высокой долей вероятности можно констатировать, что в ходе интерпретации материалов МТЗ принимался двухслойный разрез чехла в районе Нижнелинденской впадины, состоящий из доминирующих толщ: терригенно-карбонатных – рифейского-венд-нижнепалеозойского, преимущественно терригенных – средне-верхнепалеозойского-мезозойского интервалов седиментации. Между тем результаты по Приленской, Джарджанской и Ивановской площадям глубокого бурения на нефть и газ указывают, что в районе Нижнелинденской впадины из разреза выпадают рифейские, вендские и нижнепалеозойские отложения. Следовательно, по материалам МТЗ значения глубин до поверхности фундамента получились несколько завышенными, т. е. они во многом зависели (в данном случае) от использованной в построениях удельной проводимости пород чехла.

Кровля консолидированной коры, установленная по геологическим, промыслово-геофизическим материалам и данным глубокого бурения в пределах восточной части Сибирской и Восточно-Сибирской платформ, позволяет оконтурить с запада на восток Северо-Азиатскую черносланцевую рудоносную мегапровинцию. В соответствии с сеткой международной разграфки, в своих границах вновь выделяемая мегапровинция на западе



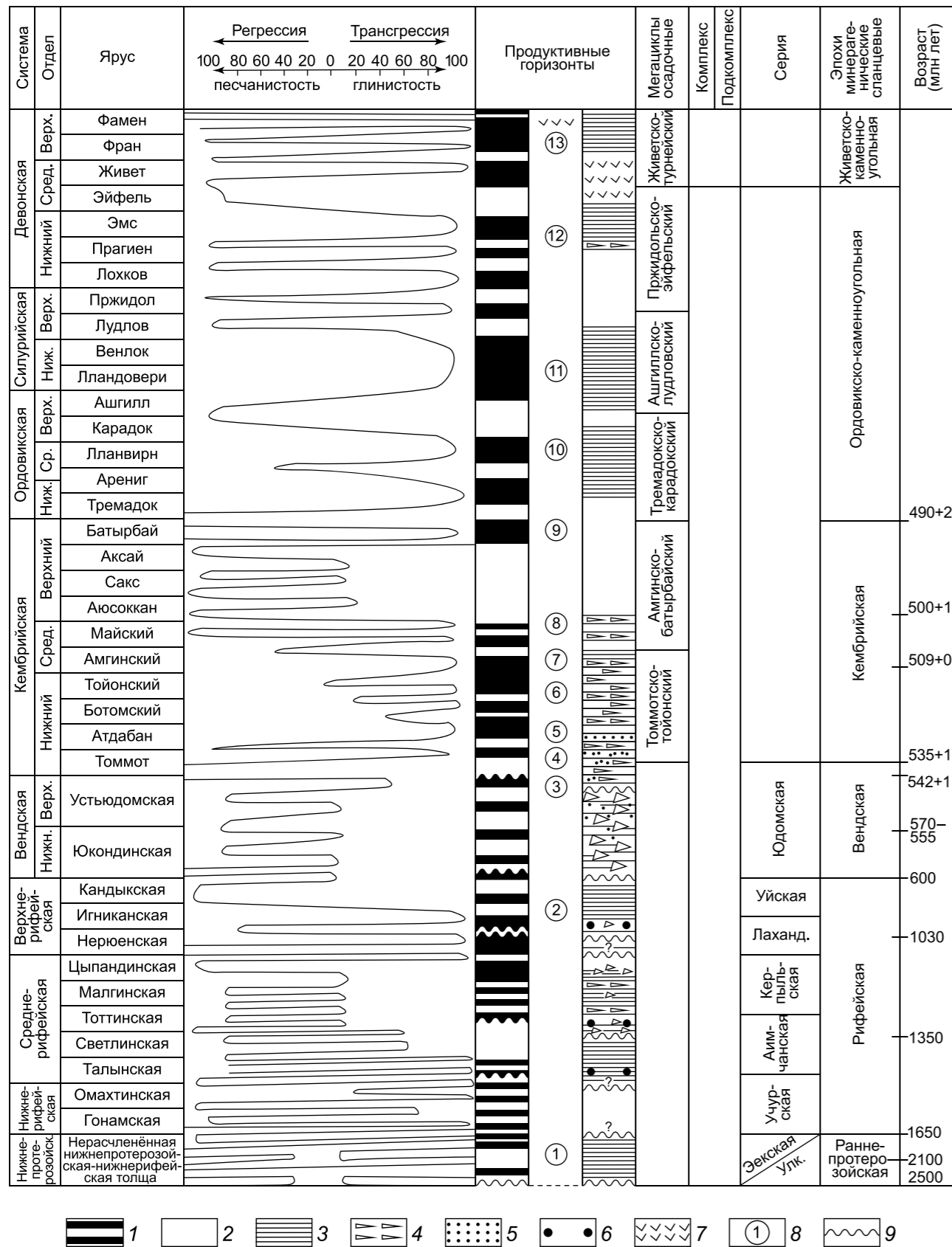


Рис. 3. Литолого-стратиграфическая модель Северо-Азиатской черносланцевой рудоносной мегапровинции:

продуктивные горизонты: 1 – глинистые, 2 – песчаные, 3 – черносланцевые, 4 – битуминозные, 5 – глауконитовые, 6 – каолиновых кор выветривания, 7 – вулканогенно-осадочные; 8 – продуктивные горизонты: 1 – сагынахтахский, 2 – арымасский, 3 – туркутский, 4 – пестроцветный, 5 – еланский, 6 – синский, 7 – иниканский, 8 – усть-майский, 9 – инаньинский, 10 – эльгенчанский, 11 – упорский, 12 – нижненеличенский, 13 – адамский, 14 – крапивинский, 15 – щегловский, 16 – магарский, 17 – имтанджинский, 18 – раннесолончанский, 19 – раннекыгылтасский, 20 – позднекыгылтасский, 21 – хорокытский, 22 – раннеэчийский, 23 – раннетумаринский, 24 – раннеделенджинский, 25 – раннедугалахский, 26 – хальпирский, 27 – осипайский, 28 – тирехтяхский, 29 – кыбыттыгасский, 30 – левинский, 31 – китербютский, 32 – лайдинский, 33 – леонтьевский, 34 – васюганский, 35 – чонокский, 36 – раннебуолкалахский, 37 – позднебуолкалахский, 38 – хатырыкский, 39 – линденский; 9 – стратиграфический перерыв

Fig. 3. Lithological-stratigraphical model of the North-Asian black shale ore-bearing megaprovince:

productive horizons: 1 – clayey, 2 – sandy, 3 – black-shaly, 4 – bituminous, 5 – glauconitic, 6 – kaolinite weathering crust, 7 – volcano-sedimentary; 8 – abbreviations of the productive horizons: 1 – Sagynakhtakh, 2 – Arymas, 3 – Turkut, 4 – varicolored, 5 – Elan, 6 – Sin, 7 – Inikan, 8 – Ust'-May, 9 – Inan'i, 10 – El'genchan, 11 – Upor, 12 – Lower Lichen, 13 – Adam, 14 – Krapivinsky, 15 – Shcheglovsky, 16 – Magar, 17 – Imtandzhi, 18 – Early Solonchansky, 19 – Early Kygyltas, 20 – Late Kygyltas, 21 – Khorokyt, 22 – Early Echiya, 23 – Early Tumarin, 24 – Early Delendzhin, 25 – Early Dugalakh, 26 – Khal'pir, 27 – Osipai, 28 – Tirechtyach, 29 – Kybyttag, 30 – Levinsky, 31 – Kiterbyut, 32 – Laidinsky, 33 – Leontievsky, 34 – Vasyugansky, 35 – Chonok, 36 – Early Buolkalakh, 37 – Late Buolkalakh, 38 – Khatyryk, 39 – Lindensky; 9 – stratigraphic interruption

контролируется 114° с. д., а на северо-востоке трассируется 150° с. д. по абрису Алазейского поднятия. Северное обрамление охватывает континентальную сушу на границе моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, а южное, в пределах Сибирской платформы, тяготеет к 60° с. ш. (см. рис. 1).

Минерагенические эпохи и их краткая характеристика. Разнофациальные осадочные толщи (см. рис. 3), покрывающие крупные по площади поднятия фундамента: Анабарское, Алданское, Томпонское, Приморское, Алазейское, Охотское, – формировались в условиях эволюции поднятий, что привело к накоплению геологического разреза сокращённого типа, изобилующего стратиграфическими перерывами и структурными несогласиями. Осадочные образования, залегающие в отрицательных структурах (Виллойской, Верхоянской, Западно-Верхоянской, Южно-Верхоянской, Полоусненской, Иньяли-Дебинской, Момо-Зырянской), накапливались в условиях режима унаследо-

ванного прогибания (троги, прогибы или впадины). Им сопутствовал полный тип геологического разреза, осложнённого сравнительно немногочисленными перерывами в осадконакоплении, что создавало благоприятную обстановку для образования полезных ископаемых бассейнового типа и зоны дальнего сноса от наиболее древних образований к молодым, объединяемый в «класс черносланцевых трогов, прогибов и впадин» [18]. Разделение земной коры на минерагенические провинции обусловлено рельефом консолидированного основания. К глыбовым фрагментам кровли консолидированной коры нами отнесены Алданская, Анабарская, Байкало-Становая (северная часть), Тунгусская (восточная часть) провинции, а также крупные части Алазейского, Охотского массивов и ряда сооружений Верхояно-Колымской складчатой системы, выделяемые в Колымскую, Приморскую, Охотскую субпровинции. Локальные закономерности определяют особенности прост-

ранственного и временного распределения минерагенических бассейнов, районов и площадей минерализации, сформировавшихся в сравнительно непродолжительные минерагенические эпохи в результате благоприятного сочетания структурного и формационного факторов [8, 15].

Под минерагеническими эпохами подразумеваются интервалы общей стратиграфической шкалы, в которых происходило накопление значительных масс экзогенных полезных ископаемых в бореальном осадочном бассейне (см. рис. 3). Поскольку в эволюции осадочного бассейна вещественным выражением тектонических этапов служат структурные комплексы, то и в настоящей работе принята номенклатура минерагенических эпох, которая отражает временные интервалы образования структурных комплексов, связанных с формированием глинистых и потенциально черносланцевых отложений класса трогов, прогибов и впадин.

В мегапровинции выделены следующие минерагенические эпохи: раннепротерозойская (карелий); рифейская (бурзаний-каратавий); вендская; кембрийская (томмотский-тойонский, амгинский-батырбайский века); ордовикско-каменноугольная (тремадокский-карадокский, ашгиллский-лудловский, пржидольский-эйфельский, живетский-турнейский века); каменноугольно-пермская (визейский-пермский век); триасовая (индско-норийский век); юрская (рэтский-волжский век); раннемеловая (берриасский-альбский век).

Раннепротерозойская минерагеническая эпоха (2500–1650 млн лет) представлена на Сибирской платформе реликтами карелид, которые установлены в пределах Оленёкского поднятия в виде выявленных пунктов минерализации олова, золота, одного проявления золота метаморфогенно-гидротермального типа, связанных с филлитовидными углеродистыми (черносланцевыми) сланцами экеитской серии (PR₁ek) и гранитоидами одноимённого комплекса (γ,ϒPR₁e). Золоторудные формации, черносланцевая и кварцевая, развитые на р. Сололи, генетически связаны с углеродсодержащими метаморфизованными породами

экеитской серии. Значение C_{орг.} в породах варьируется от 1,51 до 4,35 %, фоновое содержание золота – 0,005–0,03 г/т. В чёрных сланцах, метапесчаниках и метаалевролитах экеитской серии содержание Au 0,1–0,8 г/т. Отмечены Cu (0,03–0,04 %), As, Bi, Co, Ni, Fe, Pb. Прогнозные ресурсы Au по кат. P₂ – 2,6 т. Кроме указанных выше пунктов минерализации, в бассейне р. Ортоку-Экеит выявлены 30 радиоактивных аномалий. Оруденение локализовано в флюоритизированных и карбонатизированных терригенных породах нижнерифейской (возраст определён по глаукониту K-Ar методом, 1435–1380 млн лет) сагынах-тахской свиты, а также в альбитизированных гранитоидах экеитского комплекса (PR₁) [5]. Содержания урана высокие – 0,01–0,06 %. В связи с этим выделен потенциально урановорудный район с ресурсами по кат. P₃ в 25 тыс. т. Кроме урана, отмечены (в %): Mo – до 0,15; Pb – 0,3; Li до 0,02; Zn – 0,015; Va, Ce – до 0,003 г/т, Au – 0,2–0,6 г/т. По данным сейсморазведки, граница между нижним протерозоем и нижним рифеем фиксируется на закрытых территориях платформы по отражательной площадке PR₁-RF₁. На юго-востоке платформы в эпоху алгомской кратонизации формировалась также улканская серия, по возрасту отвечающая экеитской, с подобной минерагенической специализацией.

Рифейская минерагеническая эпоха (1650–600 млн лет) коррелируется с позднепротерозойским временным рубежом формирования мегапровинции и объединяет в этот интервал три эратемы (возраст рубежей определён по глаукониту K-Ar методом), охватывающие бурзаний (1650–1350 млн лет), юрматиний (1350–1030 млн лет) и каратавий (1030–600 млн лет) [5]. По генезису и вещественному составу образования рифея – морские мелководные терригенные и терригенно-карбонатные. С них начинается осадочный чехол востока Сибирской платформы. Породы чехла залегают с размывом и резким угловым несогласием на сложнодислоцированных метаморфизованных образованиях нижнего протерозоя. По данным сейсморазведки, в чехле устанавливаются четыре сейсмокомплекса: СК-1, СК-2,

СК-3 и СК-4. Первые три отвечают нижне-, средне- и верхнерифейским образованиям. В них в терригенно-карбонатных породах в виде битумопроявлений установлены (содержание до 0,12 %) признаки нефтеносности. Уйская серия, которая должна завершать разрез рифейских образований в Учуро-Майском прогибе, в изученном интервале на северо-востоке Сибирской платформы не установлена глубоким бурением. Она также не зафиксирована в погребённых разрезах чехла и сейсморазведкой (отражательная площадка СК-4 отсутствует). Газопроявления в рифее установлены в скважине Бурская № 341-0 на северном склоне Оленёкского поднятия. Здесь на глубине 2050 м получен приток минерализованной воды с растворёнными газами (%): CH₄ – 93,92, C₂H₆ – 0,53, N₂ – 4,68, He – 0,31. На интервале глубин 2809–2849 м состав газа (%) меняется: CH₄ – 81,76, N₂ – 18,84, He – 0,48. В Говоровской скважине (глубина 2005–2008 м) в отложениях рифея отмечено увеличение газопоказаний до 0,21–0,04 % против фонового значения 0,001. По данным спектрального анализа, в бассейне верхнего течения правого притока р. Оччугуй-Сололи при анализе кварц-глауконитового песчаника из рифейской арымасской свиты выявлен пункт минерализации свинца в 2,0 %.

Вендской минерагенической эпохе свойственно формирование отложений на поздне-рифейской коре выветривания в процессе продолжающегося докембрийского мегацикла, охватившего в это время акваторию бореального морского бассейна, характеризующегося мелководными прибрежными обстановками седиментации и толщей глинистых доломитов, внутри которой наблюдаются глинисто-песчаные прослои с глауконитом. Экзогенная минерагения развивалась на коре выветривания и дезинтегрированной поверхности рифейских образований, которые залегают с угловым стратиграфическим несогласием на подстилающих отложениях рифея (глубина размыва по структурным построениям достигает 600 м) [5]. В эпоху происходили процессы, связанные с накоплением нефтеносных залежей, признаки которых установлены в виде битумопроявлений в глинистых породах Бурской 341-0 скважины (в мастахской свите содержание битума 0,47 % при мощности продуктивного горизонта 2,8 м; в туркутской – от 14,4 до 29,4 %). Установлено, что в ходе формирования в нижнем-среднем палеозое карбонатной платформы выделяются шесть мегациклов (снизу вверх): томмотско-тойонский, амгинско-батырбайский, тремадокско-карадокский, ашгиллско-лудловский, пржидольско-эйфельский, живетско-турнейский. Осадконакопление происходило в морском бореальном бассейне на протяжении более 197 млн лет.

В *кембрийскую* минерагеническую эпоху (томмотский-тойонский и амгинско-батырбайский века) в мелководных условиях морского бассейна продолжали существовать обстановки осадконакопления, связанные с глинисто-карбонатным седиментогенезом. Для него было характерно формирование нефтеносных залежей, присутствие которых предполагается на основе битумопроявлений в нерасчленённых венд-кембрийских и кембрийских отложениях. Так, на водоразделе рек Оленёк и Хорбосуонка известны проявления битумов в нижнем кембрии (содержание битумов в известняках юнкюлябит-юряхской свиты до 5,5 %, в песчаниках маттайской свиты – до 4,0 %). Групповой состав хлороформенного экстракта битумов (%): масел – 7,8; смол – 5,5; асфальтенов – 4,9; карбидов – 81,8. Битуминозность ярко проявлена в осадочном чехле северного обрамления Алданской антеклизы. Здесь в нижнем кембрии накапливались черносланцевые породы: глинистые битуминозные известняки с органикой, мергели и доломиты – оолитовые водорослевые (еловская, чуранская, нохоройская, унгелинская свиты, мухатинская толща, тумурдунская свита) агдабанского яруса. Выше прослеживаются доломитизированные битуминозные известняки, глинистые битуминозные мергели и доломиты (куторгиновская, синская свиты) ботомского яруса. В пределах Алданской антеклизы к ботомскому и тойонскому ярусам относят нижнекембрийскую часть иниканской свиты, представленной глинистыми известняками, мергелями и битуминозными глинистыми до-

ломитами. На Оленёкском поднятии (бассейн р. Оленёк) в известняках и глинистых доломитах среднего кембрия установлено Юкэбилское проявление битумов, а в верхнем кембрии, в глинистых доломитах лапарской свиты, выявлено содержание осмолённого битума группы А – 12 %. Групповой состав битумов (%): масла – 49,5, смолы – 19,2, асфальтены – 39,3, карбиды – 10,9. На реках Молодо, Кюскюрдя, Муна оконтурены выходы горючего сланца. Проявления приурочены к битуминозным и окремнелым известнякам амгинского яруса среднего кембрия. Мощность слоёв горючего сланца 0,1–0,2 м, органического вещества в них – 10,1–15,64 %, в составе присутствуют битумы А-3,47, С-0,81, а также типичные сапропелевые образования. Содержание некоторых металлов значительно увеличено (в г/т): Cu – 69–233, Zn – 215–658, Co – 7–25, V – 664–4300, Ni – 170–327, Mo – 97–190. Куонамская свита распространена в пределах среднекембрийских отложений Ботуобинской антеклизы. Важная особенность органического вещества этого стратона – обогащённость ванадием и никелем. Скорее всего, поступление в бореальный бассейн и осаждение в нём в кембрийское время органического вещества, насыщенного ванадием и никелем, могло происходить одновременно с процессом дезинтеграции кровли поднятий и выступов кристаллического фундамента на востоке Сибирской (Оленёкский свод с Мунским, Куойско-Далдынским, Сололийским поднятиями, Олонгдинским выступом; Якутское поднятие, Томпонский выступ) и Восточно-Сибирской (Эчийский гранито-гнейсовый купол, Алазейское поднятие) платформ и др. На это указывают подобные проявления битумов, насыщенных металлами сидерофильной, халькофильной, редкометалльной и редкоземельной групп, выявленных в среднекембрийской инниканской свите (восток Сибирской платформы – Кыллахское поднятие, р. Керби; Учуро-Майский прогиб, р. Юдома). На востоке платформы черносланцевые осадочные тела (куонамская и инниканская свиты), обогащённые органическим веществом, сформировали в кембрийской части чехла куонамскую

формацию битуминозных отложений глинисто-карбонатного и кремнисто-карбонатно-глинистого составов, являющуюся основой кембрийского горючесланцевого бассейна [5].

В *ордовикско-каменноугольную* минерагеническую эпоху (тремадокский-карадокский, ашгиллский-лудловский, пржидольский-эйфельский, живетский-турнейский века) определяющими факторами накопления глинисто-углеродистых толщ являлись климат и развитие депрессионных впадин [4, 5]. Это доказывают накопление биогенных углеродисто-глинистых, карбонатных, хемогенных и красноцветных, сульфатонесных отложений, массовое распространение на шельфах в карбонатном цоколе двух платформ теплолюбивой коралловой фауны, высокое таксономическое разнообразие всех групп фауны и наличие по всему разрезу рифовых построек (биостромы, биогермы, рифы). Таким образом, каждая инициальная стадия трансгрессивно-регрессивного мегациклита совпадает с началом климатической перестройки. Максимум трансгрессий приходится на середину мегациклов. Расширение акватории бореального морского бассейна приводило к сокращению суши и гумидизации климата, а на склонах шельфовых платформ и во впадинах, часто в условиях аноксии, происходило накопление углеродисто-глинистых толщ. Черносланцевые толщи, характеризующие максимум стояния уровня бореального бассейна в начале раннего ордовика, представлены свитами: на восточном склоне горной системы Черского – учугейской (тремадок-арениг), в Эльгенчакских и Омудёвских горах – инаньинской (тремадок), на Селенняхском кряже, юго-восточном склоне хребта Полоусного – унгинской (арениг), в Южном Верхоянье – саккырырской (тремадок-лланвирн), на Юкагирском плоскогорье – гороховокаменной (арениг) и марьинской ((?) арениг-карадок). На о. Беннета, арх. Анжу эти отложения – 300-метровая толща чёрных аргиллитов и алевролитов (тремадок-арениг), на Чукотском полуострове – иколовринская толща (тремадок – ранний лланвирн). Черносланцевые породы ашгиллско-лудловского мегациклита представлены в горной сис-

теме Черского упорской свитой (лландоверивенлок), в Омудёвских горах – маутской (лландовери), на Чукотском полуострове – путукунейской (лландовери – ранний лудлов). На остальной территории северо-востока Евразии (Южное Верхоянье, западный склон горной системы Черского, Селенняхский кряж) в раннем силуре на мелководных шельфах карбонатных платформ происходило накопление преимущественно карбонатных осадков. В Южном Верхоянье в конце раннего девона на пике финальной стадии пржидольско-эйфельского веков происходило накопление пестроцветных вулканогенных отложений, с которыми связана меденосность. На Приколымском поднятии в отложениях ярходонской свиты живетского яруса найдено крупнейшее стратиформное месторождение полиметаллов [9]. Раннекаменноугольные отложения в пределах северо-востока Сибирской платформы распространены на Кютюндинском грабене, где они представлены лагунно-континентальными карбонатно-терригенными грубообломочными породами. Алмазонасными являются горизонтально залегающие литифицированные базальные конгломераты и гравелиты прибрежно-морского генезиса. В подошве турнейской базальной пачки нижнететехской подсерии (C_1tt_1) отмечены находки алмаза и пиропов. Подсерия залегает с размывом на верхнем кембрии и согласно перекрывается визейскими образованиями верхнететехской подсерии (C_1tt_2) [5].

В позднем палеозое – мезозое на востоке Сибирской платформы и в прилегающей части Верхояно-Колымской складчатой области выделяются четыре мегацикла: визейско-пермский, индско-норийский, рэтско-волжский и берриас-альбский. Они соотносятся с сибирским (C_1v-P_3v), янским (T_1i-T_3n), лаптевским ($T_3r_2-J_3v$) и китчанским ($K_1b-K_1al_1$) подкомплексам ВТК ($C_1v-K_1al_1$). Осадконакопление происходило в морском мелководном бореальном палеобассейне на протяжении более 235 млн лет на консолидированной континентальной коре. Установлено, что к границам мегациклов приурочены системная перестройка режима седиментогенеза, активизация тек-

тонических процессов и магматическая деятельность.

Верхоянский терригенный комплекс прослеживается в крупнейших структурах зоны перехода «Сибирская платформа – Верхояно-Колымская складчатая область» (Анабарская антеклизы, Вилюйская синеклизы, Алданская антеклизы, Предверхоянский краевой прогиб, Верхоянский мегантиклинорий, Янский мегантиклинорий, Куларский антиклинорий, Иньяли-Дебинский синклинорий, Туостахский антиклинорий и Полоусный синклинорий). Формирование комплекса происходило в едином Восточно-Сибирском бореальном осадочном бассейне. В верхнем палеозое и мезозое ВТК сформировался в значительной степени как крупная стратифицированная призма терригенных пород осадочного генезиса. Его становление было тесным образом связано с трансгрессивно-регрессивными циклами формирования Восточно-Сибирского бореального осадочного бассейна, а также стадиями тектоно-магматической активизации [4, 5].

В *каменноугольно-пермскую* минерагеническую эпоху важную роль на востоке Сибирской платформы и в пределах Верхояно-Колымской складчатой области играли процессы, связанные с формированием в углеродистых породах золота, концентрированных углеводородов (нефть, газ, битумы) и горючих полезных ископаемых. В Куранахском антиклинории Западного Верхоянья установлены потенциально углеродистые (черносланцевые) отложения. В них выявлены коррелируемые уровни повышенной концентрации $C_{орг}$ от 1,2–1,5 до 4,46 % и благороднометалльной металлоносности от 0,5–0,7 до 1,0 г/т, а также концентрации выше фоновых Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Ag, As, обычно превышающие их кларковые значения в 2–10 раз. Кроме этого, в черносланцевом терригенном разрезе установлены рассеянные элементы сидерофильной и редкометалльной групп. Они приурочены к сердяхской, чочимбальской, имтанджинской свитам ВТК. Нижне-, среднекембрийско-углеводородные отложения имеют в составе рассеянную вкрапленность гидротермально-осадочных сульфидов (пирит, мышьяковистый пирит), в

которых содержание благородных элементов составляет в среднем (г/т): Au – 1,14–2,60, Ag – 12,5. Впервые для Куранахского антиклинория выделен новый Хадарыннинский золото-мышьяково-сульфидный тип вкрапленного и прожилково-вкрапленного оруденения. Это обосновало перспективные пролонгацию методики поисков тонкодисперсного золота в черносланцевых породах и прогнозирование формирования крупнотоннажных объектов в черносланцевых толщах в пределах Куранахского антиклинория и Западного Верхоянья в целом [5, 10, 11].

В пределах Оленёкского поднятия к нижнепермским глинистым и потенциально черносланцевым отложениям усть-бурской свиты приурочено прогнозируемое месторождение битумов. Свита залегает с размывом на верхнекембрийской лапарской свите и перекрывается, также с размывом, нижним триасом. Для неё характерно сплошное битумонасыщение, оценённое в 15 м. Прогнозные запасы битума при содержании 0,1 % – 2,2 млрд т, свыше 2,2 % – 1,3 млрд т. В скважине № 7 в пределах прогнозируемого месторождения в усть-бурской свите отмечена капельно-жидкая нефть. В Джарджанской скважине на глубине 1412 м в пермских битуминозных песчаниках установлены метан, водород, а также тяжёлые углеводороды [5].

Пермский продуктивный комплекс Хапчагайского мегавала Вилюйской синеклизы – единое газовое поле в пределах Мастахского, Соболохского, Неджелинского и Бадаранского месторождений. Он представлен толщей, включающей глинистые, углистые терригенные породы и пласты каменных углей, экранированные глинистым флюидоупором – мономской свитой нижнего триаса. Продуктивный газовый горизонт – P2-I. Промышленные притоки газа получены из продуктивного горизонта P2-I позднепермской тарагайской толщи, а также из более глубоких продуктивных пластов, в которых прослежены горизонты P2-II, P2-III мегавала. На Среднетюнгском месторождении Хапчагайского мегавала газ контролируется глинистыми толщами горизонтов P2-A, P2-B, P2-B, P2-Г, P2-Д. На севе-

ро-западном обрамлении Оленёкского поднятия в бассейне р. Кюнтюкелях с алевролитоглинистыми отложениями онкучахской свиты перми связаны шесть проявлений каменного угля (пласты до 0,6 м).

В образования *триасовой* минерагенической эпохи в пределах Вилюйской синеклизы включены нефтяные залежи на границе верхней перми и нижнего триаса в пределах Логлорского вала (скважина 239), выявленные по отражающему сейсмическому горизонту ТП (Среднетюнгское месторождение). Продуктивный комплекс установлен в нижнем триасе на Хапчагайском мегавалу, отнесён к глинистым породам таганджинской и мономской свит (Средневилюйское, Толон-Мастахское, Соболох-Неджелинское месторождения). В пределах бассейна Нижней Лены и в Западном Верхоянье (верхнее течение р. Дулгалах) прослежены высокоуглеродистые черносланцевые прослои, генетически связанные с глинистыми породами (с сапропелем) нижнетриасовой чекановской свиты (р. Нижний Оленёк). Подобный уровень потенциально черносланцевых пород установлен и в оленёкских образованиях в западной части Омолонского поднятия, где он выделен в левокедонской свите как горизонт горючих сланцев (спиртобензолный экстракт 0,03–0,28 %). В Томпо-Деленьинском районе Западного Верхоянья в полях развития мощных потенциально черносланцевых алевролитов-аргиллитовых и песчано-глинистых ритмично переслаивающихся морских и субконтинентальных толщ среднего и верхнего триаса установлены эпитермальные-гидротермальные месторождения серебра: Прогноз, Хачахчан, Ночное, Заря. Открытие месторождений, приуроченных к глинистым потенциально углеродистым стратиграфическим уровням среднего-верхнего триаса в Западном Верхоянье, даёт основание предположить, что аналогичные уровни в триасе могут быть обнаружены на Хараулахе и в Орулгане [4, 15]. На Оленёкском поднятии к стратиграфическому уровню рэта отнесены одиночные алмазы, выявленные в базальных конгломератах кыринской свиты (T₃-J_{1kr}). Экзогенная погребённая россыпь прибрежно-морского ге-

незиса (формация алмазоносных конгломератов, литоральный генетический тип) установлена в кыринской свите на р. Молодо (месторождение Верхнее Молодо).

В *юрскую* минерагеническую эпоху процессы угленакопления в Вилюйской синеклизе и Предверхолянском прогибе начались со второй половины средней юры, когда формировались джаскойская свита и чечумская серия (нижневилюйская, марыкчанская и бергеинская свиты). В центральном Предверхолянье преобладают слабометаморфизованные угли (Сангарское месторождение), а на востоке, в Алданской ветви прогиба, присутствуют средне- и высокометаморфизованные разности углей (Джебарики-Хаинское месторождение). На Хараулахе, в основании разреза юры, залегающей с размывом на нижнем нории, прослеживается пласт фосфатсодержащего песчаника мощностью 2,0 м (содержание P₂O₅ колеблется от 1,4 до 3,5 %). Выше, в 20-метровой толще аргиллитов нижнего байоса (?) встречаются фосфатные, фосфатно-сидеритовые желваки (P₂O₅ – 5,6–20,83 %, Буотарское месторождение). На Омолонском массиве фосфоритовые конкреции и желваки установлены в верхнеплинсбахском и тоарском (максимальные значения P₂O₅ – до 19–20,93 % и 19,41 % соответственно) потенциально глинистом и углеродистом стратиграфических уровнях. В Джарджанской скважине в нижней юре на глубине 1222 м получен приток пластовой минерализованной воды с растворёнными горючими газами (%): CH₄ – 67, H₂ – 4,65, N₂ – 28,5. Атмогеохимические ореолы с содержанием метана от 20 до 82 % известны, по данным бурения, в бассейнах рек Бур, Бесюке, Уель-Сиктях, Джарджан и структурно приурочены к глинистым и песчано-глинистым породам, развитым в локальных отрицательных структурах – Бурско-Хастахской, Уэль-Сиктяхской и Говоровской. В глинистых юрских песчаниках на глубине 122 м (Джарджанская скважина) установлена битуминозность в 0,08–0,16 %, также она характерна для тоарских тонкоотмученных глинистых образований (чёрных сланцев) Вилюйской синеклизы и внутренней зоны Предверхолянского прогиба [12]. Газонос-

ность в Предверхолянском краевом прогибе связывается с глинистыми нижнеюрскими отложениям (Собо-Хаинское месторождение). В средне-верхнеюрских породах установлены скопления газа в кровле нижневилюйской (верхнебатский подъярус – келловейский ярус) свиты (Усть-Вилюйское месторождение). Перспективы для выявления залежей газа в верхнеюрских отложениях Лено-Анабарского прогиба связываются с глинистой региональной покрывкой – атырканской свитой. На Оленёкском поднятии, в подошве чонокской свиты выделяется верхнеюрский алмазоносный коллектор (верхний подъярус волжского яруса). В его подошве прослеживается глинисто-песчаный гравелитоподобный литифицированный слой, в котором присутствуют алмазы уральского (бразильского) типа.

Полезные ископаемые, связанные с накоплением отложений в *раннемеловую* минерагеническую эпоху, представлены энергоносителями. Основные – каменные угли, месторождения которых известны на востоке Сибирской платформы и в Верхояно-Колымской складчатой области. Промышленная угленосность приурочена к определённым стратиграфическим уровням. В пределах платформы особый интерес представляет верхняя часть неокома (кююрская свита) и верхняя половина батылыхской. В Верхояно-Колымской складчатой области угленосные осадки сосредоточены главным образом в Момо-Зырянской впадине (промышленное значение имеют угли силапской (апт) и буор-кемюсской (альб) свит).

Заключение. Впервые на северо-востоке Евразии выделена Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция. В основу её выделения в пределах Сибирской и Восточно-Сибирской платформ положена циклическая последовательность формирования толщ, обогащённых глинистым и органическим веществом в бореальном морском бассейне. В пределах платформ установлены глинистые и черносланцевые породы, относимые к классу черносланцевых трогов, прогибов и впадин. Эволюция седиментогенеза происходила на этих платформах синхронно, в морс-

ком мелководном бореальном бассейне на консолидированной континентальной коре с начала рифейской эонотемы до раннего мела включительно на протяжении более чем 1513 млн лет. Выделены десять минерагенических эпох. По минерагенической специализации мегапровинция потенциально перспективна на экзогенную минерагению алмаза, рассеянные благородные металлы, элементы халькофиль-

ной, сидерофильной и редкометалльной групп, концентрированные углеводороды и энергетические (горючие) полезные ископаемые. Она тесно генетически связана с перестройкой режима хемогенного и терригенного седиментогенеза в бореальном морском бассейне, активизацией в пределах континентальной суши тектонических процессов и магматической деятельностью.

Список литературы

1. Беус А. А. Геохимия литосферы. – М. : Недра, 1972. – 296 с.
2. Будников И. В., Гриненко В. С., Клец А. Г. Верхоянский складчатый пояс – ключевой регион для решения основных проблем стратиграфии верхнего палеозоя Сибири // Отечественная геология. – 1994. – № 8. – С. 42–46.
3. Гладкоhub Д. П., Донская Т. В., Мазукабзов А. М. Гранитоиды Оленёкского поднятия (север Сибирского кратона): возраст, петрогенезис, геодинамическая позиция // Граниты и эволюция Земли: геодинамическая позиция, петрогенезис и рудоносность гранитоидных батолитов : материалы конференции. – Улан-Удэ : ИГ СО РАН, 2008. – С. 81–83.
4. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист Q-52 (Верхоянские цепи). Верхояно-Колымская серия / авт.-сост. В. С. Гриненко, А. М. Трущелев, Л. И. Сметанникова [и др.]. – СПб. : Санкт-Петербургская картфабрика ВСЕГЕИ, 2008.
5. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист R-51 (Джарджан). Анабаро-Виллюйская серия / авт.-сост. В. С. Гриненко, Л. А. Юганова, А. М. Трущелев [и др.]. – СПб. : Санкт-Петербургская картфабрика ВСЕГЕИ, 2013.
6. Гриненко В. С. Меловые континентальные образования востока Сибирской платформы // Отечественная геология. – 2007. – № 1. – С. 110–118.
7. Гриненко В. С. Металлотекты раннего-среднего карбона верхоянского терригенного комплекса (Куранахский антиклинорий, Западное Верхоянье) // Отечественная геология. – 2018. – № 5. – С. 87–92.
8. Гриненко В. С., Мишин В. М. Эчийский рудный район Западного Верхоянья (телескопирован-
9. Гриненко В. С., Пантелеев В. Д. Опыт применения рентгенорадиометрического экспресс-метода при поисках полиметаллического оруденения (на примере Приколымского поднятия) // Геофизические исследования в Якутии. – Якутск : Изд-во ЯГУ, 1990. – С. 96–107.
10. Гриненко В. С., Прокопьев А. В. Углеродсодержащие стратоны верхнего палеозоя Куранахского антиклинория (Западное Верхоянье) // Наука и образование. – 2015. – № 1 (77). – С. 9–16.
11. Гриненко В. С., Прокопьев А. В. Черносланцевые геогенерации верхоянского терригенного комплекса и их продуктивная металлоносность // Наука и образование. – 2016. – № 1 (81). – С. 31–40.
12. Девятков В. П. Битуминозные сланцы раннего тоара // Геология угленосных и горючесланцевых формаций Сибири. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1987. – С. 116–124.
13. Зубарев С. Э., Кириков Д. А. Тектоническая карта СССР. – Л. [СПб.] : ВСЕГЕИ, Ленинградская картфабрика Мингео СССР, 1981.
14. Ивановская А. В. Литология мезозойских отложений бассейна нижнего течения р. Лены. – Новосибирск : Наука, СО, 1967. – 170 с.
15. Константинов М. М., Аристов В. В., Соловьёв К. В. Принципы районирования Верхоянской металлогенической провинции на благородные металлы // Отечественная геология. – 2003. – № 3. – С. 24–27.
16. Крюков П. А. Горные, почвенные и иловые растворы. – Новосибирск : Наука, 1971. – 220 с.

17. Малич Н. С. Тектоническое развитие чехла Сибирской платформы. – М. : Недра, 1975. – 216 с.
18. Мишин В. М., Гриненко В. С. Металлоносные черносланцевые трогии зоны перехода Сибирская платформа – Яно-Колымская складчатая область // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. – Новосибирск : Академическое издательство «Гео», 2006. – С. 157–159.
19. Мишин В. М., Гриненко В. С., Андреев А. П. Третий геолого-промышленный тип концентрированного оруденения Якутского погребённого поднятия: ретроспективный взгляд // Наука и образование. – 2013. – № 4 (72). – С. 18–24.
20. Розен О. М., Монаков А. В., Зинчук Н. Н. Сибирский кратон: формирование, алмазонасность / ред. С. И. Митюхин. – М. : Научный мир, 2006. – 212 с.
21. Слостёнов Ю. Л., Гриненко В. С., Петров В. Б., Сапьяник В. В. Новые данные по стратиграфии морских юрских отложений Лено-Алданского междуречья // Геология и геофизика. – 1989. – № 11. – С. 139–142.
22. Страхов Н. М. Диагенез осадков и его значение для осадочного рудообразования // Известия Академии наук СССР. Серия геологическая. – 1953. – № 5. – С. 12–50.
23. Шпунт Б. Р. Позднекембрийский рифтогенез Сибирской платформы. – Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1987. – 139 с.
24. Штех Г. И. Глубинное строение и история тектонического развития Виллюйской впадины. – М. : Наука, 1965. – 124 с.

References

1. Beus A. A. Geokhimiya litosfery [Geochemistry of the lithosphere], Moscow, Nedra Publ., 1972, 296 p.
2. Budnikov I. V., Grinenko V. S., Klets A. G. Verkhoyanskii skladchatyi poyas – klyuchevoi region dlya resheniya osnovnykh problem stratigrafii verkhnego paleozoya Sibiri [Verkhoyansk folded belt – a key region for solving the main problems of stratigraphy of the Upper Paleozoic of Siberia], *Otechestvennaya geologiya [National Geology]*, 1994, No 8, pp. 42–46. (In Russ.).
3. Gladkochub D. P., Donskaya T. V., Mazukabzov A. M. Granitoidy Olenekskogo podnyatiya (sever Sibirskogo kratona): vozrast, petrogenesis, geodinamicheskaya pozitsiya [Granitoids of the Olenek uplift (north of the Siberian craton): age, petrogenesis, geodynamic position], *Granity i evolyutsiya Zemli: geodinamicheskaya pozitsiya, petrogenesis i rudo-nosnost' granitoidnykh batolitov [Granites and evolution of the Earth: geodynamic position, petrogenesis and ore content of granitoid batholiths]*, Ulan-Ude, IG SO RAN Publ., 2008, pp. 81–83.
4. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF mashtaba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). List Q-52 (Verkhoyansk tsepi). Verkhoyano-Kolymskaya seriya [State geological map of the Russian Federation scale 1 : 1,000,000 (third generation). Sheet Q-52 (Verkhoyansk chains). Verkhoyano-Kolyma series], ed. V. S. Grinenko, A. M. Trushchelev, L. I. Smetannikova et al., St. Petersburg, Sankt-Peterburgskaya kartfabrika VSEGEI Publ., 2008.
5. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF mashtaba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). List R-51 (Dzhardzhan). Anabaro-Vilyuiskaya seriya [State Geological Map of the Russian Federation scale 1 : 1,000,000 (third generation). Sheet R-51 (Jarjan). Anabaro-Vilyuiskaya series], ed. V. S. Grinenko, L. A. Yuganova, A. M. Trushchelev et al., St. Petersburg, Sankt-Peterburgskaya kartfabrika VSEGEI Publ., 2013.
6. Grinenko V. S. Melovye kontinental'nye obrazovaniya vostoka Sibirskoi platformy [Cretaceous continental formations of the east of the Siberian platform], *Otechestvennaya geologiya [National Geology]*, 2007, No 1, pp. 110–118. (In Russ.).
7. Grinenko V. S. Metallotekty rannego-srednego karbona verkhoyanskogo terrigenogo kompleksa (Kuranakhskii antiklinorii, Zapadnoe Verkhoyan'e) [Metallotects of the early-middle carboniferous of the Verkhoyansk terrigenous complex (Kuranakh anticlinorium, Western Verkhoyansk)], *Otechestvennaya geologiya [National Geology]*, 2018, No 5, pp. 87–92. (In Russ.).
8. Grinenko V. S., Mishnin V. M. Echiiskii rudnyi raion Zapadnogo Verkhoyan'ya (teleskopirovanniy kharakter, promyshlennyye mashtaby i superpozitsiya orudneniya [Echiysky ore district of the Western Verkhoyansk region (telescoped character, industrial scale and superposition of mineralization), *Rudogenez i metallogeniya Vostoka Azii [Ore genesis and metallogeny of East Asia]*, Yakutsk, Izd-vo YaGU Publ., 2006, pp. 51–54.

9. Grinenko V. S., Pantelev V. D. Opyt primeneniya rentgenoradiometricheskogo ekspress-metoda pri poiskakh polimetallicheskogo orudneniya (na primere Prikolymского podnyatiya) [The experience of using the X-ray radiometric express method in the search for polymetallic mineralization (on the example of the Prikolymsky uplift)], *Geofizicheskie issledovaniya v Yakutii* [Geophysical research in Yakutia], Yakutsk, Izd-vo YaGU Publ., 1990, pp. 96–107.
10. Grinenko V. S., Prokop'ev A. V. Uglersoderzhashchie stratony verkhnego paleozoya Kuranakhskogo antiklinoriya (Zapadnoe Verkhoyan'e) [Carbonaceous strata of the Upper Paleozoic of the Kuranakh anticlinory (Western Verkhoyan'e)], *Nauka i obrazovanie* [The Education and Science Journal], 2015, No 1 (77), pp. 9–16. (In Russ.).
11. Grinenko V. S., Prokop'ev A. V. Chernoslantsevye geogeneratsii verkhoyanskogo terrigenogo kompleksa i ikh produktivnaya metallonosnost' [Black shale geogenerations of the Verkhoyansk terrigenous complex and their productive ore bearing], *Nauka i obrazovanie* [The Education and Science Journal], 2016, No 1 (81), pp. 31–40. (In Russ.).
12. Devyatov V. P. Bituminoznye slantsy rannego toara [Bituminous shales of the Early Toar], *Geologiya uglenosnykh i goryuchslantsevnykh formatsii Sibiri* [Geology of coal-bearing and combustible shale formations of Siberia], Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1987, pp. 116–124.
13. Zubarev S. E., Kirikov D. A. Tektonicheskaya karta SSSR [Tectonic map of the USSR], Leningrad, VSEGEI, Leningradskaya kartfabrika Mingeo SSSR Publ., 1981.
14. Ivanovskaya A. V. Litologiya mezozoiskikh otlozhenii basseina nizhnego techeniya r. Leny [Lithology of Mesozoic sediments of the basin of the lower Lena River], Novosibirsk, Nauka SO Publ., 1967, 170 p.
15. Konstantinov M. M., Aristov V. V., Solov'ev K. V. Printsipy raionirovaniya Verkhoyanskoi metallo-genicheskoi provintsii na blagorodnye metally [Principles of zoning Verkhoyansk metallogenic province for precious metals], *Otechestvennaya geologiya* [National Geology], 2003, No 3, pp. 24–27. (In Russ.).
16. Kryukov P. A. Gornye, pochvennye i ilovye rastvory [Mountain, soil and silt solutions], Novosibirsk, Nauka Publ., 1971, 220 p.
17. Malich N. S. Tektonicheskoe razvitie chekhla Sibirskoi platformy [Tectonic development of the cover of the Siberian platform], Moscow, Nedra Publ., 1975, 216 p.
18. Mishnin V. M., Grinenko V. S. Metallonosnye chernoslantsevye trogi zony perekhoda Sibirskaya platforma – Yano-Kolym'skaya skladchataya oblast' [Metalliferous black-shale throgs of the Siberian platform – Yano-Kolyma folded region transition zone], *Aktual'nye problemy rudoobrazovaniya i metallogeni* [Actual problems of ore formation and metallogeny], Novosibirsk, Akademicheskoe izdatel'stvo "Geo" Publ., 2006, pp. 157–159.
19. Mishnin V. M., Grinenko V. S., Andreev A. P. Tretii geologo-promyshlennyi tip kontsentrirrovannogo orudneniya Yakut'skogo pogrebnogo podnyatiya: retrospektivnyi vzglyad [The third geological and industrial type of concentrated mineralization of the Yakut buried uplift: a retrospective view], *Nauka i obrazovanie* [The Education and Science Journal], 2013, No 4 (72), pp. 18–24. (In Russ.).
20. Rozen O. M., Monakov A. V., Zinchuk N. N. Sibirskii kraton: formirovanie, almazonosnost' [Siberian craton: formation, diamond bearing], ed. S. I. Mityukhin, Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2006, 212 p.
21. Slastenov Yu. L., Grinenko V. S., Petrov V. B., Sap'yanik V. V. Novye dannye po stratigrafii morskikh yurskikh otlozhenii Leno-Aldanskogo mezhdurech'ya [New data on the stratigraphy of marine Jurassic sediments of the Leno-Aldan interfluvium], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 1989, No 11, pp. 139–142. (In Russ.).
22. Strakhov N. M. Diagenoz osadkov i ego znachenie dlya osadochnogo rudoobrazovaniya [Sediment diagenesis and its significance for sedimentary ore formation], *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya geologicheskaya* [Sediment diagenesis and its significance for sedimentary ore formation], 1953, No 5, pp. 12–50. (In Russ.).
23. Shpunt B. R. Pozdnedokembriiskii riftogenez Sibirskoi platformy [Late Precambrian riftogenesis of the Siberian platform], Yakutsk, YaF SO AN SSSR Publ., 1987, 139 p.
24. Shtekh G. I. Glubinnoe stroenie i istoriya tektonicheskogo razvitiya Vilyuiskoi vpadiny [The deep structure and history of the tectonic development of the Vilyuisk depression], Moscow, Nauka Publ., 1965, 124 p.

Авторы

Гриненко Виталий Семёнович

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник¹
grinenkovs52@mail.ru

Баранов Валерий Васильевич

доктор геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник¹
baranovvalera@yandex.ru

Девятков Владимир Павлович

доктор геолого-минералогических наук
заведующий лабораторией геологии и нефтегазоносности,
ведущий научный сотрудник²
v_deviatov@mail.ru

¹ Институт геологии алмаза и благородных металлов
СО РАН, г. Якутск, Россия

² Сибирский научно-исследовательский институт геологии
и геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС),
г. Новосибирск, Россия

Authors

Vitaliy S. Grinenko

PhD
Senior Researcher¹
grinenkovs52@mail.ru

Valeryi V. Baranov

PhD
Leading Researcher¹
baranovvalera@yandex.ru

Vladimir P. Deviatov

PhD
Leading Researcher²
v_deviatov@mail.ru

¹ Diamond and Precious Metal Geology Institute, SB RAS,
Yakutsk, Russia

² Siberian Research Institute of Geology, Geophysics
and Mineral Resources,
Novosibirsk, Russia

Перспективы освоения месторождений Южно-Янского оловорудного района

Prospects for the development of the deposits of the Yuzhno-Yansky tin ore district

Калашников В. В.

Kalashnikov V. V.

Приведён краткий обзор минерально-сырьевой базы коренного олова Республики Саха (Якутия) с характеристикой значимых в практическом отношении объектов Южно-Янского оловорудного района. Степень освоенности минерально-сырьевой базы олова в РФ низкая. Среди нераспределённого фонда имеются объекты с богатыми рудами, находящиеся в пределах вовлекаемого в освоение региона. Наиболее значимыми являются месторождения Бургачан, Илентас, Алыс-Хая, которые в совокупности с перспективными рудопроявлениями рассматриваются как основа для создания крупного кластера по добыче и производству олова. Вовлечению этих месторождений в эксплуатацию препятствует их расположение на особо охраняемой природной территории (ООПТ) Хоту. Предлагается вывод объектов из особо охраняемой природной территории.

Ключевые слова: олово, Илентас, Алыс-Хая, Бургачан, Хара-Тас, касситерит, Южно-Янский оловорудный район.

A brief review of the mineral resource base of the native tin of the Republic of Sakha (Yakutia) is given with a description of the economically important objects of the South Yansky tin ore region. The degree of assimilation of the mineral resource base of the tin in the Russian Federation is low. The undistributed fund has some high-grade ore deposits located within the region involved in the development. The most significant are the deposits of Burgachan, Ilintas, Alys-Khaya, which, together with prospecting ore occurrences, are considered as the basis for the creation of a large cluster for the extraction and production of tin. The involvement of these deposits in exploitation is hindered by their location in the specially protected natural area (SPNT) of Khotu. It is proposed to remove objects from the specially protected natural area.

Keywords: tin, Ilintas, Alys-Khaya, Burgachan, Khara-Tas, cassiterite, South Yansky tin ore region.

Для цитирования: Калашников В. В. Перспективы освоения месторождений Южно-Янского оловорудного района. Руды и металлы. 2022. № 2. С. 56–64. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10010.

For citation: Kalashnikov V. V. Prospects for the development of the deposits of the Yuzhno-Yansky tin ore district. Ores and metals, 2022, № 2, pp. 56–64. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10010.

Государственным балансом запасов по состоянию на 01.01.2022 г. в Республике Саха (Якутия) учтены запасы по 50 месторождениям олова, в том числе 13 коренным и 37 россыпным, включая семь забалансовых (3 и 4 соответственно).

Среди россыпных месторождений олова преобладает аллювиальный тип (31). Все месторождения олова располагаются на северо-востоке Якутии в Верхояно-Колымской коллизионной области и приурочены к отложениям верхоянского терригенного комплекса (Т₁–J₃), прорванным многочисленными интрузиями преимущественно гранитоидов мелового возраста, с которыми коренные месторождения олова генетически связаны.

В 2021 г. на территории Республики Саха (Якутия) в Усть-Янском районе на месторождении Тирехтях возобновилась добыча олова. Объём её составил 452 т. С имеющейся минерально-сырьевой базой в Якутии реально выйти на уровень добычи в 5 тыс. т олова в год.

Если обратиться к динамике средней цены олова на международных рынках за последние три года, то видно, что цена выросла более чем в 2 раза (рис. 1) и на пике достигла 48 865 USD, что составляет рост цены на 133 %.

Олово в эти годы и на перспективу обладает устойчивым спросом со стороны электронной промышленности. Дисбаланс спроса и предложения в мире усугубляется сбоем в цепочке поставок, вызванными пандемией и сопутствующими проблемами (остановка добывающих производств, перегруженность портов, нехватка транспортных контейнеров, рабочих и т. д.).

Рынок олова достаточно узок, поэтому, как подтверждает аналитик товарных рынков отдела глобальных исследований компании «Открытие Инвестиции» Оксана Лукичева, волатильность цен крайне высока. Цены на металл на LME с марта 2020 г. выросли в 2,5 раза, при этом запасы олова на биржевых складах LME опустились до минимального значения за последние 10 лет. Резкое падение запасов металла наблюдается с начала 2019 г., но в целом с 2011 г. они упали примерно в 23 раза, что свидетельствует о жёстком дефиците на рынке.

Эксперт напоминает, что примерно половину спроса на олово составляет припой, используемый в основном в электронной промышленности для соединения компонентов. Новая эра взаимосвязанной автоматизации, основанной на электронике и коммуникаци-

Динамика цен на олово (LME.Tin, USD за тонну)

44 210,00

06.04.2022, среда

от апр 6, 2021 до апр 6, 2022



За последние 10 дней

| Дата | Курс | Изменение |
|----------|-----------|------------|
| 06.04.22 | 44 210,00 | -569,00 ↓ |
| 05.04.22 | 44 779,00 | -181,00 ↓ |
| 04.04.22 | 44 960,00 | -882,00 ↓ |
| 01.04.22 | 45 842,00 | 1 982,00 ↑ |
| 31.03.22 | 43 860,00 | 389,00 ↑ |
| 30.03.22 | 43 471,00 | 547,00 ↑ |
| 29.03.22 | 42 924,00 | 53,00 ↑ |
| 28.03.22 | 42 871,00 | 333,00 ↑ |
| 25.03.22 | 42 538,00 | -468,00 ↓ |
| 24.03.22 | 43 006,00 | 705,00 ↑ |

Рис. 1. Изменение международных цен на металлическое олово за год [4]

Fig. 1. Change in international prices for metallic tin over the past year [4]

онных сетях 5G, обусловлена повышенным спросом на олово. Олово также необходимо для ряда технологий, которые способствуют сокращению выбросов углерода, таких как металлические ленты в солнечных установках, литий-ионные батареи для электромобилей и катализаторы для улавливания углерода.

Среднегодовое потребление олова в мире может вырасти к 2025 г. до 430 тыс. т, что примерно на 20 % больше, чем в 2020 г. Максимальная мощность новых рудников к этому моменту прогнозируется на уровне 38,7 тыс. т, что может быть недостаточным для удовлетворения быстро растущего спроса. Рынок олова может остаться дефицитным до 2026 г. пока не будет достигнуто равновесие путём постепенного разрушения спроса или выявления неучтённых источников роста предложения. Внебиржевые запасы, как отмечает О. Лукичева, также могут достичь критического уровня в ближайшие годы [5].

Таким образом, в настоящее время цена на олово находится на своих исторических максимумах, а с учётом высоких котировок и долгосрочного потенциала роста спроса на него стоит рассмотреть вопрос организации масштабной добычи на территории Республики Саха (Якутия).

На территории Якутии учтено 764 тыс. т балансовых запасов [3] олова. Большая часть из них (77 %) находится в Северо-Янском оловорудном районе, где сосредоточены крупные месторождения Депутатское, Одинокое, Тирехтях и др. Из них разрабатывается месторождение Тирехтях, остальные могут быть востребованы при определённом развитии инфраструктуры на севере региона.

В то же время более 14 % учтённых запасов содержатся в трёх сближенных месторождениях Южно-Янского оловорудного района: Илинтас, Алыс-Хая, Бургачан. Месторождения изучены на стадии предварительной разведки в 40–50-е гг. прошлого века. Они находятся примерно на середине сезонной автодороги (зимника), протягивающейся от с. Тополиное Томпонского района до пос. Батагай в

центре Верхоянского района. Зимник проходит практически через месторождение Алыс-Хая, а чуть севернее ответвляется дорога на подготавливаемое к освоению месторождение серебра Прогноз.

Медно-вольфрамово-оловянное месторождение Илинтас (рис. 2, I.4.19) [2] расположено в верховье р. Эментек, является комплексным многокомпонентным. Кроме олова, вольфрама и меди, руды месторождения содержат в промышленных концентрациях кобальт, мышьяк, золото, серебро, индий, висмут.

Месторождение приурочено к юго-западному экзоконтакту Безымянного массива раннемеловых гранитов и размещается в восточном крыле Эментекской синклинали, сложенной песчаниками, алевролитами, реже аргиллитами раннекарнийского возраста. Характер структуры рудного поля месторождения определяется полого погружающейся на юго-восток (20–40°) кровлей массива и двумя системами разрывов северо-восточного и северо-западного простирания. Наиболее широко развиты первые, к которым тяготеют дайки кварцевых диорит-порфиров и рудные тела. Северо-западные взбросо-сдвиги часто изменяют своё направление на субширотное, смещают дайки и рудные тела.

В рудном поле месторождения установлено около 100 рудных тел и апофиз, половина из которых разведана с различной степенью детальности. Рудные тела представляют собой минерализованные зоны дробления, выполняющие трещины скалывания и отрыва. Преобладающее простирание зон северо-восточное, падение крутое (50–70°) к юго-востоку, реже к северо-западу. Протяжённость рудных тел от 500–600 м до 1–1,5 км. Мощность их колеблется от 1 до 5,0 м. Рудные тела представлены кварцево-турмалиновыми агрегатами с линзами, сложенными касситерит-арсениопирит-кварцевыми и сульфидными рудами.

Месторождение Илинтас относится к сульфидно-турмалиновому типу касситерит-силикатно-сульфидной формации. Главные жильные минералы – кварц и турмалин, рудные – касситерит, вольфрамит, халькопирит,

арсениопирит, пирит, пирротин, станнин, сфалерит, галенит, редко встречаются висмутин, самородный висмут, сульфосоли сурьмы, меди, свинца, висмута, серебра.

Олово в рудах связано в основном с касситеритом и станнином, вольфрам – с вольфрамитом и шеелитом. Основным медьсодержащим минералом является халькопирит, а золотосодержащим – арсениопирит. Серебро отмечается в самородной форме, в халькопирите и пираргирите. Носителями индия служат пирит и халькопирит, кобальта – арсениопирит.

Подсчёт запасов компонентов проведён по 24 рудным телам. Утверждённые запасы на месторождении (по состоянию на 01.01.1956 г.) кат. В + C₁ составляют (тыс. т): Sn – 45,4, WO₃ – 22,8, Cu – 62,5, As – 50,7; кат. C₂ (т): Co – 534,4, Au – 1,7, Ag – 440,1, In – 175,3, Bi – 1,85 (А. В. Мироненко, 1997 г.).

При этом ни одно из рудных тел месторождения не было оконтурено на глубину, хотя скважины достигали 350 м от поверхности. Завои штолен остановлены в промышленных рудах. С учётом этого прогнозные ресурсы кат. P₁ оценены по 12 рудным телам (Au, Ag, In – в т, остальные – в тыс. т.): Sn – 16,7, WO₃ – 10,9, Cu – 41,8, Co – 289,9, Au – 1,3, Ag – 185,9, In – 84,6.

Кобальтово-оловянное месторождение Алыс-Хая (см. рис 2, I.3.7) находится на водоразделе рек Хатакчан и Некучан в надынструзивной зоне Хатакчанского массива раннемеловых гранодиоритов, сложенной ороговикованными и сульфидизированными алевролитопесчаниковыми породами ранне-средненорийского возраста верхнего триаса. Строение рудного поля блоковое, обусловленное развитием разрывных нарушений северо-восточного, субширотного и северо-западного простирания. К разрывам северо-восточного простирания приурочены раннемеловые дайки кварцевых диорит-порфиров и рудные тела, которые представлены минерализованными зонами дробления протяжённостью до 1,5 км, мощностью от 1,5 до 5 м, часто развитыми по контактам даек. Падение зон в

основном на северо-запад под углами 70–85°. Оловоносные зоны сгруппированы в четыре рудные свиты (с расстоянием друг от друга 750 м), в которых связаны между собой частыми апофизами, сериями прожилков и трещинных структур.

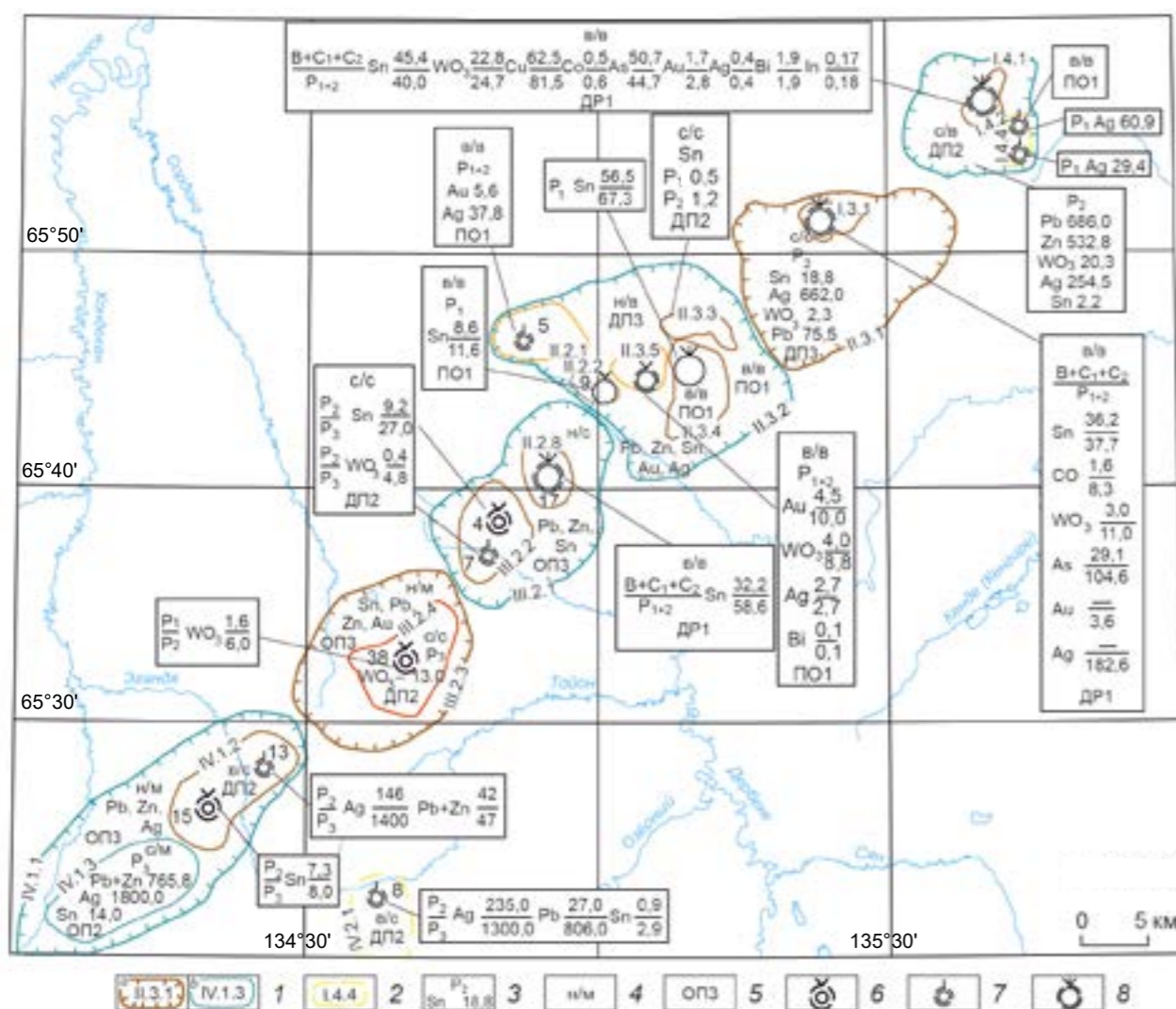
Для месторождения типичными являются следующие минералы: жильные – кварц, турмалин, хлорит, сидерит; рудные – касситерит, вольфрамит, пирротин, арсениопирит, данаит, халькопирит, пирит, сфалерит, галенит; гипергенные – гидроксиды железа, мелантерит, мельниковит. Выделяются кварцево-турмалиновый, касситерит-арсениопирит-кварцевый, кварцево-сульфидный и карбонатный типы руд. Структура руд гипидиоморфнозернистая, текстура полосчатая, брекчиевая, массивная, вкрапленная, пятнистая.

Руды месторождения комплексные. Кроме олова, кобальта, триоксида вольфрама и мышьяка, ценными попутными компонентами являются серебро, золото, индий. Олово сконцентрировано в основном в касситерит-арсениопирит-кварцевых рудах. Кобальт, благородные металлы и индий связаны с сульфидными рудами.

Месторождение относится к переходному сульфидно-хлоритово-турмалиновому типу касситерит-силикатно-сульфидной формации.

На месторождении по 24 рудным телам подсчитаны запасы кат. В + C₁ + C₂ (тыс. т): Sn – 36,2, Co – 1,6, WO₃ – 3,0, As – 29,1. Основные рудные тела месторождения недоразведаны; по 11 из них произведена оценка прогнозных ресурсов категории P₁ (олова и попутных компонентов в тыс. т; Au, Ag в т): Sn – 9,7, Co – 1,2, WO₃ – 1,2, As – 19,8, Au – 0,1, Ag – 7,6.

Оловянное месторождение Бургачан (см. рис. 2, II.2.17) расположено на правом берегу руч. Весёлый в надынструзивной зоне невоскрытого гранитоидного массива и приурочено к северо-восточному крылу синклинали, сложенной ороговикованными песчаниками и алевролитами, в меньшей степени аргиллитами позднего триаса. Здесь широко развиты раннемеловые дайки гранодиорит-порфиров и кварцевых диорит-порфиров. Структуру



месторождения определяют разломы северо-восточного простирания с крутыми (45–85°) углами падения. Рудные тела, локализованные в этих разломах, представлены минерализованными зонами дробления чётковидной формы с многочисленными апофизами. Мощность их изменяется от первых до 10–15 м, протяжённость от 100 до 1200 м. Месторождение принадлежит к сульфидно-хлоритовому типу касситерит-силикатно-сульфидной формации.

Запасы олова кат. В + С₁ + С₂ по 36 рудным телам составляют 32,2 тыс. т. Прогнозные ресурсы олова кат. Р₁ оценены по 38 рудным телам в 37 тыс. т.

Суммарные запасы олова кат. В + С₁ месторождений Илентас, Алыс-Хая и Бургачан составляют 72,6 тыс. т, а кат. С – 26,9 тыс. т. Руды месторождений характеризуются высоким содержанием олова (от 1,16 до 1,64 %) и комплексностью.

В 2010 г. произведена геолого-экономическая переоценка запасов сближенных оловорудных месторождений Южно-Янского рудного района нераспределённого фонда недр (Алыс-Хая, Илентас, Бургачан) в современных экономических условиях. Оценка осуществлена ФГУП «НИИ СУ» (ГКЗ Роснедра № 2222-оп от 26.05.2010 г.). В результате подтверждена балансовая принадлежность запа-

Рис. 2. Схема прогноза полезных ископаемых по материалам подготовки к изданию Госгеолкарты-200 [1]:

1 – рудные узлы (а) и поля (b) (цвет линий соответствует цвету ведущего прогнозируемого ископаемого согласно Инструкции (Методическому пособию) по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты РФ масштаба 1 : 100 000); 2 – прогнозируемые рудные поля; 3 – категории и прогнозные ресурсы минерального сырья (для Au и Ag – в т, для остальных полезных ископаемых – в тыс. т); 4 – оценка перспективности объекта и её надёжность. Числитель – степень перспективности: в – высокая, с – средняя, н – низкая; знаменатель – надёжность оценки: в – вполне надёжная, с – средней надёжности, м – малой надёжности; 5 – рекомендуемые геологоразведочные работы: ДР1 – детальная разведка первой очереди; детальные поиски масштаба 1 : 10 000: ДП2 – второй очереди, ДП3 – третьей очереди; общие поиски масштаба 1 : 25 000: ОП2 – второй очереди, ОП3 – третьей очереди; 6 – месторождение (среднее, малое), прогнозируемое на известном проявлении с указанием видов и прогнозных ресурсов полезных ископаемых. Числитель – подсчитанные запасы, знаменатель – прогнозируемый прирост запасов, тыс. т; 7 – месторождение более крупное по масштабам, прогнозируемое на менее крупном с указанием видов и прогнозных ресурсов полезных ископаемых. Числитель – подсчитанные запасы, знаменатель – прогнозируемый прирост запасов, тыс. т (для Au, Ag, In – в т); 8 – месторождения, по которым прогнозируется прирост запасов олова. Числитель – подсчитанные запасы, знаменатель – прогнозируемый прирост запасов, тыс. т

Fig. 2. Mineral forecasting scheme based on the materials used for the preparation of Gosgeolcarta-200 [1]:

1 – ore clusters (a) and fields (b) (the color of the lines corresponds to the color of the leading prospective ore according to the instruction (methodological guide) for compilation and preparation for publication sheets of the state geological map of the Russian Federation at a scale of 1 : 100 000); 2 – predicted ore fields; 3 – categories and values of predicted resources of raw mineral materials; for Au and Ag – in tons, for other ores – in thousand tons; 4 – assessment of the prospectivity of the fields and its reliability. The numerator is the degree of prospectivity: в – high, с – medium, н – low; the denominator is the reliability of the assessment: в – quite reliable, с – medium reliability, м – low reliability; 5 – recommended exploration work: ДР1 – a detailed exploration of the first stage on a scale of 1 : 10 000: ДП2 – of the second stage, ДП3 – of the third stage; general searches on a scale of 1 : 25 000: ОП2 – the second stage, ОП3 – the third stage; 6 – a deposit (medium, small) predicted based on a known occurrence with an indication of the types and predicted resources. The numerator is the calculated reserves, the denominator is the projected increase in reserves, in thousand tons; 7 – a deposit, larger in scale, predicted at a smaller one, indicating the types and forecast resources. The numerator is the calculated reserves, the denominator is the predicted increase in reserves, in thousand tons (for Au, Ag, In – in tons); 8 – deposits for which an increase in tin reserves is predicted. The numerator is the calculated reserves, and the denominator is the forecasted increase in reserves, in thousand tons

сов оловорудных объектов Алыс-Хая, Илентас, Бургачан, учтённых в нераспределённом фонде с количественными параметрами, утверждёнными ГКЗ СССР в 50–60-х гг. Запасы этих месторождений, утверждённые ГКЗ СССР, принято считать оперативно учтёнными (В. В. Иванова, 2010 г.).

Также утверждены временные разведочные кондиции запасов названных месторождений для оценки в современных экономи-

ческих условиях. Учитывая результаты технико-экономических расчётов показателей эффективности промышленного освоения запасов данных месторождений в группе сближенных объектов, признано целесообразным рассматривать месторождения Алыс-Хая, Илентас и Бургачан как единый объект разведки и освоения.

Кроме вышеприведённых объектов с учтёнными запасами, пространственно между

месторождениями Алыс-Хая и Бургачан выделены два перспективных проявления (потенциальные месторождения) Хара-Тас и Контактное. И если Контактное – это небольшой объект с прогнозными ресурсами кат. P₁ 18 тыс. т, то проявление Хара-Тас претендует на статус крупного месторождения.

Оловянное рудопроявление Хара-Тас (см. рис. 2, П.3.17) расположено на водоразделе рек Бургачан и Тенкели и приурочено к восточному экзоконтакту Бургачанского массива. Вмещающие песчаники и алевролиты ладинского яруса среднего триаса, слагающие свод антиклинали, метаморфизованы до роговиков, прорваны дайками гранодиорит-порфиоров и кварцевых диорит-порфиринов. Рудными телами являются крутопадающие (80–85°) минерализованные зоны дробления и жилы северо-восточного простирания. Протяжённость рудных тел колеблется от 100 до 670 м, мощность – от 0,2 до 6,5 м, содержание олова – от 0,8 до 6,84 %. На глубину тела не прослежены. Объект изучен на поисковой стадии в 80–90-х гг. XX века (Э. В. Моряков, А. М. Шарин, Л. И. Павлова и др., 1986 г.).

Состав руд месторождения представлен жильными (кварц, хлорит, турмалин, кальцит, сидерит) и рудными (касситерит, арсенопирит, вольфрамит, халькопирит, пирротин, сфалерит, галенит, самородное золото, самородные висмут и висмутин, блёклые руды, пирит, буланжерит, марказит) минералами.

Выделяются следующие типы руд: касситерит-арсенопиритовые (иногда с вольфрамитом) и сульфидные (сфалерит-халькопирит-пирротиновые, халькопирит-сфалерит-галенитовые с блёклыми рудами). Первые образуют рудные турмалин-кварцевую и хлоритово-кварцевую фациальные разности. С халькопирит-галенит-сфалеритовыми рудами связано низкопробное золото.

Структуры руд аллотрио- и гипидиоморфнозернистые, текстуры брекчиевые, массивно-брекчиевые и прожилковые, реже полосчатые и гнездово-вкрапленные.

Олово – единственный промышленно ценный металл проявления. Подсчитанные прогнозные ресурсы кат. P₁ составляют 67,3 тыс. т.

На юго-западном фланге в рудах пробирным анализом установлено наличие постоянной примеси золота в количестве от 0,2 до 4,2 г/т. На северном фланге экзоконтакта Тенкелийского интрузива обнаружены два проявления золота.

Вольфрамово-золотое рудопроявление Галечное (см. рис. 2, П.3.24) расположено на водоразделе ручьёв Роговиковый и Галечный. В его геологическом строении участвуют существенно песчаниковые породы ладинского яруса. Рудные тела северо-восточного и субширотного простирания представлены крутопадающими (70–85°) минерализованными зонами дробления протяжённостью от 50 до 300 м, мощностью от 1,0 до 3,5 м, а также маломощными (до 0,5–0,6 м) полого- (15–35°) и крутопадающими (75–85°) жилами протяжённостью от первых десятков до первых сотен метров. Жилы развиты в гранодиоритах и эндоконтактной зоне массива, а зоны дробления – около экзоконтакта. Содержания Au от 8,2 до 51,0 г/т, WO₃ от 0,05 до 4,41 %, Bi от 0,01 до 0,33 %. Серебро с содержанием 200 г/т выявлено в одном рудном теле.

В составе рудных тел установлены золото, арсенопирит, пирротин, шеелит, вольфрамит, халькопирит, пирит, висмутин, самородный висмут, касситерит.

Рудопроявление принадлежит к висмут-вольфрам-кварцевому и турмалин-кварцевому типам золото-редкометалльно-кварцевой формации.

Прогнозные ресурсы кат. P₁₊₂ составляют: Au – 10 т, WO₃ – 9 тыс. т.

Серебряно-золотое проявление Хоспох (см. рис. 2, П.2.5) расположено на водоразделе рек Хоспох и Бургачан и приурочено к надинтрузивной зоне невоскрытого Хоспохского массива раннемеловых гранитоидов, установленной по широкому ореолу ороговикования с наложенной сульфидизацией осадочных пород.

Оруденение залегает в сводовой части Хоспохской антиклинали, сложенной существенно песчаниковыми образованиями ладинского яруса. Рудные тела представлены крутопадающими (75–85°) минерализованными зонами дробления северо-западного и северо-

ро-восточного простирания протяжённостью от 100 до 330 м, мощностью от 0,5 до 2,0 м. Содержания Au от 4,33 до 15,7 г/т, Ag до 282 г/т.

Минеральный состав руд представлен халькопиритом, пирротинном, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, дисульфидами железа, висмутином, касситеритом, станнином, золотом и серебром, сульфоантимонитами серебра и свинца. Первичные минералы встречаются крайне редко, в основном в виде окисленных реликтов. Золотины мелкие (от 0,05 до 0,25 мм), неправильной, комковидной, редко изометрической форм, относятся к трещинному и интерстициальному морфологическим типам.

Проявление относится к сульфидно-кварцевому типу золото-редкометалльно-кварцевой формации.

Прогнозные ресурсы кат. P₁₊₂ составляют: Au – 5,5 т, Ag – 38 т.

Таким образом, в пределах Южно-Янского оловорудного района имеются четыре сбли-

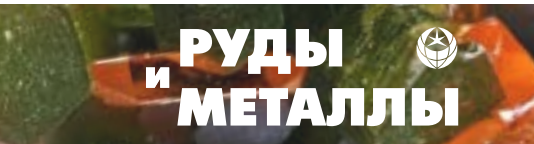
женных оловорудных месторождения и два перспективных золотых проявления, готовых к передаче недропользователю, а также целый ряд перспективных олово- и серебрянорудных проявлений, которые могут служить основой для создания крупного производственного кластера по добыче и производству благородных и цветных металлов. Сдерживающим фактором является нахождение двух изученных объектов (Бургачан и Хара-Тас), а также почти всех перспективных проявлений в пределах особо охраняемой природной территории (ООПТ) Хоту. Ещё два объекта, Иллитас и Алыс-Хая, расположены на границе этой же территории. Для вовлечения в эксплуатацию данных объектов необходимо вывести их из ООПТ Хоту или изменить её контур, чтобы территорию, насыщенную минерально-сырьевыми объектами, в геологическое изучение которой были вложены громадные федеральные средства, освободить для недропользования.

Список литературы

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. 2-е. Серия Верхоянская. Листы Q-53-XXI, XXII (Алыс-Хая). Карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения. – СПб. : СПб. картфабрика ВСЕГЕИ, 2001.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. 2-е. Серия Верхоянская. Листы Q-53-XXI, XXII (Алыс-Хая). Объяснительная записка. – СПб. : СПб. картфабрика ВСЕГЕИ, 2001. – 122 с.
3. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2021 года. Выпуск 14. Олово, часть 5, ДФО. – М., 2021.
4. Динамика курса доллара США к рублю (USD, ЦБ РФ). – URL: <https://yandex.ru/news/quotes/1503.html?> (дата обращения 10.05.2022).
5. Рынок олова остаётся напряжённым. – 2021. – URL: <https://expert.ru/2021/10/12/rynok-olova-ostayetsya-napryazhennym/>? (дата обращения 19.05.2022).

References

1. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoi Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Izd. 2-e. Seriya Verkhoyanskaya. Listy Q-53-XXI, XXII (Alyskhaya). Karta poleznykh iskopaemykh i zakonmernostei ikh razmeshcheniya [State Geological Map of the Russian Federation scale 1: 200 000. Ed. 2nd. Verkhoyanskaya series. Sheets Q-53-XXI, XXII (Alyskhaya). Map of minerals and patterns of their placement], Saint-Petersburg, SPb. kartfabrika VSEGEI Publ., 2001.
2. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoi Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Izd. 2-e. Seriya Verkhoyanskaya. Listy Q-53-XXI, XXII (Alyskhaya). Ob'yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation scale 1: 200 000. Ed. 2nd. Verkhoyanskaya series. Sheets Q-53-XXI,



- XXII (Alys-Khaya). Explanatory note], Saint-Petersburg, SPb. kartfabrika VSEGEI Publ., 2001, 122 p.
3. Gosudarstvennyi balans zapasov poleznykh iskopаемых Rossiiskoi Federatsii na 1 yanvarya 2021 goda. Vypusk 14. Olovo, chast' 5, DFO [The State Balance of Mineral Reserves of the Russian Federation, January 1, 2021. Issue 14. Tin, part 5, Far Eastern Federal District], Moscow, 2021.
4. Dinamika kursa dollara SShA k rublyu (USD, TsB RF) [Dynamics of the US dollar against the ruble (USD, CBR)]. Available at: <https://yandex.ru/news/quotes/1503.html?> (accessed 10.05.2022).
5. Rynok olova ostaetsya napryazhennym [The tin market remains tense], 2021. Available at: <https://expert.ru/2021/10/12/rynok-olova-ostayetsya-napryazhennym/?> (accessed 19.05.2022).

Автор

Калашников Виталий Васильевич

кандидат геолого-минералогических наук
генеральный директор
kvv62@list.ru

ГУП РС (Я) «Сахагеоинформ»
г. Якутск, Россия

Author

Vitalii V. Kalashnikov

PhD
General Director
kvv62@list.ru

Geological Information Fund of the Republic of Sakha (Yakutia)
Sahageoinform, Yakutsk, Russia



МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ,
ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 549.211 : 549.553

Алмазы из древних осадочных толщ и их поставщики (на примере Якутской кимберлитовой провинции)

Diamonds in old sedimentary rocks and their source (on the basis of Yakutia kimberlite province)

Бардухинов Л. Д., Зинчук Н. Н.

Barduchinov L. D., Zinchuk N. N.

Приведены типоморфные особенности алмазов перспективных территорий Сибирской платформы (СП), показана возможность их использования при прогнозировании коренных и россыпных месторождений на стадиях региональных и среднемасштабных исследований, а также при локальном прогнозе. По результатам изучения типоморфных особенностей алмазов из кимберлитовых тел с убогой продуктивностью отдельных полей СП установлено, что для них характерно высокое содержание типичных округлых выделений минерала уральского (бразильского) типа с шагренью и полосами пластической деформации. Это отличает их по данному критерию от аналогичных тел с алмазоносностью и позволяет прогнозировать уровень продуктивности пород уже по первым сотням добытых кристаллов на начальных стадиях геолого-поисковых и разведочных работ. Показаны примеры использования типоморфных особенностей алмазов при прогнозировании высокоалмазоносных кимберлитов и россыпей в пределах Центрально-Сибирской (Малоботуобинский, Далдыно-Алакитский, Моркокинский, Среднемархинский районы), Лено-Анабарской (Кюютунгинский район) и Тунгусской (Байкитский район) субпровинций СП.

Ключевые слова: типоморфизм алмазов, Сибирская платформа, региональный и локальный прогнозы, высокоалмазоносные кимберлиты и россыпи.

This study provides the results of a complex investigation of a number of kimberlite bodies with half-industrial diamond content in several regions of the Siberian platform. This allowed us to establish the typomorphic features of the mineral. Diamonds from half-industrial diatremes of Daldyn-Alakitsky and Verkhne-Munsky diamondiferous regions are characterized by the prevalence of crystals with rhombic dodecahedral habit at high content of typical rounded diamonds, being an unfavorable factor of high diamond content. Differences in diamond features between individual kimberlite bodies are less pronounced than between diamondiferous regions, confirming the upper mantle heterogeneity in various parts of the platform. Prevalence of laminar crystals of octahedral, rhombic dodecahedral and transitive between them habits in pipes of the peripheral part of the Siberian platform (pipe Malo-Kuonapuskaya) is indicative of the absence of horizontal zonation in alteration of typomorphic features within the investigated territory. Examples of using typomorphic features of diamonds are shown for forecasting kimberlite with high-diamond content within Central-Siberian sub-provinces (Malobotuobinsky, Daldyn-Alakitsky, Morkoka and Sredne-Markhinsky regions, Lena-Anabar (Kyutyungdinsky region) and Tunguska (Baikitsky region)).

Keywords: typomorphism of diamonds, Siberian platform, regional and local forecast, high-diamondiferous kimberlites.

Для цитирования: Бардухинов Л. Д., Зинчук Н. Н. Алмазы из древних осадочных толщ и их поставщики (на примере Якутской кимберлитовой провинции). Руды и металлы. 2022. № 2. С. 65–86. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10011.

For citation: Barduchinov L. D., Zinchuk N. N. Diamonds in old sedimentary rocks and their source (on the basis of Yakutia kimberlite province). Ores and metals, 2022, № 2, pp. 65–86. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10011.

Алмаз – минерал с широким комплексом физико-химических и кристалломорфологических особенностей, отражающих своеобразие термодинамических и геохимических условий его образования, которые могут быть использованы в качестве типоморфных [1–10]. Проведёнными комплексными исследованиями установлено, что алмазы из отдельных кимберлитовых тел (а нередко и из различных минералого-петрографических разновидностей кимберлита в отдельном месторождении) существенно отличаются по ряду типоморфных особенностей. Зная свойства алмазов из кимберлитовых тел, можно с большой долей уверенности решить вопрос о коренных источниках изучаемой россыпи или группы россыпей [11–16].

Современные методы исследований алмазов [1–5, 17–19] дают возможность получить большой объём информации об условиях их образования, последующего существования и изменения, что важно для прогнозирования, поиска и оценки алмазных месторождений. Из широкого спектра этих особенностей наиболее информативны и относительно легко диагностируемы морфология, фотолюминесценция, распределение оптически активных азотных и водородных центров, электронный парамагнитный резонанс, химический состав твёрдых включений в алмазах и др. При этом главнейшая из них – установить принадлежность алмазов к определённой минералогической разновидности по комплексу взаимосвязанных признаков и свойств.

В результате многолетних исследований алмазов из россыпей и кимберлитовых тел Сибирской платформы (СП) с применением минералогической классификации, предложенной Ю. Л. Орловым [20] и имеющей хорошее физическое обоснование [21–25], по которой выделяется 11 генетических разновидностей алмазов (с дополнительным разделением кристаллов отдельных разновидностей по габитусу и морфологическим типам кристаллов), накоплен громадный фактический материал по типоморфным особенностям минерала из кимберлитовых диатрем, современных отложений и разновозрастных вторич-

ных коллекторов с выделением типов их первоисточников.

В работе использованы доступные материалы исследований специалистов, проводимых в различные годы под руководством известных алмазников: К. П. Аргунова, В. П. Афанасьева, З. В. Бартошинского, С. Н. Бекеша, Ю. М. Биленко, А. П. Бобриевича, А. И. Боткунова, М. Д. Братуся, М. А. Гневушева, Э. С. Ефимовой, В. Р. Захаровой, В. И. Коптиля, В. Н. Квасницы, А. И. Махина, В. П. Миронина, А. Д. Харькива, Г. К. Хачатрян и др.

Изучение типоморфных особенностей алмазов из россыпей и россыпей проявлений СП позволило определить [10–12], что формирование этих продуктивных толщ происходило за счёт размыва четырёх типов первоисточников:

1-й тип первоисточника, характерный для богатых кимберлитовых тел с преобладанием алмазов, представленных ламинарными кристаллами октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного между ними габитусов и образующих непрерывный ряд, а также присутствием алмазов с оболочкой IV разновидности, серых кубов III разновидности, поликристаллических агрегатов VIII, IX разновидностей и в некоторых трубках (например, Юбилейная) равномерно окрашенных в жёлтый цвет кубоидов II разновидности.

По соотношению габитусов, морфологических типов кристаллов и разновидностей среди алмазов этого типа первоисточника различается ряд ассоциаций кристаллов, выделяемых по названию районов или отдельных фаз кимберлитового магматизма в их пределах (мирнинская, далдыно-алакитская, верхнемунская, кютюндинская и др.).

2-й тип первоисточника – алмазы также кимберлитового генезиса, характерные для тел с низкой алмазностью и жил, в которых преобладают додекаэдрониды с шагренью и полосами пластической деформации «жильного» типа, типичные округлые алмазы уральского (бразильского) типа и бесцветные кубоиды I разновидности.

3-й тип первоисточника – алмазы невыясненного генезиса, характерные для россы-

пей северо-востока СП, где их коренные источники до настоящего времени не обнаружены. Представлены графитизированными ромбододекаэдрами V разновидности, сложными двойниками и сростками додекаэдронидов VII разновидности с лёгким ($\delta^{13}\text{C} = -23,60 \text{ ‰}$) изотопным составом углерода [13–17] и равномерно окрашенными кубоидами II разновидности с изотопным составом углерода промежуточного состава, образующими ассоциацию эбеляхского (нижнеленского) типа.

4-й тип взрывных кольцевых структур импактного генезиса, алмазы которого сложены поликристаллами типа карбонадо с примесью гексагональной модификации углерода – лонсдейлита (якутит).

Следует отметить, что алмазы 1-го типа первоисточника резко преобладают (рис. 1) в кимберлитовых диатремах и россыпях Центрально-Сибирской алмазносной субпровинции (ЦСАСП) как современного, так и более древнего (пермского и юрского) возраста. В пределах Анабаро-Оленёкской алмазносной области алмазы 1-го типа первоисточника преобладают (рис. 2) в нижне- и верхнекаменноугольных, нижнепермских и пространственно связанных с ними современных отложениях Кютюндинского и Молодо-Далдынского полей россыпной алмазности, а также в россыпи р. Улаах-Муна, ниже известных кимберлитовых тел Верхнемунского поля с близкой к промышленной алмазностью. Необходимо также отметить преобладание алмазов 1-го типа первоисточника в нижнекаменноугольных отложениях тычанского коллектора Красноярского края (запад Тунгусской синеклизы – Байкитская область), для которых предполагается множественность коренных источников, что может свидетельствовать [17–19] о присутствии в данном регионе продуктивных кимберлитовых тел среднепалеозойского возраста.

Значительный практический интерес представляют результаты исследования типоморфизма алмазов из известных кимберлитовых тел СП, что позволяет проводить районирование коренной алмазности. Очень важны выводы по алмазам из кимберлитовых

тел северо-востока СП, на которых в последние годы в ходе ревизионно-опробовательских работ добыто представительное количество алмазов и получены принципиально новые данные по их алмазности [2–5].

В свою очередь, данные изучения типоморфных особенностей алмазов из кимберлитовых тел Верхнемунского (трубки Заполярная, Новинка, Комсомольская-Магнитная, Поисковая), Куранахского (Малокуонапская, Университетская и др.), Омонос-Укукитского (Русловая, Ленинград, Лорик, Светлана), Куойского (Дьянга), Верхнемоторчунского (Аэрогеологическая), Лучаканского (Лыхчан, Отрицательная, Двойная, Дама) и Чомурдахского (Ан. 21/73) полей свидетельствуют об их сильном отличии от кристаллов большинства россыпей северо-востока СП с невыявленными коренными источниками.

Во-первых, в этих кимберлитовых телах полностью отсутствуют алмазы II, V и VII разновидностей (3-й тип первоисточника), представляющие основной тип первоисточника (50–70 % от общей алмазности) для разновозрастных россыпей Эбеляхской алмазносной площади и среднетриасовых отложений Нижнеленского алмазносного поля.

Во-вторых, следует отметить преобладание ламинарных кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов (особенно в мелком классе – +0,5-1 мм) в известных кимберлитовых телах упомянутых полей, что говорит об отсутствии зональности коренной алмазности СП по типоморфным особенностям алмазов [8]. Полученные данные свидетельствуют о принципиальной возможности выявления на северо-востоке СП отдельных кимберлитовых тел или рудных столбов в трубках сложного геологического строения с близкой к промышленной алмазностью, с преобладанием кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов. В связи со своеобразием минералого-петрографического состава кимберлитов трубки Малокуонапская [10–12] и отсутствием в них пирропов с высоким содержанием кноррин-

Рис. 1. Схема районирования по алмазам Сибирской алмазоносной провинции:

1–3 – границы: 1 – Сибирской алмазоносной провинции, 2 – субпровинций (ЦС – Центрально-Сибирской, ЛА – Лено-Анабарской, Т – Тунгусской, А – Алданской), 3 – областей (а – Саяно-Тунгусской, б – Байкитской, с – Анабаро-Оленёкской, d – Кютюнгдинской); 4 – алмазоносные районы: 1 – Котуй-Меймечинский, II – Куонапский, III – Среднеолёнский, IV – Нижнеолёнский, V – Верхнемунский, VI – Далдыно-Алакитский, VII – Среднемархинский, VIII – Малоботубинский, IX – Моркокинский, X – Анабарский; 5 – кимберлитовые поля: 1 – Котуй-Меймечинское, 2 – Орто-Ыаргинское, 3 – Старореченское, 4 – Ары-Мастахское, 5 – Дьюкенское, 6 – Лучанское, 7 – Куранахское, 8 – Чомурдахское, 9 – Огонер-Юряхское, 10 – Западно-Укуитское, 11 – Восточно-Укуитское, 12 – Верхне-моторчунское, 13 – Мерчимденское, 14 – Верхнемолодинское, 15 – Куйское, 16 – Верхнемунское, 17 – Далдынское, 18 – Алакит-Мархинское, 19 – Накынское, 20 – Мирнинское, 21 – Чадобецкое, 22, 23 – Ингашинское, 24 – Верхнеалданское, 25 – Ингилийское



Fig. 1. Scheme of zoning of diamonds of the Siberian diamondiferous province:

1–3 – borders: 1 – Siberian diamond province, 2 – sub-provinces (CS – Central Siberian, LA – Lena-Anabar, T – Tunguska, A – Aldan), 3 – regions (a – Sayano-Tunguska, b – Baikit, c – Anabar-Olenekskaya, d – Kutyungdinskaya); 4 – diamond-bearing regions: I – Kotui-Meimchinsky, II – Kuonapsky, III – Sredneolenskyy, IV – Nizhneolenskyy, V – Verkhnemunsky, VI – Daldino-Alakitsky, VII – Srednemarkhinsky, VIII – Malobotuobinsky; IX – Morkokinsky, X – Anabarsky; 5 – kimberlite fields: 1 – Kotui-Meymchinskoye, 2 – Orto-Yarginnskoye, 3 – Starorechenskoye, 4 – Ary-Mastakhskoye, 5 – Dyukenskoye, 6 – Luchanskoye, 7 – Kuranakhskoye, 8 – Chomurdakhskoye, 9 – Ogoner-Yuryakhskoye, 10 – West-Ukukitskoye, 11 – East-Ukukitskoye, 12 – Upper Motorchunskoye, 13 – Merchimdenskoye, 14 – Upper Molodinskoye, 15 – Kuoykskoye, 16 – Upper Munsokoye, 17 – Daldynskoye, 18 – Alakit-Markhinskoye, 19 – Nakynskoye, 20 – Mirninskoye, 21 – Chadobetskoye, 22, 23 – Ingashinskoye, 24 – Verkhnealdanskoye, 25 – Ingiliyskoye

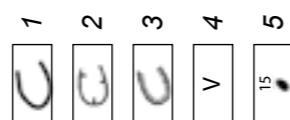


Рис. 2. Схема районирования Центрально-Сибирской и Лено-Анабарской субпровинций:

1 – границы алмазоносных районов (МБ – Малоботубинский, М – Моркокинский, СМ – Среднемархинский, ДА – Далдыно-Алакитский, МТ – Муно-Тюнгский, СО – Среднеолёнский, К – Куонапский, А – Анабарский, П – Приленский, НО – Нижнеолёнский); 2 – границы полей россыпной алмазоносности (1 – Ботубинско-Вилуйское, 2 – Верхневилуйское, 3 – Аламджакское, 4 – Ыгыаттинское, 5 – Среднемархинское, 6 – Верхнемархинское, 7 – Алакитское, 8 – Верхнемунское, 9 – Верхнетюнгское, 10 – Муно-Моторчунское, 11 – Хакчанское, 12 – Силигирское, 13 – Сопкинское, 14 – Укуитское, 15 – Лено-Сюнгюдинское, 16 – Куонапское, 17 – Анабаро-Попигаевское, 18 – Нижнеэбеляхское, 19 – Майат-Уджинское, 20 – Верхнеуджинское, 21 – Молодо-Далдынское, 22 – Бечиме-Куойское, 23 – Кютюнгдинское, 24 – Усункинское, 25 – Келимерское, 26 – Нижнеленское)

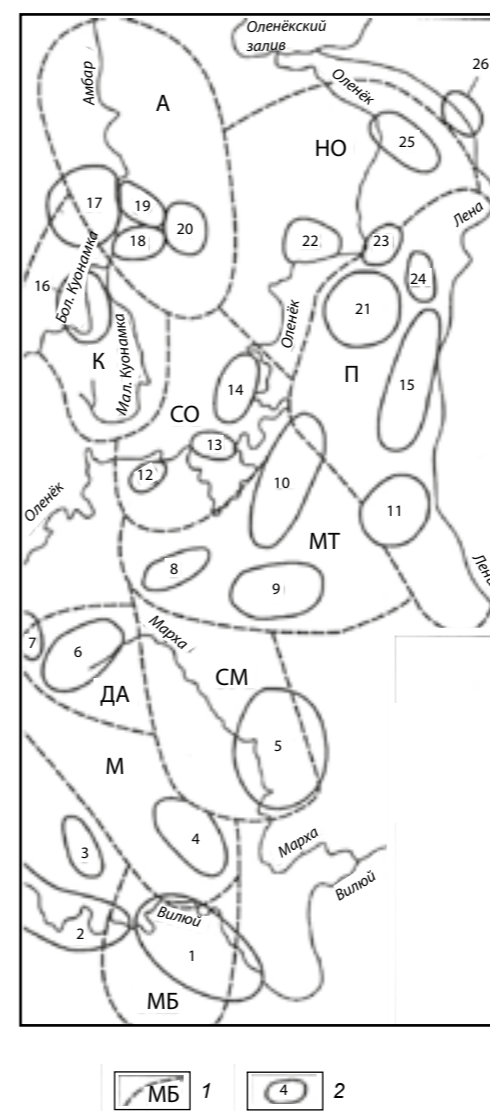
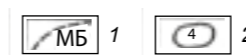


Fig. 2. Scheme of zoning of the Central Siberian and Lena-Anabar sub-provinces:

1 – boundaries of diamond-bearing regions (MB – Malobotuobinsky, M – Morkokinsky, SM – Srednemarkhinsky, DA – Daldyno-Alakitsky, MT – Muno-Tyungsky, SO – Sredneolenskyy, K – Kuonapsky, A – Anabarsky, P – Prilensky, NO – Nizhneolenskyy); 2 – boundaries of alluvial diamond fields (1 – Botuobinsko-Vilyuiskoye, 2 – Verkhnevilyuiskoye, 3 – Alamdzhakhskoye, 4 – Ygyatta, 5 – Middle Markhinskoye, 6 – Upper Markhinskoye, 7 – Alakitskoye, 8 – Upper Munsokoye, 9 – Verkhnetyungskoye, 10 – Muno-Motorchunskoye, 11 – Khakhchanskoye, 12 – Siligirskoye, 13 – Sopkinskoye, 14 – Ukukitskoye, 15 – Leno-Syungyudinskoye, 16 – Kuonapskoye, 17 – Anabaro-Popigayskoye, 18 – Nizhneebelyakhskoye, 19 – Mayat-Udzhinskoye, 20 – Verkhneudzhinskoye, 21 – Molodo-Daldynskoye, 22 – Beenchime-Kuoykskoye, 23 – Kutyungdinskoye, 24 – Usuninskoye, 25 – Kelimerskoye, 26 – Nizhnelenskoye)



гитового компонента [1–4] необходима разработка критериев обнаружения высокопродуктивных кимберлитовых тел в пределах северо-востока СП.

В-третьих, впервые для северо-востока СП установлена [7, 9] близкая к промышленной алмазоносность северного рудного столба трубки Малокуонапская (Куранахское поле). Здесь преобладают характерные для богатых кимберлитовых тел кристаллы октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбо-

додекаэдрическому габитусов и отмечаются низкие (менее 10 %) содержания типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа, подчеркивающих отрицательный фактор алмазоносности [13]. Для южного рудного столба трубки характерна более низкая (практически на порядок) алмазоносность при одновременно резком увеличении (почти в восемь раз) содержания типичных округлых алмазов, что сближает данное тело с диатремной Сытыканская (Алакит-Мархинское поле).

Предлагается существенно изменить подход к технологии разномасштабного районирования алмазоперспективных территорий. Так, нами [8–12, 15–19] было проведено *региональное минералогическое районирование* территорий (см. рис. 1), при котором в СП выделены четыре алмазоносные субпровинции: Центрально-Сибирская (ЦСАСП), Лено-Анабарская (ЛААСП), Тунгусская (ТАСП) и Алданская (ААСП). Первая из них охватывает центральную часть СП, располагающуюся южнее Маакской излучины р. Оленёк, и характеризуется проявлением продуктивной россыпной алмазоносности и высокоалмазоносного кимберлитового магматизма среднепалеозойского возраста. Алмазы I-го типа первоисточника резко преобладают в россыпях данной субпровинции (Малоботуобинский, Далдыно-Алаakitский, Верхнемунский, Моркокинский, Среднемархинский алмазоносные районы) как современного, так и более древнего возраста. Эта субпровинция характеризуется наличием россыпей разной дальности сноса, для которых в отдельных алмазоносных районах существуют местные коренные источники. Наиболее широкие масштабы россыпной алмазоносности установлены в Малоботуобинском (МБАР) и Среднемархинском (СМАР) районах.

В пределах *Мирнинского кимберлитового поля* (МКП), входящего в МБАР, выявлены (рис. 3) семь кимберлитовых трубок (пять из которых представляют промышленный интерес) и одна не связанная с трубками дайка А-21. Размеры тел от десятков до сотен метров, форма трубчатая. Возраст кимберлитов среднепалеозойский. Известные в МКП кимберлитовые трубки и дайки приурочены к трём разломам. В зоне Западного разлома локализованы трубки Таёжная, Амакинская, им. XXIII съезда КПСС, дайка А-21, а также серии даек, сочленяющихся с этими трубками. Диатрема Интернациональная с системой даек расположена в 3 км от осевой линии Западного разлома и связана с Кюэляхским разломом [6, 9]. В зоне Параллельного разлома расположены трубки Мир, Спутник и Дачная, а также дайки, сопровождающие эти диатремы.

Кимберлитовые трубки Мир, Спутник и Амакинская отпрепарированы эрозией и выходят непосредственно на дневную поверхность. В отличие от них кимберлитовые трубки им. XXIII съезда КПСС, Интернациональная и Дачная полностью перекрыты кластическими отложениями ранней юры мощностью от первых метров до 12–19 м, а тр. Таёжная – частично. В МКП выделяются три группы кимберлитовых тел, резко различающихся по типоморфным особенностям алмазов, связанные [7, 8] с тремя разделёнными во времени фазами кимберлитового магматизма: первая фаза – жила А-21, вторая – трубки Таёжная и Амакинская, третья – трубки Мир, Интернациональная, им. XXIII съезда КПСС, Дачная, Спутник.

Для первой (наиболее ранней) группы тел характерны низкое содержание октаэдров с преобладанием индивидов ромбододекаэдрического габитуса, представленных в основном окрашенными в дымчато-коричневые цвета додекаэдроиды с шагренью и полосами пластической деформации жильного типа, и преобладание алмазов с сине-голубым и зелёным свечением в ультрафиолетовых лучах. Во второй группе тел отмечается (рис. 4) примерно равное соотношение кристаллов октаэдрического и ромбододекаэдрического габитусов при сравнительно низком (первые проценты) содержании типичных округлых алмазов и превалировании алмазов с сине-голубой фотолюминесценцией. Третья, наиболее высокопродуктивная, группа кимберлитовых тел (см. рис. 4) характеризуется резким преобладанием (рис. 5, а) груболаминарных кристаллов октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитусов при низком (менее 10 %) содержании индивидов ромбододекаэдрического габитуса, практическом отсутствии типичных округлых алмазов, низком количестве двойников и сростков, преобладании кристаллов с розово-сиреневой фотолюминесценцией и без признаков видимого свечения при низком содержании кристаллов с сине-голубым свечением.

В МБАР на протяжении уже более 30 лет алмазодобывающей промышленностью раз-

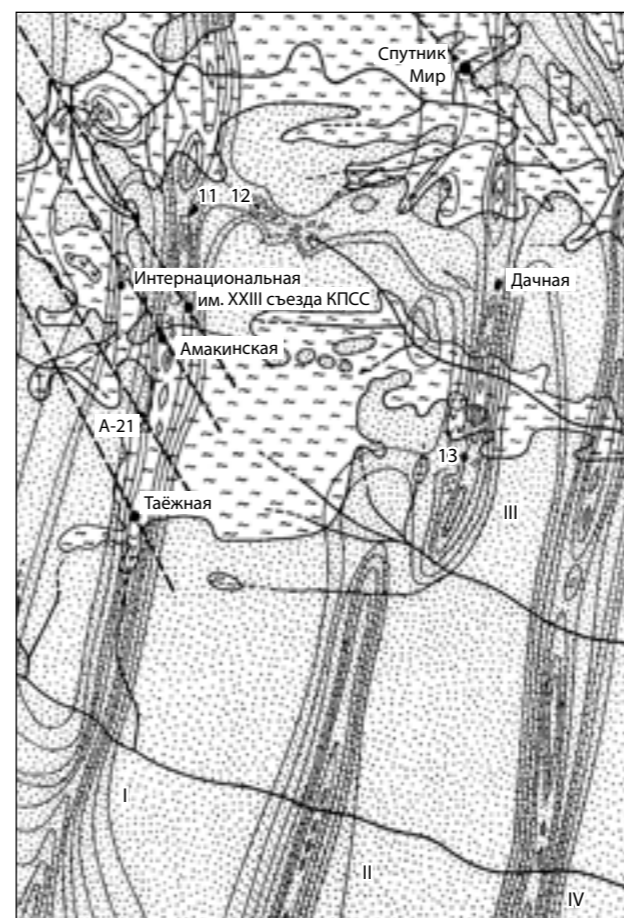


Рис. 3. Геолого-структурная схема центральной части МБАР:

1 – континентальные отложения ранней юры; 2 – туфогенные породы раннего триаса; 3 – терригенно-карбонатные породы раннего палеозоя; 4 – траппы; 5 – трубки кимберлитов (имеют свои названия) и траппов (с цифровыми обозначениями) пород; 6 – разломы: а – региональные, проявленные в магнитном поле (I – Западный, II – Центральный, III – Параллельный, IV – Восточный), б – оперяющие

Fig. 3. Geological and structural scheme of the central part of the Malobotuobinsky diamondiferous region (MBDR):

1 – Lower Jurassic continental deposits; 2 – tuffaceous rocks of the Lower Triassic; 3 – terrigenous-carbonate rocks of the Lower Paleozoic; 4 – traps; 5 – pipes of kimberlites (they have their own names) and traps (with numerical designations) of rocks; 6 – faults: a – regional, manifested in a magnetic field (I – Western, II – Central, III – Parallel, IV – Eastern), b – branch faults

рабатываются богатые россыпи алмазов юрского и современного возрастов, а в начале 1980-х гг. здесь также открыты россыпи позднепалеозойского возраста. Проведённое районирование разновозрастных россыпей МБАР [7–11] с учётом возраста и местоположения свидетельствует об их полигенности и существовании смешанных ореолов. Значимых отличий алмазов из верхнепалеозойских и мезозойских отложений района в пределах одних и тех же участков не обнаружено (россыпи Солур, Восточная). Несмотря на преобладание (рис. 6) в россыпях алмазов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов I разновидности (первая и вторая группы кимберлитовых тел), в ряде россыпей содержание алмазов с сине-голубой фотолюминесценцией достига-

ет 30–40 %, что характерно для трубок Мир и Интернациональная, но присуще и второй группе трубок. В целом морфологические спектры алмазов из россыпей МБАР близки между собой (см. рис. 5), но вместе с тем несколько отличаются от кристаллов из известных кимберлитовых диатрем.

Суммарное содержание кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов в большинстве россыпей района примерно на 10 % ниже, чем в кимберлитовых диатремах первой и второй групп тел (трубки Мир, Интернациональная, Дачная, им. XXIII съезда КПСС, Спутник), и одновременно несколько выше количество ламинарных ромбододекаэдров. В россыпях отмечено немного больше плоскогранных октаэдров, чем в тр. Интернацио-

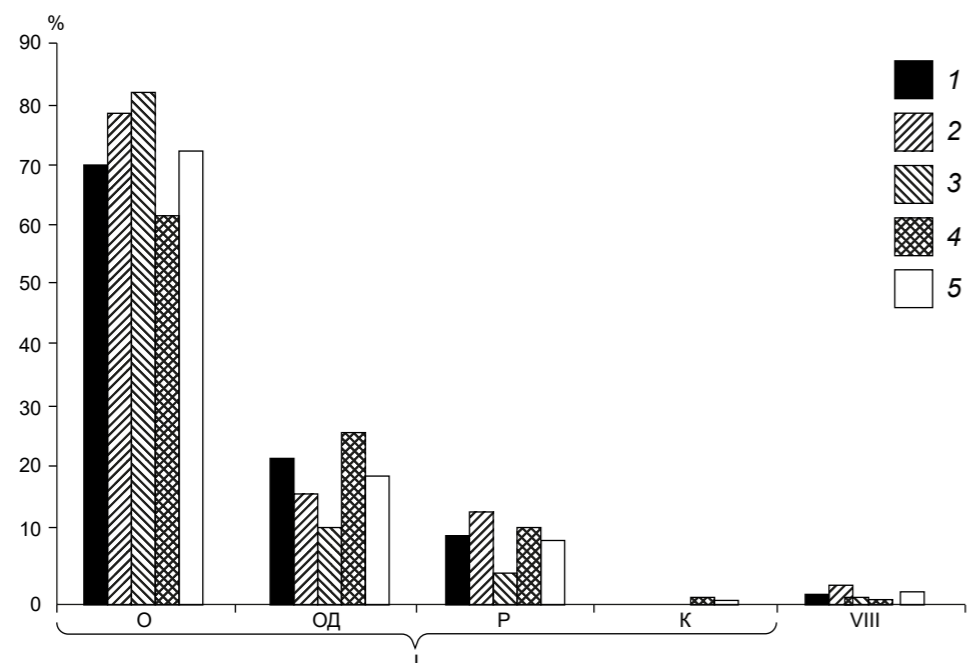


Рис. 4. Типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых тел Мирнинского поля:

трубки: 1 – Интернациональная, 2 – Дачная, 3 – им. XXIII съезда КПСС, 4 – Мир; 5 – среднее содержание по полю; I, VIII – разновидности алмазов, по Ю. Л. Орлову (O – октаэдры, OD – переходные формы, P – ламнарные ромбододекаэдр, K – кубы)

Fig. 4. Typomorphic features of diamonds from kimberlite bodies of the Mirny field:

1–4 – pipes: 1 – International, 2 – Dachnaya, 3 – named after XXIII Congress of the CPSU, 4 – Mir; 5 – field average; I, VIII – varieties of diamonds according to Yu. L. Orlov (O – octahedrons, OD – transitional forms, P – laminar rhombic dodecahedrons, K – cubes)

нальная, и меньше, чем в тр. Мир. Алмазы из современных россыпей резко отличаются по своим типоморфным особенностям от кристаллов из кимберлитовых трубок Таёжная, Амакинская, жилы А-21. В алмазах из некоторых россыпей (Восточная и др.) присутствует в отличие от коренных месторождений так называемая леденцовая скульптура и отсутствует мелкий класс, что обычно характерно для россыпей ближнего сноса. По таким россыпям также установлено повышенное содержание включений в алмазах сульфидных минералов (чаще всего трещины заполняет кубооктаэдрической формы пирит), быстрее всего распространяются новообразования эпигенетического происхождения. Во многих рос-

сыпях (участки Тымтайдахский, Дачный, Искра и др.) выявлено [8] высокое содержание низкоазотных и безазотных кристаллов, практически отсутствующих в близко расположенных трубках Мир и Интернациональная. Общая особенность кристаллов с пониженным содержанием азота – зелёная, реже жёлто-зелёная фотолюминесценция.

Моркокинский алмазоносный район (МАР) охватывает левобережье среднего течения р. Вилюй и бассейна р. Моркока. В структурном плане он находится в пределах Сюгджерской седловины. Здесь развиты продуктивные на алмазы терригенные отложения позднего палеозоя, мезозоя и современные четвертичные образования. Россыпи и кимберлитовые



Рис. 5. Фото алмазов из кимберлитов трубок им. XXIII съезда КПСС (a), Сытыканская (b), Нюрбинская (c), нижнего течения р. Эбелях Нижнеэбеляхского поля (d), россыпи Улахан-Юэттех Приленского района (e), нижнекаменноугольных отложений участка Угюс-Юрюе Кютюнгдинского грабена Приленского района (f)

Fig. 5. Photos of diamonds from kimberlites of the pipe named after the XXIII Congress of the CPSU (a), Sytykanskaya (b), Nyurbinskaya (c), the lower reaches of the river Ebelyakh of the Nizhneebelyakh field (d), Ulakhan-Yuettekh placers of the Prilensky region (e), Lower Carboniferous deposits of the Ugyus-Yuryue section of the Kyutyungda graben of the Prilensky region (f)

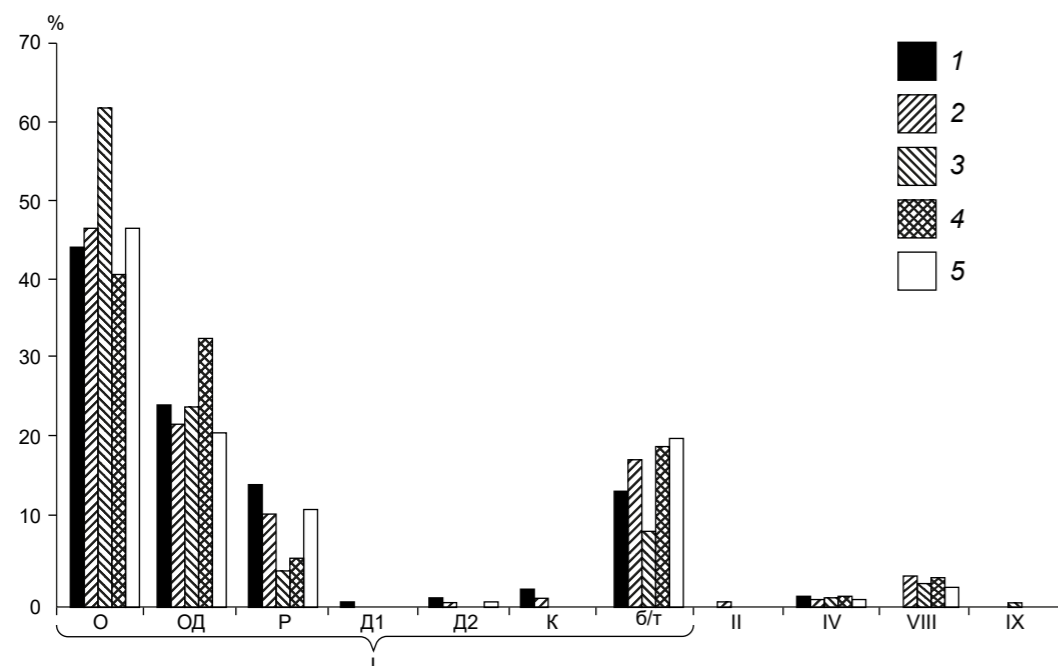


Рис. 6. Типоморфные особенности алмазов из россыпей МБАР:

участки: 1 – Улахан-Еленгский, 2 – Глубокий, 3 – Солур, 4 – Куранахский, 5 – Таборный; I, II, IV, VIII, IX – разновидности, по Ю. Л. Орлову (O – октаэдры, OD – переходные формы, P – ламинарные ромбододекаэдры, D1 – додекаэдры скрытослоистые, D2 – додекаэдры с шагренью, K – кубы, б/т – осколки)

Fig. 6. Typomorphic features of diamonds from MBDR placers:

1–5 – sections: 1 – Ulakhan-Elengsky, 2 – Deep, 3 – Solur, 4 – Kuranakhsy, 5 – Taborny; I, II, IV, VIII, IX – varieties according to Yu. L. Orlov (O – octahedrons, OD – transitional forms, P – laminar rhombic dodecahedrons, D1 – hidden layered dodecahedrons, D2 – dodecahedrons with shagreen, K – cubes, б/т – fragments)

тела промышленного значения пока не установлены, за исключением слабоалмазонасной тр. Моркока. На этой территории описаны [4, 7] алмазы пяти пространственно разобщённых ореолов: Дьюкунахского, Хатырыкского, Ыгыаттинского, Чагдалинского и Нижнеморкокинского. Сделаны выводы, что каждый из ореолов обладает комплексом типоморфных особенностей алмазов, характерных для богатых кимберлитовых тел фанерозойского возраста СП. Однако один из ореолов (Дьюкунахский) имеет сложную историю формирования и поэтому характеризуется преобладанием однозернистых мелких (0,8 мм) обломков алмаза октаэдрического габитуса (средний размер 1–2 мм) ассоциации мир-

нинского типа без трещин и включений. Но в отличие от алмазов тр. Мир среди них практически отсутствуют октаэдры с полицентрически растущими гранями и выше доля кристаллов с жёлтой фотолюминесценцией при низком содержании типичных округлых алмазов. Среди них преобладают кристаллы I разновидности со сноподобной штриховкой, реже отмечаются округло-ступенчатые и с блоковой скульптурой при единичных находках алмазов IV и VIII разновидностей. По кристалломорфологическим особенностям алмазы россыпей Дьюкунах и Листвничная не имеют никаких признаков сходства с кристаллами из кимберлитовых тел близко расположенного Далдыно-Алакитского алмазо-

носного района (ДААР). Содержание двойников и сростков очень низкое и не превышает первых процентов от общего количества кристаллов. Среди алмазов преобладают бесцветные камни высокой степени прозрачности при очень низком содержании окрашенных в лилово-коричневый цвет кристаллов и отсутствии индивидов других цветов. Характерно также низкое содержание дефектных трещиноватых камней и кристаллов с включениями.

В Далдыно-Алакитском алмазонасном районе обнаружены как многочисленные кимберлитовые диатремы (в том числе и высокопродуктивные), так и россыпные проявления алмазов ближнего сноса, непосредственно примыкающие к трубкам. Территориально ДААР находится в бассейнах верхнего течения рек Марха и Алакит, а в структурном плане – на юго-западном склоне Анабарской антеклизы, на который наложилось северо-восточное крыло Тунгусской позднепалеозойской синеклизы. Здесь широко развиты терригенные отложения позднего палеозоя, сложно интродуцированные телами траппов (Алакит-Мархинское кимберлитовое поле), и карбонатные отложения раннего палеозоя (Далдыно-Алакитское кимберлитовое поле), а также установлено около 200 кимберлитовых тел.

Алакит-Мархинское кимберлитовое поле (АМКП) находится в юго-западной части ДААР. В его пределах открыто более 70 кимберлитовых тел, большинство из них трубчатой формы. Многие кимберлитовые диатремы сопровождаются дайками, обычно сочленяющимися с трубками. Из множества открытых в АМКП диатрем повышенным содержанием алмазов характеризуются трубки Айхал, Сытыканская, Юбилейная, Комсомольская, Краснопресненская. В целом каждая из диатрем имеет специфическое геолого-петрографическое строение и характерные ассоциации алмазов (рис. 7), однако все они обычно узнаваемы и получили название «алмазы алакитского типа». Здесь обычно повышенное количество окрашенных кристаллов II, III и IV разновидностей, по Ю. Л. Орлову [20], с нормальным тангенциальным и волокнистым

механизмами роста, преобладанием ламинарных ромбододекаэдров, а также окрашенных комбинационных многогранников IV разновидности, высокое содержание двойников и сростков, кристаллов с признаками природного травления и др. Нередко (трубки Айхал, Сытыканская, Юбилейная и др.) отмечается существенное различие в соотношениях различных кристалломорфологических форм алмаза в зависимости от фаз внедрения кимберлитов. Так, в автолитовой кимберлитовой брекчии (АКБ) центрального рудного столба тр. Сытыканская содержание алмазов без трещин редко превышает 25 %, в то время как количество целых кристаллов увеличивается в порфиоровом кимберлите (ПК) северо-восточного рудного столба (см. рис. 5, b).

Далдыно-Алакитское кимберлитовое поле (ДКП) расположено в северо-восточной части ДААР, включает около 60 трубчатых тел и семь даек. Кимберлитовые трубки локализованы в ДКП сравнительно кучно в пределах Далдыно-Оленёвской кимберлитоконтролирующей зоны. Лидеры ДКП – успешно эксплуатируемая на протяжении нескольких десятилетий тр. Удачная и первая открытая на СП тр. Зарница, существенно различающиеся по типоморфным свойствам алмазов. Для кимберлитов первой характерны повышенное содержание кубов II и III разновидностей, близких по своим особенностям к алмазам из глубинных включений эклогитов, относительно высокая роль сингенетических включений, повышенное содержание обломков и бесформенных осколков, а также камней с жёлтой фотолюминесценцией. Для тр. Зарница характерно преобладание кристаллов ромбододекаэдрического габитуса I разновидности при максимальном для ДААР содержании типичных округлых алмазов, что согласуется с её невысокой алмазонасностью.

Далдыно-Алакитский алмазонасный район характеризуется незначительными масштабами россыпной алмазонасности, несмотря на наличие в районе высокоалмазонасных кимберлитовых диатрем, из которых только некоторые (Удачная и Айхал) образуют промышленные россыпи ближнего сноса (ручьи

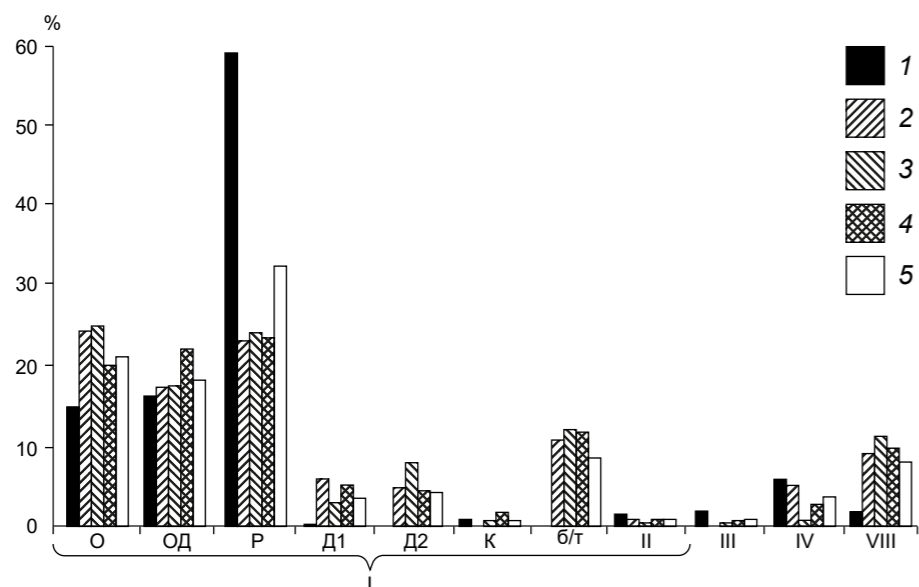


Рис. 7. Типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых тел Алакит-Мархинского поля:

трубки: 1 – Айхал, 2 – Юбилейная, 3 – Сытыканская, 4 – Комсомольская; 5 – среднее содержание по полю; I–IV, VIII – разновидности алмазов, по Ю. Л. Орлову (О – октаэдры, ОД – переходные формы, Р – ламинарные ромбододекаэдры, Д1 – додекаэдры скрытослоистые, Д2 – додекаэдры с шагренью, К – кубы, б/т – осколки)

Fig. 7. Typomorphic features of diamonds from kimberlite bodies of the Alakit-Markha field:

pipes: 1 – Aihal, 2 – Jubileynaya, 3 – Sytykansкая, 4 – Komsomolskaya; 5 – field average; I–IV, VIII – varieties of diamonds according to Yu. L. Orlov (O – octahedrons, OD – transitional forms, P – laminar rhombic dodecahedrons, D1 – hidden layered dodecahedrons, D2 – dodecahedrons with shagreen, K – cubes, б/т – fragments)

Пироповый и Мелкоильменитовый). Отмечаются низкие концентрации алмазов в современном аллювии в различных участках рек Марха, Далдын, Сохсолоох и др.

В Среднемархинском алмазоносном районе (СМАР) коренные месторождения кимберлитового типа – трубки Ботуобинская и Нюрбинская вместе с телом Майским – открытые к настоящему времени продуктивные образования Накынского кимберлитового поля (НКП). Типоморфной особенностью алмазов кимберлитов СМАР является [8] преобладание кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов I разновидности при сравнительно высоком содержании

бесформенных осколков (особенно в мелких классах крупности) и практически полном отсутствии типичных округлых алмазов (см. рис. 5, с). Содержание кристаллов октаэдрического габитуса резко увеличивается с ростом крупности минерала и повышением роли плоскогранных осторёберных кристаллов мирнинского типа. Для кристаллов из диатрем района характерно также существенное значение окрашенных алмазов с оболочкой IV разновидности.

В СМАР установлены россыпи алмазов в юрских, современных и палеоген-неогеновых отложениях, часть из которых связана с недавно открытыми кимберлитовыми трубками Накынского поля – Нюрбинской и Ботуобин-

ской. Алмазы из россыпей СМАР обладают комплексом типоморфных особенностей, позволяющих отличать их от индивидов других регионов. К ним, в первую очередь, относится высокое содержание кристаллов октаэдрического, переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов, а также ламинарных ромбододекаэдров при низком (не более 10 %) количестве округлых алмазов уральского (бразильского) типа, являющихся неблагоприятным фактором алмазоносности. Среди алмазов из россыпей НКП в количестве до 5 % присутствуют псевдоромбододекаэдры мархинского типа без преломления по гранному шву, полностью отсутствующие в кимберлитовых телах ДААР, но обнаруженные в трубках НКП.

Верхнемунское кимберлитовое поле (ВМКП) выделено в пределах Муно-Тюнгского алмазоносного района, где открыты 16 трубок и четыре дайки, сгруппированные в две цепочки северо-западного простирания. Трубки перекрываются маломощными рыхлыми осадками четвертичного возраста. Выделяется несколько морфологических групп кимберлитовых тел: изометрические почти округлые (трубки Зимняя, Лёгкая, 325 лет Якутии, Верхняя, Малая); удлинённые (Комсомольская-Магнитная, Поисковая); сложной конфигурации (Новинка, Заполярная). По кристалломорфологическим особенностям среди алмазов ВМКП резко преобладают бесцветные, а также окрашенные в дымчато-коричневые цвета различной интенсивности кристаллы I разновидности различной морфологии при заметном (до 6 %) содержании поликристаллических сростков VIII и низком количестве алмазов с окрашенной оболочкой IV разновидности, серых кубов III разновидности. В ВМКП находится россыпь р. Улаха-Муна, тяготеющая к ореолам эрозионного выноса алмазов из известных здесь девяти кимберлитовых трубок [12–15]. Кроме встреченных в современных отложениях, кристаллы здесь также найдены и в юрских железистых галечниках. Типоморфизм алмазов в пределах алмазоносных районов и участков

ЦСАП – один из критериев для постановки работ по поискам кимберлитовых тел, среди которых наиболее высока вероятность открытия высокоалмазоносных объектов по сравнению с другими регионами СП. Особенностью алмазов (1-й тип первоисточника) отдельных территорий субпровинции является различное соотношение кристаллов октаэдрического и ромбододекаэдрического габитусов при низком (не более 10 %) содержании округлых алмазов и кубоидов. Алмазы 3-го типа первоисточника, характерные для россыпей северо-востока СП, в россыпях этой субпровинции не встречены.

Лено-Анабарская алмазоносная субпровинция (ЛААСП) охватывает (см. рис. 2) северо-восточную часть СП и совпадает с полем развития докембрийских, главным образом нижнепалеозойских, пород Анабарской антеклизы и Оленёкского поднятия, обрамлённых выходами пермских, триасовых, юрских и меловых отложений. Здесь находятся современные богатые россыпи алмазов Анабарского района, которые уже разрабатываются. Алмазы субпровинции характеризуются (см. рис. 5, d) резким преобладанием индивидов 3-го типа первоисточника в основном невыясненного генезиса (ассоциация эбеляхского типа) с превалянием кристаллов кубического и тетрагексаэдрического габитусов, полуокруглых октаэдроидов, а также округлых алмазов во всех возрастных и генетических типах отложений, начиная с меловых. Масштабы проявления россыпной алмазоносности более значительные по сравнению с таковыми в других районах провинции. Россыпи с алмазами 1-го типа первоисточника практически отсутствуют. Детальное изучение типоморфных особенностей алмазов из каменноугольных, нижнепермских и протранственно связанных с ними современных отложений субпровинции позволило среди огромного по площади россыпного поля северо-востока СП, характеризующегося в основном полигенной ассоциацией алмазов, выделить площадь эллипсоидной формы размером 40 × 85 км (с севера контуры её

ограничиваются восточным бортом Кютюнгдинского грабена с простиранием на юго-запад до междуречья Молодо – Далдын), в россыпях которой преобладают алмазы 1-го типа. Всё это дало возможность разделить ЛААСП на две алмазоносные области – Кютюнгдинскую и Анабаро-Оленёкскую, заметно различающиеся как по истории геологического развития, так и по типоморфным особенностям кристаллов.

Своеобразие типоморфных особенностей алмазов из нижнекаменноугольных отложений *Кютюнгдинской области* заключается в преобладании (до 90 %) кристаллов кимберлитового генезиса (1-й тип) и присутствии (около 10 %) округлых алмазов при полном отсутствии характерных для россыпей северо-востока СП кристаллов 3-го типа. Исходя из такой корреляции между морфологией алмазов и их содержанием в кимберлитах можно предположить наличие в данном районе богатых кимберлитовых тел среднепалеозойского возраста. По результатам комплексных исследований здесь была выделена ассоциация алмазов кютюнгдинского типа. Доминируют в ней кристаллы октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитусов (более 50 %) при заметном содержании полукруглых ромбододекаэдров с блоковой скульптурой, а также алмазов с оболочкой. Округлые алмазы уральского типа встречаются в незначительном количестве, а кристаллы 3-го типа и карбонадо с примесью лонсдейлита импактного типа (якутиты) не выявлены в этой области вовсе.

Анабаро-Оленёкская область состоит из трёх алмазоносных районов: Анабарского, Средне- и Нижнеолёкского. Здесь установлены тысячи пунктов с находками алмазов, группирующихся в ряд россыпных полей: Нижнезбеляхское, Майат-Уджинское, Верхнеуджинское, Анабаро-Попигайское, Куонапское (Анабарское), Беенчимэ-Куойское и др. Общее для них – низкое (10–15 %) суммарное содержание кристаллов октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитусов при переменных значениях округ-

лых алмазов, серых ромбододекаэдров и близких к ним сложных двойников додекаэдров, а также жёлто-оранжевых кубоидов и поликристаллов типа карбонадо (якутитов). Их различное соотношение образует несколько минералогических ассоциаций: збеляхскую, майат-верхнебилляхскую, куонапскую, укукитскую и др. Алмазы из россыпей Анабаро-Оленёкской области сравнительно однообразны и близки к кристаллам из окаймляющих с востока и севера Анабарскую антеклизу вторичных коллекторов среднетриасового и ранневожского возрастов (кряжи Чекановского и Прончищева, хребет Хараулах и др.). Для них характерно низкое (10–15 %) содержание алмазов 1-го типа первоисточника при несколько различном в отдалённых районах соотношении округлых индивидов уральского типа октаэдров, сложно деформированных двойников и сростков додекаэдров с облегчённым изотопным составом углерода, жёлто-оранжевых кубоидов с промежуточным изотопным составом углерода, отсутствующих в известных коренных месторождениях провинции.

В ряде регионов рассматриваемой области присутствуют поликристаллы типа карбонадо [8]. Общим для алмазов области является повышенный механический износ, увеличивающийся от краевых частей Анабарской антеклизы в сторону Анабарского кристаллического массива, что совпадает с направлением трансгрессии при формировании алмазоносных отложений. Алмазы из разновозрастных вторичных коллекторов раннемелового и неоген-четвертичного возрастов карстовых впадин в пределах Анабарского района практически не отличаются от таковых из современных отложений данного региона (при сопоставлении кристаллов одной и той же крупности).

Крупность алмазов современных россыпей северо-востока СП заметно уменьшается от областей поднятий к краевым частям Анабарской антеклизы, что также следует рассматривать как результат неоднократного перемыва и переотложения во вторичных кол-

лекторах различного возраста на пути от коренных источников к местам их современного захоронения. Алмазы из известных трубок северо-востока СП (Верхнемоторчунское, Куойское, Чомурдахское, Лучаканское, Куранахское и другие кимберлитовые поля) по типоморфным особенностям резко отличаются от кристаллов из россыпей данного региона, а их присутствие в значительном количестве в аллювии обнаруживается только в редких случаях на расстоянии первых километров от размываемой трубки. Очень специфические алмазы характерны для многочисленных россыпей Приленского алмазоносного района (см. рис. 5, е), в котором выделены и исследованы [8, 9, 11] Нижнеприленское (Усункинское), Среднеприленское (Лено-Сюнгюдинское), Верхнеприленское (Хахчанское), Кютюнгдинское и Молодо-Далдынское поля со своими типоморфными особенностями кристаллов (см. рис. 5, ф).

В пределах *Тунгусской алмазоносной субпровинции* (ТАСП) по типоморфным особенностям алмазов можно выделить две заметно различающиеся области [8]: Байкитскую (северная часть Енисейского кряжа и Байкитская антеклизы) и Саяно-Тунгусскую. В пределах Байкитской области установлено преобладание октаэдров (Большепитский, Северо-Енисейский и Нижневельминский алмазоносные районы). Позже площадь с превалярованием октаэдрических кристаллов была расширена на юго-восток, в направлении простирания Ковино-Кординской и Тарыдакской зон глубинных разломов. Здесь наблюдается заметное развитие индивидов из современных и каменноугольных отложений в бассейне р. Тычана, что свидетельствует о множественности коренных источников в данном регионе. Алмазы из современных образований характеризуются повышенной крупностью. Среди них преобладают (до 75 %) кристаллы класса -2+1 мм при высоком (более 25 %) содержании алмазов класса -4+2 мм и единичных находках мелких индивидов класса -1+0,5 мм. Об их повышенной крупности свидетельствует и распределение по массе. Так, на долю алмазов массой до 10 мг приходится

лишь 25 %. Большинство кристаллов ламинарные ряда октаэдр – ромбододекаэдр (преимущественно октаэдры) при заметном (более 25 %) количестве округлых индивидов в основном с шагренью и полосами пластической деформации.

Для каменноугольных отложений *Тычанской площади* характерно преобладание индивидов из кимберлитового первоисточника мирнинского типа (более 50 %), представленных кристаллами октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитусов. Присутствуют также ромбододекаэдры далдыно-алакитского типа с занозистой штриховкой, додекаэдровиды уральского типа (близкие к ингашинским), встречаются своеобразные равномерно окрашенные октаэдровиды, аналогичные этой группе алмазов Дьюкунахского участка ЦАСП. По комплексу типоморфных признаков и спектру кристаллов отдельных морфологических групп (разновидности, габитус, морфологические типы) алмазы каменноугольного коллектора Тычанской площади и Байкитской области в целом не имеют аналогов среди известных кимберлитовых тел и россыпей СП, что позволяет предполагать наличие собственных продуктивных коренных источников среднепалеозойского возраста. Установлена множественность первоисточников этих алмазов, которые могут охватывать несколько кимберлитовых полей двух эпох магматизма (среднепалеозойской и докембрийской) с различными особенностями кристаллов.

Алмазы *Саяно-Тунгусской области* характеризуются сравнительно небольшой крупностью (5–10, в среднем 9,4 мг). По количеству резко преобладают кристаллы класса -2+1 мм при сравнительно небольших, примерно равных количествах классов -4+2 и -1+0,5 мм (по 5–10 %) и единичных находках более крупных индивидов класса -8+4 мм. Превалируют округлые алмазы уральского типа (более 50 %) при заметном содержании поликристаллических образований типа баллас (до 10 %). На долю кристаллов октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитусов приходится около 25 %. Про-

ведённый нами анализ типоморфных особенностей алмазов Байкитской и Саяно-Тунгусской областей ТАСП подтверждает различную роль коренных источников отдельных эпох кимберлитового магматизма в формировании алмазоносных отложений. В этом плане более благоприятна для поисков богатых коренных источников алмазов среднего палеозоя территория Байкитской области. Наибольшее влияние на формирование россыпей алмазов Саяно-Тунгусской области оказывают кимберлиты докембрия в Присаянье и других подобных структурах южного обрамления СП, откуда эти кристаллы сносились в Иркутский амфитеатр, а возможные коренные источники среднего палеозоя и мезозоя были убогоалмазоносны и существенно не повлияли на формирование здесь россыпей. Всё это свидетельствует [7] о приуроченности областей распространения округлых алмазов к полям развития докембрийских алмазоносных формаций мира.

В пределах *Алданской алмазоносной субпровинции* (ААСП) известны единичные находки алмазов, представляющие минералогический интерес. Несмотря на небольшие объёмы проведённых здесь геолого-поисковых работ на алмазы, можно утверждать, что по типоморфным особенностям эти кристаллы близки к аналогичным выделениям из докембрийских алмазоносных терригенных формаций платформы и её складчатого обрамления, коренные источники которых до настоящего времени не установлены. Исходя из этого на этапе ранних стадий региональных поисковых тематических и научно-исследовательских работ сначала необходимо исследовать типоморфные особенности всех обнаруженных алмазов на изученной территории, выделить их крупную ассоциацию и сравнить с уже имеющимися. Все эти данные затем нужно проанализировать совместно с материалами структурно-формационного строения изученной территории.

При *среднемасштабном районировании* также используются структурно-тектонические и минералогические критерии (выделение ассоциаций алмазов). В основу этого райо-

нирования положены минералогические признаки, поскольку алмаз является полигенным минералом с характерным комплексом типоморфных кристаллов I–IX и XI разновидностей, по Ю. Л. Орлову [20], свидетельствующих о своеобразии термодинамических и геохимических условий его образования. Результаты комплексного исследования типоморфных особенностей алмазов из россыпей позволяют выделять [8] алмазоносные субпровинции, области, районы и поля, для которых можно прогнозировать тип первоисточников, уровень их потенциальной алмазоносности и качество алмазного сырья.

По этим материалам с привлечением данных детального изучения твёрдых включений и изотопного состава углерода впервые в пределах северо-востока СП чётко оконтурен [7] локальный район *Кютюнгинского грабена* и прилегающих к нему с юго-запада территорий Молодо-Далдыно-Толуопского междуречья общей площадью 350 км², перспективный на открытие богатых кимберлитовых тел с алмазами кютюнгинского типа, имеющими в качестве ИМК классические пиропы алмазной ассоциации с высоким содержанием кноррингитового компонента. В МБАР на этапе среднемасштабного районирования все россыпные проявления и россыпи алмазов сгруппированы [5, 7, 9] в три россыпных поля: Ирелях-Маччобинское (с разделением на Центральный и Юго-Западный ореолы), Чуоналыр-Курунг-Юряхское (с разделением на Северо-Западный и Лапчанский ореолы) и Бахчинское, а также, отдельно, современные россыпи по р. Малая Ботубобия. В целом комплекс особенностей алмазов по морфологии, окраске, твёрдым включениям, внутреннему строению, фотолюминесцентным особенностям, а также примесному составу свидетельствует о множественности первоисточников алмазов из россыпей и наличии в пределах района новых, ещё не открытых кимберлитовых тел, что согласуется с мнением других исследователей. Среди этих тел могут быть месторождения с высоким содержанием алмазов, поскольку среди кристаллов из россыпей исключительно редко встречаются округлые

алмазы уральского (бразильского), а также жильного типов, являющихся [7] по морфологическому критерию отрицательным фактором алмазоносности.

Результаты сравнительного изучения алмазов междуречья Моркока и Вилюй свидетельствуют о большой перспективности этой территории на поиски высокоалмазоносных кимберлитовых тел фанерозойского возраста, приуроченных к Вилюйско-Мархинской зоне глубинных разломов. Однако прямой поиск коренных источников здесь затруднён из-за сложного геологического строения территории, ограничивающего применение как шлихоминералогического, так и геофизических методов поисков.

Анализ типоморфных особенностей алмазов *Среднемархинского района* указывает на полигенность их россыпных ореолов, коренной источник которых – высокоалмазоносные (по морфологическому критерию алмазоносности) кимберлитовые тела среднепалеозойского возраста. Можно предположить, что в СМАР по аналогии с МБАР существует не менее двух групп или кустов трубок, резко различающихся по типоморфным особенностям алмазов. Среди них также высока вероятность повышенной частоты встречаемости высокоалмазоносных кимберлитовых тел (не менее половины от общего количества трубок). Причём практическое значение будут иметь трубки относительно небольшого размера. Эти данные следует учитывать при выборе методики поисков погребённых кимберлитовых тел с мощностями перекрывающих терригенных отложений мезозойского возраста не более 200 м (предела глубины экономической целесообразности), что значительно сужает район первоочередных геолого-поисковых работ до довольно узкой полосы северо-восточного простирания по северо-западному обрамлению Вилюйской синеклизы (южнее р. Накын, где сравнительно недавно открыто новое Накынское кимберлитовое поле). Результаты исследования типоморфных особенностей алмазов из наиболее изученных кимберлитовых тел говорят о неоднородностях в строении

верхней мантии даже в пределах ЦСАСП, особенно в отношении распределения достаточно редких окрашенных разновидностей кристаллов (II, III, IV) предположительно эклогитового генезиса, связанных с глубинными алмазоносными ксенолитами различного состава [7]. Эти разновидности алмазов редко встречаются в кимберлитах, однако даже их единичные находки в россыпях могут служить основанием для локализации территории поиска новых коренных источников.

В *основу локального районирования* нами положен анализ соотношения отдельных морфологических групп алмазов в разных фациях пород, что позволяет по их типоморфным особенностям выделять ограниченные участки россыпей и рудные столбы кимберлитовых тел или сами тела с резко специфическими характеристиками. На этой основе уверенно прогнозируются новые коренные источники в различных частях исследованной территории. Например, изученные кристаллы алмаза из пермских пролювиально-аллювиальных отложений локального участка Хатырыкский Моркокинского района отличаются от находок минерала в бассейновых образованиях позднего палеозоя и современных аллювиальных осадках Ыгыаттинской площади, к которой территориально тяготеет этот участок. Всё это позволило сделать вывод [14–16] о локальном характере алмазов участка Хатырыкский, не имеющего аналогов в близлежащих районах россыпной и коренной алмазоносности (Малоботубобинский, Среднемархинский, собственно Моркокинский).

По индивидуальным типоморфным особенностям алмазов также выделяются отдельные трубки или их рудные столбы. Так, кимберлитовая трубка Ботубобинская (Накынское поле) характеризуется комплексом типоморфных особенностей, присущим богатым кимберлитовым телам, преобладанием кристаллов октаэдрического, переходного и ромбододекаэдрического габитусов (соотношение 1 : 1 : 1) при отсутствии типичных округлых алмазов. Но в то же время она отличается от других богатых трубок заметным (около

5 %) содержанием кристаллов псевдоромбодекаэдрического габитуса, сложенных тригональными слоями роста (мархинский тип), присутствием в небольшом количестве алмазов IV разновидности с тонкой окрашенной оболочкой, а также поликристаллических агрегатов и превалированием индивидов с синеголубой фотолюминесценцией. В свою очередь, в тр. Дьянга (Куойское поле) резко доминируют додекаэдриды с шагренью, полосами пластической деформации. Однако в отличие от других бедных по содержанию алмазов трубок в ней отмечаются кристаллы со сплошными кавернами и с резко преобладающей эклогитовой ассоциацией (оранжевый гранат + омфацит) твёрдых включений.

В тр. Малокуонапская (Куранахское поле) выделены два рудных столба с заметно различающейся алмазоносностью. В порфирировых кимберлитах северного рудного столба с повышенной алмазоносностью доминируют кристаллы октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитусов во всех классах крупности. Их содержание повышается [9, 11, 12–14] с увеличением крупности камней, а кристаллы с размерами -4+2 и -8+4 мм представлены исключительно октаэдрами при полном отсутствии типичных округлых алмазов уральского типа. Для кимберлитовой брекчии южного рудного столба с пониженной алмазоносностью характерно повышенное содержание округлых алмазов, которое заметно увеличивается с уменьшением крупности кристаллов.

Таким образом, многолетний опыт комплексного изучения алмазов подтверждает следующее.

- Детальные минералогические исследования алмазов комплексом современных методов с геологической привязкой находок в трёх направлениях необходимы и очень актуальны. Во-первых, это фундаментальные комплексные исследования минералогии, кристаллографии и физических свойств алмазов, а также твёрдых включений в них для выяснения условий генезиса. Во-вторых, это использование информации, полученной разными методами при комплексном изучении

алмазов, для решения прикладных вопросов, непосредственно связанных с практикой геологоразведочных работ. К ним относятся установленные связи вещественно-индикационных параметров кимберлитового магматизма различной алмазоносности и геолого-структурного положения кимберлитовых тел, что позволяет выявить как региональные, так и локальные типоморфные особенности, а также выяснить вопрос о коренных источниках алмазов россыпей. В-третьих, это минералогические исследования, развивающиеся на стыке минералогии и технологии минерального сырья, – разработка рекомендаций, направленных на создание наиболее рациональных схем переработки руды и обеспечивающих кристаллосберегающие технологии, уточнение областей применения алмазов с учётом их реальной структуры и физических особенностей, выявление объектов с повышенным качеством алмазного сырья.

- Использование типоморфных особенностей алмазов имеет важное значение для геологоразведочных работ, в частности прогнозирования типов первоисточников, уровня их потенциальной алмазоносности и качества минерального сырья, а также для восстановления экзогенной истории алмазов на пути от коренных источников до мест современного нахождения, палеогеографических реконструкций распространения древних алмазоносных отложений и направлений сноса материала. Минералогическое районирование коренной и россыпной алмазоносности древних платформ мира по типоморфным особенностям алмазов даст возможность локализовать перспективные площади и осуществлять поиск кимберлитов по самим алмазам, являющимся значительно более устойчивыми в экзогенных условиях, чем их минералы-спутники.

- Выполнение комплекса минералогических исследований алмаза и минерагенического районирования территорий по алмазам необходимо как для рационального определения направления геологоразведочных работ, так и для повышения их качества и эффективности, что будет способствовать открытию

новых месторождений алмазов и приросту запасов сырья.

Проведённое разномасштабное районирование СП на основе результатов комплексного исследования типоморфных особенностей алмазов позволяет выделять наиболее перспективные площади и участки для поисков на разных стадиях работ (от региональных до локальных). Так, первоочерёдные объекты для поисков высокоалмазоносных кимберлитовых трубок на СП – перспективные участки в пределах Среднемархинского, Малоботубинского, Далдыно-Алакитского и Моркинского районов (ЦСАСП), Кютюнгдинской (ЛААСП) и Байкитской (ТАСП) областей, в россыпях которых преобладают алмазы октаэдрического габитуса, характерные для богатых первоисточников кимберлитового типа.

Предложенный методологический подход использования типоморфных особенностей алмазов от общего к частному позволяет применять данные комплексного минералогического исследования алмазов для решения задач на разных стадиях геологоразведочных работ, а также для локализации и поисков коренных источников по самим алмазам, значительно более устойчивым в экзогенных условиях по сравнению с их минералами-спутниками. Полученные в результате анализа многочисленного фактического материала по комплексному изучению алмазов СП принципы классификации и районирования территорий успешно могут быть использованы и при решении аналогичных или близких задач по другим алмазоносным платформам мира.

Список литературы

1. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н. Основные литодинамические типы ореолов индикаторных минералов кимберлитов и обстановки их формирования // Геология рудных месторождений. – 1999. – Т. 41, № 3. – С. 281–288.
2. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Полигенез алмазов в связи с проблемой коренных россыпей северо-востока Сибирской платформы // Доклады Академии наук. – 1998. – Т. 361, № 3. – С. 366–369.
3. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Логинова А. М. Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками // Записки Российского минералогического общества. – 2009. – Т. 138, № 2. – С. 1–13.
4. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Тычков С. А. Проблема алмазоносности Сибирской платформы // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2002. – № 1. – С. 19–36.
5. Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Кузнецова Л. Г. Геодинамический контроль размещения кимберлитовых полей центральной и северной частей Якутской кимберлитовой провинции (петрохимический аспект) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2000. – № 3 (9). – С. 37–55.
6. Егоров К. Н., Зинчук Н. Н., Мишенин С. Г., Серов В. П., Секерин А. П., Галенко В. П., Денисенко Е. П., Барышев А. С., Меньшагин Ю. В., Кошкарёв Д. А. Перспективы коренной и россыпной алмазоносности юго-западной части Сибирской платформы // Геологические аспекты минерально-сырьевой базы АК «АЛРОСА»: современное состояние, перспективы, решения. Дополнительные материалы по итогам региональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы геологической отрасли АК «АЛРОСА» и научно-методическое обеспечение их решений», посвящённой 35-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Мирный : МГТ, 2003. – С. 50–84.
7. Зинчук Н. Н. Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформы // Геология и геофизика. – 1992. – № 7. – С. 99–109.
8. Зинчук Н. Н., Борис Е. И., Яныгин Ю. Т. Особенности минерагении алмаза в древних осадочных толщах (на примере верхнепалеозойских отложений Сибирской платформы). – М. : МГТ, 2004. – 172 с.
9. Зинчук Н. Н., Зуев В. М., Коптиль В. И., Чёрный С. Д. Стратегия ведения и результаты алмазопроисловых работ // Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53–57.

10. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Об особенностях алмазов из кимберлитов и древних осадочных толщ (на примере Центрально-Сибирской алмазоносной субпровинции) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2018. – № 4. – С. 28–38.
11. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И., Липашова А. Н. Типоморфизм алмазов из россыпей Сибирской платформы как основа поисков алмазных месторождений // Руды и металлы. – 1999. – № 3. – С. 18–31.
12. Зинчук Н. Н., Мельник Ю. М., Серенко В. П. Апокимберлитовые породы // Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 66–72.
13. Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Крайнов А. В. Кимберлиты в истории Земли. Труды НИИ геологии ВГУ. Учебное пособие. – Воронеж : ВГУ, 2013. – Вып. 68. – 100 с.
14. Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Шевырев Л. Т. Историческая минерагения в 3 т.
Т. 1. Введение в историческую минерагению. – Воронеж : ВГУ, 2005. – 590 с.
Т. 2. Историческая минерагения древних платформ. – Воронеж : ВГУ, 2007. – 570 с.
Т. 3. Историческая минерагения подвижных суперпоясов. – Воронеж : ВГУ, 2008. – 622 с.
15. Зинчук Н. Н., Спеццус З. В., Зуенко В. В., Зуев В. М. Кимберлитовая трубка Удачная. Вещественный состав и условия формирования. – Новосибирск : НГУ, 1993. – 147 с.
16. Квасница В. Н., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм микрокристаллов алмаза. – М. : Недра, 1999. – 224 с.
17. Котельников Д. Д., Домбровская Ж. В., Зинчук Н. Н. Основные закономерности выветривания силикатных пород различного химического и минералогического типа // Литология и полезные ископаемые. – 1995. – № 6. – С. 594–601.
18. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Типоморфные особенности и палеогеографическое значение слюдяных минералов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1996. – № 1. – С. 53–61.
19. Мацюк С. С., Зинчук Н. Н. Оптическая спектроскопия минералов верхней мантии. – М. : Недра, 2001. – 428 с.
20. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. – 2-е изд. – М. : Наука, 1984. – 264 с.
21. Харьков А. Д., Зуенко В. В., Зинчук Н. Н., Крючков А. И., Уханов А. В., Богатых М. М. Петрохимия кимберлитов. – М. : Недра, 1991. – 304 с.
22. Хитров В. Г., Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д. Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава // Доклады Академии наук СССР. – 1987. – Т. 296, № 5. – С. 1228–1233.
23. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Volkova N. I., Zinchuk N. N., Krasavchikov V. O. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry // Journal of Geochemical Exploration. – 2002. – V. 76, № 2. – P. 93–112.
24. Grachanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform // Doklady Earth Sciences. – 2015. – V. 465, № 2. – P. 1297–1301.
25. Serov I. V., Garanin V. K., Zinchuk N. N., Rotman A. Ya. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform // Petrology. – 2001. – V. 9, № 6. – P. 576–588.
- of diamonds in connection with the problem of primary placers of the Northeast Siberian platform], *Doklady Akademii nauk [Reports of the Academy of Sciences]*, 1998, V. 361, No 3, pp. 366–369. (In Russ.).
3. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Loginova A. M. Osobennosti raspredeleniya rossypnykhalmazov, svyazannykh s dokembriiskimi istochnikami [Features of the distribution of placer diamonds associated with Precambrian sources], *Zapiski Rossiiskogo mineralogicheskogo obshchestva [Notes of the Russian Mineralogical Society]*, 2009, V. 138, No 2, pp. 1–13. (In Russ.).
4. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Tychkov S. A. Problemaalmazonosnosti Sibirskoi platformy [The problem of diamond bearing of the Siberian platform], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology]*, 2002, No 1, pp. 19–36. (In Russ.).
5. Vasilenko V. B., Zinchuk N. N., Kuznetsova L. G. Geodinamicheskii kontrol' razmeshcheniya kimberlitovykh polei tsentral'noi i severnoi chastei Yakutskoi kimberlitovoi provintsii (petrokhimicheskii aspekt) [Geodynamic control of the placement of kimberlite fields in the central and northern parts of the Yakut kimberlite province (petrochemical aspect)], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology]*, 2000, No 3 (9), pp. 37–55. (In Russ.).
6. Egorov K. N., Zinchuk N. N., Mishenin S. G., Serov V. P., Sekerin A. P., Galenko V. P., Denisenko E. P., Baryshev A. S., Men'shagin Yu. V., Koshkarev D. A. Perspektivy korennoi i rossypnoialmazonosnosti yugo-zapadnoi chasti Sibirskoi platformy [Prospects of indigenous and placer diamond bearing in the Southwestern part of the Siberian platform], *Geologicheskie aspekty mineral'no-syr'evoi bazy AK "ALROSA": sovremennoe sostoyanie, perspektivy, resheniya. Dopolnitel'nye materialy po itogam regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Aktual'nye problemy geologicheskoi otrasli AK "ALROSA" i nauchno-metodicheskoe obespechenie ikh reshenii" posvyashchenoi 35-letiyu YaNIGP TsNIGRI AK "ALROSA" [Geological aspects of mineral ALROSA's raw material base: current state, prospects, solutions. Additional materials on the results of the regional scientific and practical conference "Actual problems of the geological branch of ALROSA and scientific and methodological support of their solutions", dedicated to the 35th anniversary of the YANIGP TSNIGRI of ALROSA]*, Mirnyi, MGT Publ., 2003, pp. 50–84.
7. Zinchuk N. N. Sravnitel'naya kharakteristika veshchestvennogo sostava kory vyvetrivaniya kimberlitovykh porod Sibirskoi i Vostochno-Evropeiskoi platformy [Comparative characteristics of the material composition of the weathering crust of kimberlite rocks of the Siberian and East European platforms], *Geologiya i geofizika [Russian Geology and Geophysics]*, 1992, No 7, pp. 99–109. (In Russ.).
8. Zinchuk N. N., Boris E. I., Yanygin Yu. T. Osobennosti mineragenii almaza v drevnikh osadochnykh tolshchakh (na primere verkhnepaleozoiskikh otlozhenii Sibirskoi platformy) [Features of diamond minerageny in ancient sedimentary strata (on the example of Upper Paleozoic deposits of the Siberian platform)], Moscow, MGT Publ., 2004, 172 p.
9. Zinchuk N. N., Zuev V. M., Koptil' V. I., Chernyi S. D. Strategiya vedeniya i rezul'tatyalmazoposkovykh rabot [Strategy of conducting and results of diamond prospecting operations], *Gornyi vestnik [Mountain Messenger]*, 1997, No 3, pp. 53–57. (In Russ.).
10. Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Ob osobennostyakhalmazov iz kimberlitov i drevnikh osadochnykh tolshch (na primere Tsentral'no-Sibirskoialmazonosnoi subprovintsii) [About the features of diamonds from kimberlites and ancient sedimentary strata (on the example of the Central Siberian diamond-bearing subprovincia)], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology]*, 2018, No 4, pp. 28–38. (In Russ.).
11. Zinchuk N. N., Koptil' V. I., Boris E. I., Lipashova A. N. Tipomorfizmalmazov iz rossypei Sibirskoi platformy kak osnova poiskovalmaznykh mestorozhdenii [Typomorphism of diamonds from placers of the Siberian platform as a basis for searching for diamond deposits], *Rudy i metally [Ores and Metals]*, 1999, No 3, pp. 18–31. (In Russ.).
12. Zinchuk N. N., Mel'nik Yu. M., Serenko V. P. Apokimberlitovye porody [Apokimberlite rocks], *Geologiya i geofizika [Russian Geology and Geophysics]*, 1987, No 10, pp. 66–72. (In Russ.).
13. Zinchuk N. N., Savko A. D., Krainov A. V. Kimberlity v istorii Zemli. Trudy NII geologii VGU [Kimberlites in the history of the Earth. Proceedings of the VSU Geology Research Institute], Voronezh, VGU Publ., 2013, V. 68, 100 p.
14. Zinchuk N. N., Savko A. D., Shevyrev L. T. Istoricheskaya mineraeniya v 3 t. [Historical minerogeny in 3 vols].
Т. 1. Vvedenie v istoricheskuyu mineraeniya [V. 1. Introduction to historical minerogeny], Voronezh, VGU Publ., 2005, 590 p.
Т. 2. Istoricheskaya mineraeniya drevnikh platform [V. 2. Historical mineralogy of ancient platforms], Voronezh, VGU Publ., 2007, 570 p.

References

1. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N. Osnovnye litodinamicheskie tipy oreolov indikatornykh mineralov kimberlitov i obstanovki ikh formirovaniya [The main lithodynamic types of halos of indicator minerals of kimberlites and the conditions of their formation], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii [Geology of Ore Deposits]*, 1999, V. 41, No 3, pp. 281–288. (In Russ.).
2. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Poligenezalmazov v svyazi s problemoi korennykh rossypei severo-vostoka Sibirskoi platformy [Polygenesis



- T. 3. Istoricheskaya minerageniya podvizhnykh superpoyasov [V. 3. Historical mineralogy of mobile super-belts], Voronezh, VGU Publ., 2008, 622 p.
15. Zinchuk N. N., Spetsius Z. V., Zuenko V. V., Zuev V. M. Kimberlitovaya trubka Udachnaya. Veshchestvennyi sostav i usloviya formirovaniya [Udachnaya kimberlite pipe. Material composition and conditions of formation], Novosibirsk, NGU Publ., 1993, 147 p.
16. Kvasnitsa V. N., Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Tipomorfizm mikrokristallov almaza [Typomorphism of diamond microcrystals], Moscow, Nedra Publ., 1999, 224 p.
17. Kotelnikov D. D., Dombrovskaya Zh. V., Zinchuk N. N. Osnovnye zakonomernosti vyvetrivaniya silikatnykh porod razlichnogo khimicheskogo i mineralogicheskogo tipa [Basic rules of weathering of silicate rocks of various chemical and mineralogical types], *Litologiya i poleznye iskopaemye [Lithology and Mineral Resources]*, 1995, No 6, pp. 594–601. (In Russ.).
18. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Tipomorfnye osobennosti i paleogeograficheskoe znachenie slyudistykh mineralov [Typomorphic features and paleogeographic significance of micaceous minerals], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration]*, 1996, No 1, pp. 53–61. (In Russ.).
19. Matsyuk S. S., Zinchuk N. N. Opticheskaya spektroskopiya mineralov verkhnei mantii [Optical spectroscopy of upper mantle minerals], Moscow, Nedra Publ., 2001, 428 p.
20. Orlov Yu. L. Mineralogiya almaza [Mineralogy of diamond], Moscow, Nauka Publ., 1984, 264 p.
21. Khar'kiv A. D., Zuenko V. V., Zinchuk N. N., Kryuchkov A. I., Ukhanov A. V., Bogatykh M. M. Petrokhimiya kimberlitov [Petrochemistry of kimberlites], Moscow, Nedra Publ., 1991, 304 p.
22. Khitrov V. G., Zinchuk N. N., Kotelnikov D. D. Primenenie klaster-analiza dlya vyyasneniya zakonomernostei vyvetrivaniya porod razlichnogo sostava [Application of cluster analysis to clarify the patterns of weathering of rocks of different composition], *Doklady Akademii nauk SSSR [Reports of the USSR Academy of Sciences]*, 1987, V. 296, No 5, pp. 1228–1233. (In Russ.).
23. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Volkova N. I., Zinchuk N. N., Krasavchikov V. O. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry, *Journal of Geochemical Exploration*, 2002, V. 76, No 2, pp. 93–112.
24. Grachanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform, *Doklady Earth Sciences*, 2015, V. 465, No 2, pp. 1297–1301.
25. Serov I. V., Garanin V. K., Zinchuk N. N., Rotman A. Ya. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform, *Petrology*, 2001, V. 9, No 6, pp. 576–588.

Авторы

Бардухинов Леонид Данилович

кандидат геолого-минералогических наук
заведующий лабораторией
комплексного изучения алмазов ЦАЛ ВГРЭ
BardukhinovLD@alrosa.ru

Зинчук Николай Николаевич

доктор геолого-минералогических наук
профессор, академик АН РС (Я)
председатель ЗЯНЦ
nnzinchuk@rambler.ru

Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) АН РС (Я),
г. Мирный, Россия

Authors

Leonid D. Barduchinov

PhD
Head of the Laboratory for the Comprehensive Study
of Diamonds, Central Laboratory of the VGRE
BardukhinovLD@alrosa.ru

Nikolai N. Zinchuk

PhD
Professor, Academician of the Academy of Sciences
of the Republic of Sakha (Yakutia)
Chairman
nnzinchuk@rambler.ru

West Yakutsk Scientific Center of the Academy of Sciences
of the Republic of Sakha (Yakutia), Mirny, Russia

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 553.085

Тирехтяхский, арга-ыннах-хайский и кестёрский интрузивные комплексы по материалам ГДП-200 на территории листов Q-53-IX, X

Tirekhtyakh, Arga-Ynnakh-Khai and Kester intrusive complexes based on the materials of GDP-200 on the territory of sheets Q-53-IX, X

Вдовина Л. Г.

Vdovina L. G.

Охарактеризованы структурное положение, петрографический состав, петро- и геохимические особенности амфибол-биотитовых, биотитовых и амблигонит-лепидолитовых гранитоидов изучаемой территории. С учётом этих характеристик предложена принадлежность интрузивных образований тирехтяхского и ендегечуйского тектоно-магматических рядов к тирехтяхскому, а яно-борулахского к арга-ыннах-хайскому и кестёрскому комплексам. Определены отличительные особенности тирехтяхского комплекса: диорит-гранодиорит-гранитовый тренд дифференциации и амфибол-биотитовая ассоциация темноцветных минералов. Биотитовые и двуслюдяные граниты яно-борулахского ряда отнесены к арга-ыннах-хайскому комплексу по отсутствию диоритовых составляющих в тренде дифференциации и амфиболов в наборе темноцветных минералов. Малые тела и дайки амблигонит-лепидолитовых гранитов и лейкогранитов с обратными трендами дифференциации, наличием литиевых слюд, присутствием топаза и минерала ряда амблигонит – монтебразит, а также высокими содержаниями лития, фосфора и фтора объединены в кестёрский комплекс. Рекомендованы исследования с уточнением возраста магматических комплексов современными методами и обоснования выделения тирехтяхского комплекса с Тирехтяхским массивом в качестве петротипа.

Ключевые слова: тирехтяхский, арга-ыннах-хайский, кестёрский комплексы, граниты, гранодиориты, поперечные тектоно-магматические ряды, лепидолит.

The structural position, petrographic composition, petro- and geochemical features of amphibole-biotite, biotite and amblygonite-lepidolite granitoid of the study area are characterized. Taking into account these characteristics, it is proposed that the intrusive formations of the Tirekhtyakh and Endegechuy tectonic-magmatic series belong to the Tirekhtyakh whereas intrusive formations of Yano-Borulakh belong to the Arga-Ynnakh-Khai and Kester complexes. The distinctive features of the Tirekhtyakh complex are the diorite-granodiorite-granite trend of differentiation and the amphibole-biotite association of mafic minerals. Biotite and two-mica granite of the Yano-Borulakh series are assigned to the Arga-Ynnakh-Khai complex by the absence of diorite components in the differentiation trend and amphibole among mafic minerals. Small bodies and dikes of amblygonite-lepidolite granite and leucogranite with reverse trends of differentiation, the presence of lithium micas, the presence of topaz and the minerals of the amblygonite-montebrazite series, as well as high contents of lithium, phosphorus and fluorine, are combined into the Kester complex. Studies are recommended to clarify the age of igneous complexes using modern methods and justify the identification of the Tirekhtyakh complex with the Tirekhtyakh massif as a petrotype.

Keywords: Tirekhtyakh complex, Arga-Ynnakh-Khai complex, Kester complex, granites, granodiorites, transverse tectonic-magmatic series, lepidolite.

Для цитирования: Вдовина Л. Г. Тирехтяхский, арга-ыннах-хайский и кестёрский интрузивные комплексы по материалам ГДП-200 на территории листов Q-53-IX, X. Руды и металлы. 2022. № 2. С. 88–98. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10012.

For citation: Vdovina L. G. Tirekhtyakh, Arga-Ynnakh-Khai and Kester intrusive complexes based on the materials of GDP-200 on the territory of sheets Q-53-IX, X. Ores and metals, 2022, № 2, pp. 88–98. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10012.

Интрузивные образования рассматриваемой территории детально анализировались и успешно использовались в качестве поисковых критериев на протяжении длительного периода геологических исследований. Сведения по интрузивным и гидротермальным образованиям опубликованы в ряде монографий, многочисленных статьях, что позволяет считать данный район наиболее изученной по магматизму территорией Якутии. Тем не менее на начало работ по ГДП-200/2 и подготовке к изданию комплекта карт ГК-200/2 только принадлежность дайковых образований основного состава к позднеюрскому дербекинскому и позднемеловому хунхадинскому комплексам ВСЛ-200/2 не вызывала сомнений.

Раннемеловые интрузивные гранитоиды, локализованные в пределах поперечных (по отношению к простиранию складчатости) тектоно-магматических рядов – яно-борулахского (эгахайского, арга-ыннах-хайского), ендегечуйского и тирехтяхского (рис. 1), в легенде Верхоянской серии листов масштаба 1 : 200 000 (А. П. Кропачев, 1999 г.; А. П. Кропачев, 2006 г.) отнесены либо к колмскому (восточный выход Арга-Ыннах-Хайского массива, Тирехтяхский массив), либо к бакы-дербекинскому (западный выход Арга-Ыннах-Хайского массива) комплексам. Малые тела и дайки умереннощелочных гранитов и лейкогранит-порфиров выделены в ранге самостоятельных кестёрского и киргиллехского комплексов.

На подготовленной к изданию ГК-1000/3 [1] все гранитоидные образования массивов в поперечных рядах отнесены к бакы-дербекинскому комплексу без учёта ассоциации темноцветных минералов в породах и их металлогенической специализации. Статус киргиллехского комплекса сохранён, а кестёрский комплекс упразднён и исключён из Верхояно-Колымской серийной легенды Госгеолкарты-1000/3 РФ. В то же время на ГК-1000/3 был чётко обозначен принцип разделения гранитоидных образований по их приуроченности к разноплановым тектоно-магматическим структурам для нашей территории: колымский комплекс – к продольным, бакы-дербекинский – к поперечным.

На этой стадии изученности (Г. Г. Казакова, 2019 г.) породы Ендегечуйского и Тирехтяхского массивов отнесены к бакы-дербекинскому комплексу. Но их принадлежность к иным, хотя и однотипным, тектоно-магматическим структурам и значительное (70–120 км) удаление от петротипа комплекса не соответствуют положениям Петрографического кодекса и требуют дальнейшего, более тщательного изучения для обособления в самостоятельные комплексы, например в тирехтяхский с Тирехтяхским массивом в качестве петротипа. Минерагеническая специализация комплекса такова: амфибол-биотитовые гранодиориты и биотитовые граниты рудогенерируют комплексное оруденение (золото, серебро, олово, медь, кобальт, висмут).

В тирехтяхский комплекс нами объединены Тирехтяхский и Ендегечуйский массивы, приуроченные к одноимённому тектоно-магматическим структурам, и сопровождающие их штокообразные тела (сателлиты) и дайки. Отличительные особенности комплекса – диорит-гранодиорит-гранитовый тренд дифференциации, повышенная основность плагиоклазов, амфибол-биотитовая ассоциация темноцветных минералов. Гранодиориты и граниты главной фации по количеству плагиоклаза (соответственно до 50 и 45 %) близки к тоналитам и плагиогранитам, от которых отличаются повышенными содержаниями калиевых полевых шпатов (соответственно до 25 и 27 %). Строение комплекса трёхфазное: к первой фазе отнесены дайки диорит-порфиров и кварцевых диорит-порфиров; ко второй – массивы и штокообразные тела гранодиоритов и гранитов, а также дайки гранодиорит-порфиров и гранит-порфиров; к третьей – дайки пегматоидных и аплитовидных гранитов.

Наиболее крупный массив комплекса (петротип) Тирехтяхский – дискордантное интрузивное тело вытянутой формы длиной более 70 км при ширине 19–20 км. Площадь выхода интрузива на дневную поверхность примерно 950 км². Контакты массива волнистые, извилистые, часто осложнены апофизами и тектоническими нарушениями. В гравитационном поле он чётко выделяется отрицательной

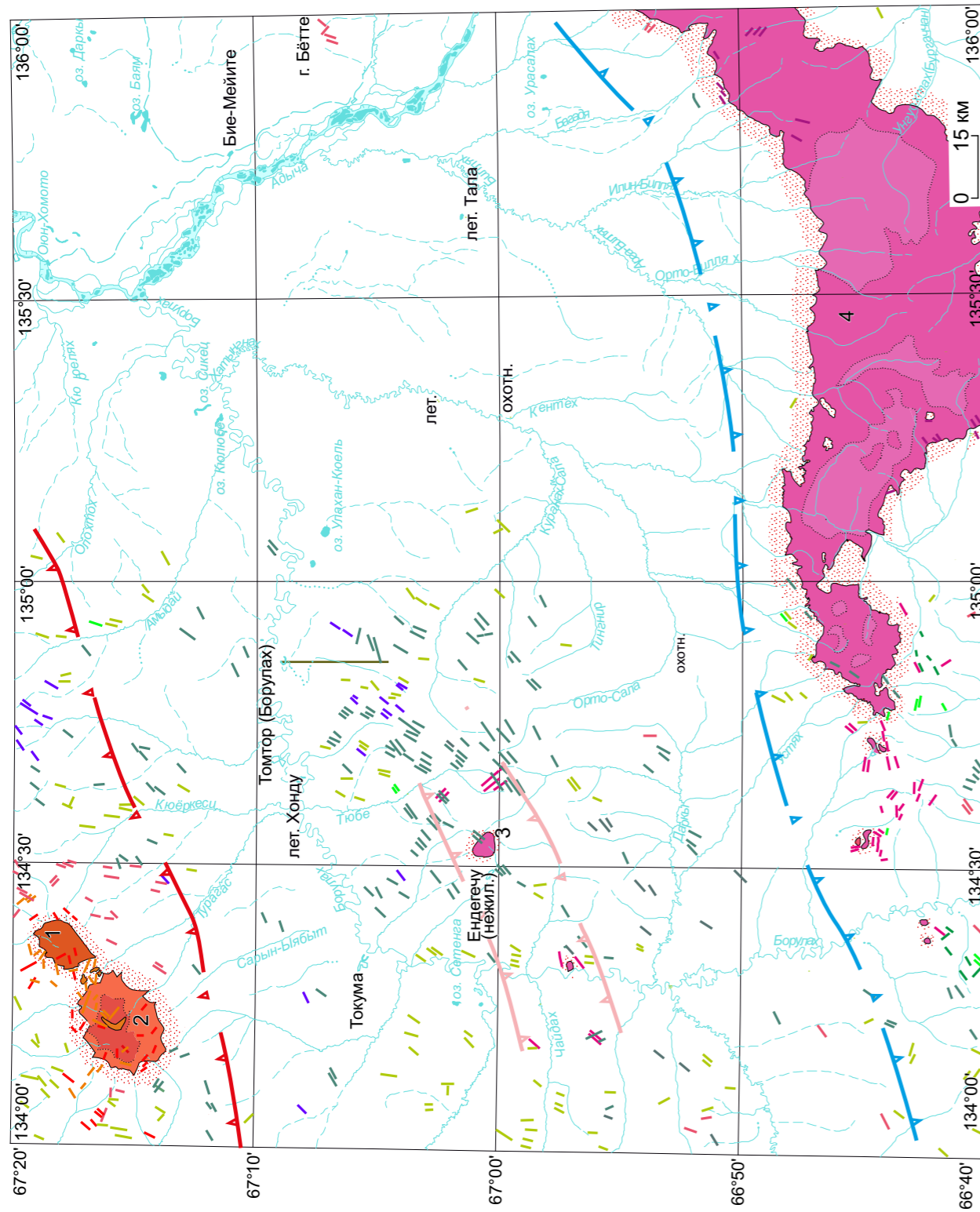


Рис. 1. Схема размещения интрузивных образований листа Q-53-IX, X:

1, 2 – позднемеловые интрузивные образования, хунхадинский комплекс лампрофир-монцодиоритовый (K₂h); 1 – дайки долеритов (β), диорит-порфиритов (δπ), кварцевых диорит-порфиритов (qδπ), 2 – лампрофир (χ); 3–12 – раннемеловые интрузивные образования: 3, 4 – киргиллехский комплекс гранит-риолитовый (K₁kg); 3 – малые тела гранит-порфиров (γπ), 4 – дайки гранит-порфиров (γπ), лейкогранит-порфиров (γπ), 5, 6 – кестёрский комплекс редкометалльных гранитов (K₁kt); 5 – малые тела умереннощелочных амблигонит-лепидолитовых гранитов (εγ), 6 – дайки умереннощелочных амблигонит-лепидолитовых гранитов (εγ), гранит-порфиров (γπ), лейкогранит-порфиров (γπ); 7–11 – арга-ыннах-хайский гранитовый комплекс: 7 – вторая фаза (K₁ag₂), дайки аплитовидных гранитов и аплитов (α), 8–11 – первая фаза (K₁ag₁); 8 – массивы биотитовых гранодиоритов (γδ), 9 – биотитовых гранитов (γ), 10 – биотит-мусковитовых гранитов (γ₂), 11 – дайки гранит-порфиров (γπ); 12–16 – багы-дербекинский комплекс диорит-гранодиорит-гранитовый: 12 – третья фаза, дайки пегматоидных и аплитовидных гранитов (γπ); 13–15 – вторая фаза (K₁bd₂), массивы биотит-роговообманковых: 13 – гранодиоритов (γδ), 14 – гранитов (γ), 15 – дайки гранодиорит-порфиров (γδπ); 16 – первая фаза, дайки диорит-порфиритов (δπ) и кварцевых диорит-порфиритов (qδπ); 17 – дербекинский комплекс диорит-долеритовый (J₃dr), дайки габбродиорит-порфиритов (γδπ), диорит-порфиритов (δπ), кварцевых диорит-порфиритов (qδπ); 18–20 – тектоно-магматические ряды: 18 – Яно-Борулахский, 19 – Ендегечуйский, 20 – Тирехтяхский; цифрами обозначены малые тела и массивы: Арга-Ыннах-Хайский (1 – восточный, 2 – западный выходы, 3 – Ендегечуйский, 4 – Тирехтяхский

Fig. 1. Scheme of intrusive formations placement on sheet Q-53-IX, X:

1, 2 – Late Cretaceous intrusive formations, Khunkhadin lamprophyre-monzodiorite complex (K₂h); 1 – dikes of dolerite (β), diorite-porphyr (δπ), quartz diorite-porphyr (qδπ), 2 – lamprophyre (χ); 3–12 – Early Cretaceous intrusive formations: 3, 4 – granite-rhyolitic Kirgillekhi complex (K₁kg); 3 – small granite porphyry bodies (γπ), 4 – granite porphyry dikes (γπ), 5, 6 – Kester complex of moderately alkaline amphygonite-lepidolite granite (εγ), 6 – dikes of moderately alkaline amphygonite-lepidolite granite (εγ), granite-porphyr (γπ), leucogranite-porphyr (γπ); 7–11 – Arga-Ynnakh-Khai granite complex: 7 – second phase (K₁ag₂), dikes of apite-like granite and apite (α), 8–11 – first phase (K₁ag₁); 8 – massifs of biotite granodiorite (γδ), 9 – biotite granite (γ), 10 – biotite-muscovite granite (γ₂), 11 – granite-porphyr dikes (γπ); 12–16 – Baki-Derbekino diorite-granodiorite-granite complex: 12 – third phase, dikes of pegmatoid and apite-like granite (γπ); 13–15 – second phase (K₁bd₂), biotite-hornblende massifs: 13 – granodiorite (γδ), 14 – granite (γ), 15 – granodiorite-porphyr dikes (γδπ), 16 – first phase, dikes of gabbrodiortite-porphyr (δπ) and quartz diorite-porphyr (qδπ); 17 – Derbekino diorite-dolerite complex (J₃dr), dikes of gabbrodiortite-porphyr (δπ), diorite-porphyr (δπ), quartz diorite-porphyr (qδπ); 18–20 – tectonic-magmatic series: 18 – Yano-Borulakh, 19 – Edegechuy, 20 – Tirekhtyakh; numbers indicate small bodies and massifs: Arga-Ynnakh-Khai; 1 – eastern outcrop, 2 – western outcrop, 3 – Edegechuy, 4 – Tirekhtyakh

областью с локальными аномалиями овалной или угловатой форм интенсивностью от -4 до -2,5 мГал (в среднем 4,1 мГал) площадью 13–171 км². Контактково-метаморфизованные зоны трассируются по кольцевому расположению положительных аномалий магнитного поля интенсивностью 4–182 нТл площадью 0,1–18 км².

На аэро- и космических фотоснимках гранитоидные образования массивов и малых тел однозначно распознаются по серому шероховатому фототону. Границы с роговиками, которые характеризуются тёмно-серым гладким фототонном, отчётливо дешифрируются. Интрузивные секущие контакты Тирехтяхского массива наклонены в сторону вмещающих пород. Северный и южный контакты падают довольно круто (35–75°), западный – полого погружается по азимуту 320° под углом 20°.

В зоне эндоконтакта в западной части массива в полосе шириной около 500 м доминируют мелкозернистые гранодиориты. Кроме того, здесь отмечены округлые или угловатые изометрические ксенолиты терригенного состава размером 10–15 см, реже 30–40 см. Ксенолиты меньшего размера отличаются расплывчатыми очертаниями и большей степенью изменений с переходом в гибридные образования (С. М. Момот и др., 1981 г.).

В строении основного выхода Тирехтяхского массива участвуют гранодиориты и граниты. Граниты обнажаются в центральной и восточной частях массива, в слабоэродированных участках постепенно сменяются гранодиоритами. Все переходы между разновидностями пород постепенные (С. М. Момот и др., 1981 г.; Г. М. Шапиро, 1977 г.; Г. М. Шапиро, 1984 г.).

Штокообразные тела представлены гранодиоритами. Контакты интрузий чёткие рвущие, наклонены в сторону вмещающих пород под углом 45–50°. На участках пологого залегания гранитоидов в осадочную толщу проникают короткие апофизы длиной до 100–300 м, переходящие в дайки и малые тела сателлитовой фации. Эти тела имеют мощность до 10–50, реже 150–450 м (водораздел истоков ручьёв Оччугуй-Тирехтях и Былахы) и длину до 1–1,5 км. Сложены они гранит-порфирами,

гранодиорит-порфирами и кварцевыми диорит-порфирами; сходные образования отмечены и в эндоконтактах интрузий (С. М. Момот и др., 1981 г.).

Особенность внутренней тектоники интрузивных тел проявлена в наличии матрацевидной отдельности, которая в совокупности с вертикальными трещинами разбивает гранитоиды на блоки размером до (1–1,5) × 2 × 3 м. Глубина эрозионного расчленения гранитоидных образований достигает 100–800 м.

На TAS-диаграмме, построенной по данным предыдущих исследований (рис. 2) и сравнительной характеристике комплексов (таблица), видно, что по набору пород и их соотношению массив мало похож на петротип колымского комплекса (Чибагалахский массив) и более отвечает баки-дербекинскому (Безымянный массив).

В Арга-Ыннах-Хайском массиве породы яно-борулахского тектоно-магматического ряда отличаются отсутствием диоритовых составляющих в тренде дифференциации и амфиболов в наборе темноцветных минералов, что позволяет выделить свой собственный комплекс, представленный биотитовыми и двуслюдяными гранитами с более кислыми (андезин – олигоклаз) плагиоклазами и в целом незначительно повышенной щёлочностью и глинозёмистостью (см. рис. 2, см. табл.). На основании этих отличий гранитоиды массива, вслед за О. Д. Ставровым и Л. Г. Фельдманом (1963 г.), отнесены нами к самостоятельному арга-ыннах-хайскому комплексу. Он выделен в 1963 г. для биотитовых гранитоидов Арга-Ыннах-Хайского массива при изучении танталонности интрузивных образований яно-борулахского тектоно-магматического поперечного ряда (О. Д. Ставров, Л. Г. Фельдман, 1963 г.).

Наиболее проблемный, интересный и уникальный комплекс рассматриваемой территории – кестёрский. Его выделили в 1963 г. О. Д. Ставров и Л. Г. Фельдман (ВИМС) при изучении танталонности интрузивных образований яно-борулахского тектоно-магматического поперечного ряда. Он объединил малые тела и дайки амблигонит-лепидолитовых

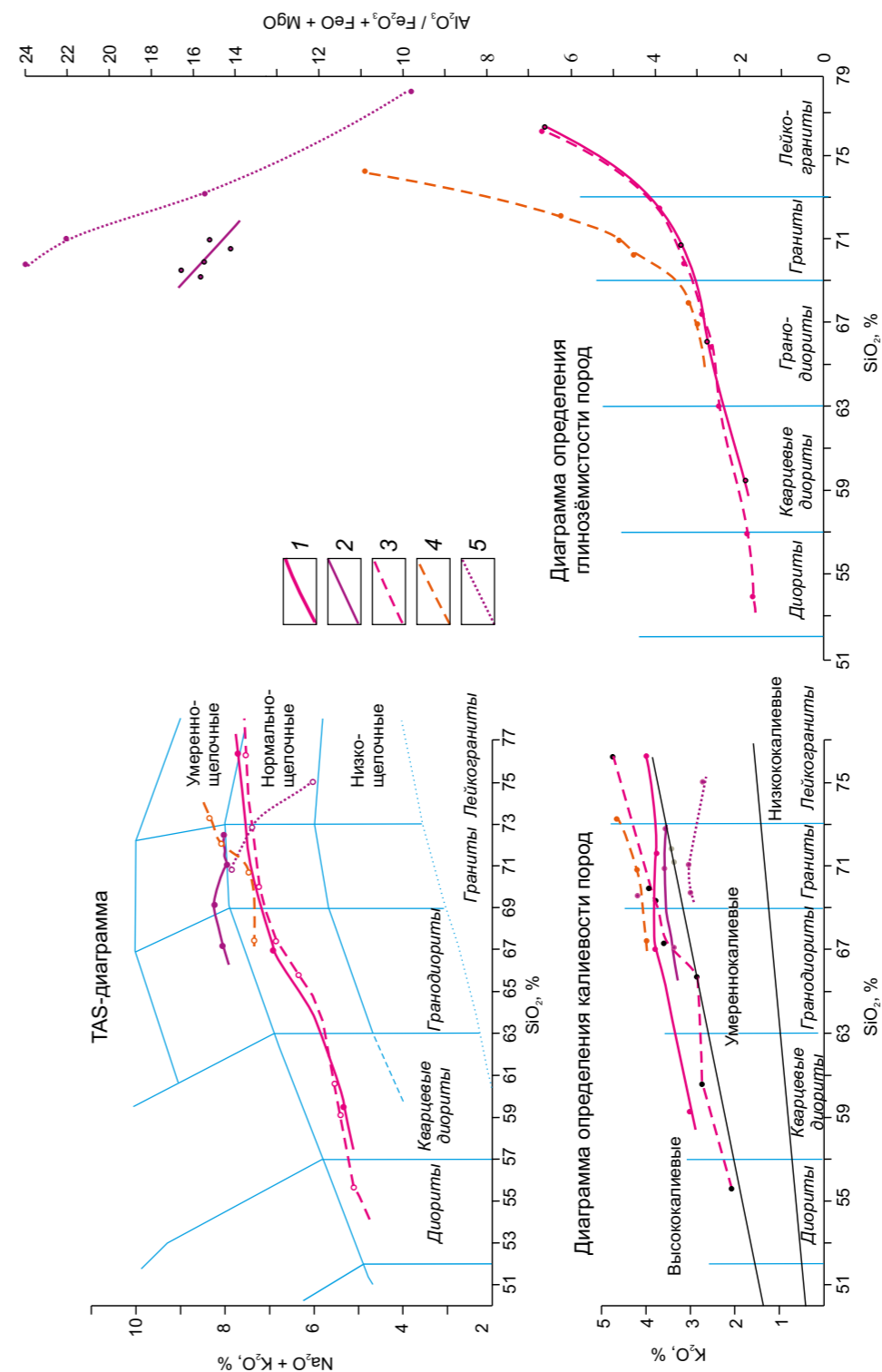


Рис. 2. Тренды дифференциации интрузивных образований, по Г. М. Шапиро, 1984 г.; В. В. Бояршинову, Ю. В. Архипову, 1998 г.; С. М. Момоту и др., 1981 г.; А. В. Артёмовой:

интрузивные комплексы, предлагаемые легендой (петротипы): 1 – баки-дербекинский, 2 – кестёрский (гарполит); интрузивные комплексы, принятые к картированию: 3 – баки-дербекинский, 4 – арга-ыннах-хайский, 5 – кестёрский (дайки)

Fig. 2. Trends of differentiation of intrusive formations, according to G. M. Shapiro, 1984; V. V. Boyarshinov and Yu. V. Arkhipov, 1998, S. M. Momot et al., 1981, A. V. Artyomova:
intrusive complexes suggested by the legend (petrotypes): 1 – Baki-Derbekinsky, 2 – Kesterskiy (Harpoit); intrusive complexes accepted for mapping: 3 – Baki-Derbekinsky, 4 – Arga-Ynnakh-Khayskiy, 5 – Kesterskiy (dykes)

Сравнительная характеристика интрузивных комплексов

Comparative characteristics of intrusive complexes

| Характеристики | Баки-дербекский диорит-гранодиорит-гранитовый | | Арга-ыннах- хайский гранитовый | Кестёрский редкометалльных гранитов | | | |
|---|--|-------------------------------|--------------------------------------|---|---------|--------------|---------------|
| | Безымянный массив (петротип) | Тирехтяхский массив | | | | | |
| Тренд | Диорит – гранит | Диорит – гранит | Гранодиорит – гранит | Гранит – лейкогранит | | | |
| Плагиоклазы | Андезин | Андезин – лабродор | Андезин – олигоклаз | Олигоклаз – альбит | | | |
| Темноцветные мине- ралы | Пироксен, амфиболы, биотит | Амфиболы, биотит | Биотит, мусковит | Литиевые слюды | | | |
| Щёлочность | Нормальнощелочные | | | Умеренно- щелочные | | | |
| Тип щёлочности | Натриевый 6 из 15 | Калиево-натриевый 55 из 62 | Калиево- натриевый 28 из 29 | Натриевый 44 из 53 | | | |
| Калиевоность | Высококалиевые | | | Высококалиевый гарполит, умерен- нокалиевые дайки | | | |
| $\frac{Al_2O_3}{(FeO + Fe_2O_3 + MgO)}$, вес. % | 1,32–6,45 | | 3,35–5,13 | 8–28,8 | | | |
| $\frac{Al}{(Ca + Na + K)}$, мол. % | 1,03–1,14 | | 1,15–1,29 | 1,47–1,63 | | | |
| Возраст | метод | U / Pb | Ar / Ar | U / Pb | Ar / Ar | U / Pb | Rb / Sr |
| | млн лет | 131 | 128; 131 | 136,1 | 132,3 | 130,1; 130,5 | 118; 116; 127 |

гранитов и лейкогранитов. В этом же году А. В. Дорофеев, исследуя Кестёрское оловорудное месторождение, делает вывод о метасоматическом происхождении пород, вмещающих рудное тело, и определяет их как алограниты (А. В. Дорофеев, А. А. Мартыненко, 1963 г.). При составлении ГК-1000/3 Р. И. Протопопов принял точку зрения А. В. Дорофеева [1, 7] и предложил упразднить комплекс, исключив его из Верхояно-Колымской серийной легенды Госгеолкарты-1000/3.

По мнению разных исследователей, на магматическое происхождение гранитоидов комплекса указывают интрузивный характер контактов тел, магматическая структура гранитов, форма залегания тел, наличие даек и характер взаимоотношений с магматическими породами других комплексов. Амблигонит-

лепидолитовыми гранитами кестёрского комплекса прорваны гранитоиды первой (Кестёрское месторождение, правый водораздел руч. Илин-Сала) и второй (истоки руч. Чиблага-лах) фаз арга-ыннах-хайского комплекса, роговики и ороговикованные породы обоих выходов одноимённого массива.

Контакты с вмещающими породами у всех тел резкие и однозначно интрузивные. Вдоль контактов иногда распространены краевые пегматиты (штокшайдеры), интрузивные брекчии, состоящие из обломков гранодиоритов, ороговикованных терригенных пород и турмалиновых брекчий, сцементированных цементом из амблигонит-лепидолитовых гранитов [5, 10] (В. В. Бояршинов, Л. Г. Вдовина, С. И. Чернов и др.; О. Д. Ставров, Л. Г. Фельдман, 1963 г.).

Малые тела – изометрические, в плане серповидные (гарполит) или неправильной формы лакколитоподобные образования площадью около 1 км² и дайки (по данным предыдущих исследователей, их более 100 (В. В. Бояршинов, Л. Г. Вдовина, С. И. Чернов и др., 1980 г.; А. П. Кропачев, 1999 г.; А. П. Кропачев, 2006 г.)) образуют чётко выраженную кольцевую серию диаметром около 18 км вокруг восточного выхода крупнозернистых гранитов Арга-Ыннах-Хайского массива. Параметры дайковых тел незначительны: мощность обычно не превышает 10–15 м, длина 200–300 м.

Отличительные особенности пород кестёрского комплекса, кроме сахаровидного облика, – наличие литиевых слюд (литиевый мусковит (преобладает), лепидолит, трилитионит, протолитионит, циннвальдит) [10], практически постоянное присутствие топаза и минерала ряда амблигонит – монтебразит, а также высокие содержания лития, фосфора и фтора даже в неизменённых породах [2, 3].

Для комплекса характерны крайне высокая глинозёмистость и своеобразные (обратные) тренды дифференциации (см. рис. 2): при росте содержания кремнекислоты снижаются суммарная щёлочность, калиевоность и глинозёмистость пород. Породы комплекса принадлежат к формации редкометалльных гранитов.

Наиболее крупное тело комплекса традиционно называется гарполитом (петротип), оно вскрыто карьером и разбурено скважинами на глубину до 140 м при разведке и отработке Кестёрского месторождения. Висячий контакт тела чёткий (рис. 3), подчеркнут краевыми пегматитами (А. В. Дорофеев, А. А. Мартыненко, 1963 г.) или штокшайдером [5] с крупными (до 25 см по длинной оси) кристаллами калиевого полевого шпата. Аналогичная, но более мелкозернистая пегматоидная оторочка отмечена и у некоторых даек [5]. Основная часть гарполита сложена амблигонит-лепидолитовыми (микроклин-альбитовыми, по Ю. Д. Недосекину [5]) среднезернистыми сахаровидными белыми, иногда с желтоватым оттенком гранитами.

По мнению В. А. Трунилиной и др. [10], граниты комплекса не только имеют магма-



Рис. 3. Висячий контакт тела амблигонит-лепидолитовых гранитов: белое – грейзенизированные амблигонит-лепидолитовые граниты кестёрского комплекса, серое – гранодиориты арга-ыннах-хайского комплекса

Fig. 3. Hanging contact of the body of amblygonite-lepidolite granite: white – greisenized amblygonite-lepidolite granites of the Kester complex, gray – granodiorite of the Arga-Ynnakh-Khai complex

тический генезис, но и происходят из самостоятельных очагов, о чём свидетельствуют тренды дифференциации, которые не продолжают тренды гранодиоритов, биотитовых и двуслюдяных гранитов Арга-Ыннах-Хайского массива, а секут их под углом. Кроме того, в породах кестёрского комплекса резко изменяются главные петрохимические коэффициенты, геохимические показатели на порядки выше, чем в арга-ыннах-хайском, особенно по содержаниям тантала, ниобия, олова, фосфора и таллия. По мнению В. А. Трунилиной, амблигонит-лепидолитовые граниты не комплементарны гранитоидам Арга-Ыннах-Хайского массива и «не могут являться их поздними дифференциатами, сформировавшими последние расплавы» [10].

Для комплекса характерно широкое развитие автометасоматических образований. Основные процессы: альбитизация, микроклинизация и грейзенизация вплоть до образования

жил альбититов, микроклинитов и цвиттеров в районе месторождения. В стенке добычного карьера установлена [6, 10] постепенная смена (снизу вверх) мусковит-альбитовых разновидностей лепидолит-амблигонит-альбитовыми и затем грейзенизированными гранитами, которые постепенно переходят в оловоносные грейзены. На удалении от карьера метасоматические изменения ослабевают, и здесь гарполит сложен практически неизменёнными амблигонит-лепидолитовыми гранитами нормальной и умеренной щёлочности.

Распределение элементов-примесей соответствует геохимическому типу плюмазитовых редкометалльных гранитов [9], специализированных на Li, Rb, Cs, Sn, W, Sb и Nb. Среднее значение коэффициента редкометалльности $(Li + Rb) \times F / (Ba + Sr) = 182\ 381$ [11], т. е. породы – ультрарудноносные [10]. Иначе говоря, минерагеническая специализация кестёрского комплекса рудоматеринская для редкометалльных (Ta, Li, Rb, Nb и др.) и оловянных объектов тантал-оловорудной кварцево-грейзеновой формации, ценность которых не только в запасах, но и в своеобразном минеральном составе слагающих их руд. Так, в рудах Кестёрского месторождения выявлено 127 минералов [4], включая многочисленные редкие и весьма редкие (28), при этом наибольшая группа представлена фосфатами [8]. Присут-

ствие фосфатных минералов в составе оловорудных месторождений не редкость, однако масштабы проявления, многообразие минеральных видов и разновидностей (около 30), сконцентрированных на небольшом участке (менее 0,5 км²), позволяет перевести Кестёрское месторождение в разряд уникальных. Среди собственных минералов месторождения следует также упомянуть кестёрит [8], епифоновит [11] и батагаит (на рассмотрении в Комиссии по утверждению новых минералов и координации присвоения названий).

Заключение. При достаточно высокой степени изученности территории некоторые вопросы геологического строения и металлогении региона не решены и требуют дальнейшего рассмотрения.

Пересечения даек различных комплексов, особенно сходного состава, часто дают основание для различения в определении последовательности их внедрения. Необходимо уточнить возраст магматических комплексов (прежде всего дайковых) современными методами (U-Pb, Ar-Ar) радиогеохронологических датировок.

Нужны исследования для дополнительно обоснования тирехтяхского комплекса с Тирехтяхским массивом в качестве петротипа и определения минерагенической специализации комплекса.

Список литературы

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Q-53 (Верхоянск). Объяснительная записка / Р. И. Протопопов, А. М. Трущелев, Г. Х. Протопопов и др. ; ред. В. В. Калашников. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 427 с.
2. Коваленко В. И., Кузьмин М. И. О генезисе редкометалльных литий-фтористых и агпайтовых гранитов и соотношении магматических и метасоматических процессов при их формировании // Редкометалльные граниты Монголии. – М. : Наука, 1971. – С. 215–226.
3. Коваль П. В. Петрология и геохимия альбитизированных гранитов. – Новосибирск : Наука, 1975. – 256 с.
4. Кокунин М. В. Редкие минералы забытого месторождения // Отечественная геология. – 2011. – № 1. – С. 72–82.
5. Недосекин Ю. Д. Редкометалльные граниты Северо-Востока СССР. – М. : Наука, 1988. – 142 с.
6. Орлов Ю. С., Филимонов Ю. А., Бояршинов В. В. К вопросу о генезисе аляскистов Арга-Ыннах-Хайского массива (Восточная Якутия) // Геология и полезные ископаемые Верхояно-Колымской складчатой системы. – Якутск : Якутское книжное изд-во, 1984. – С. 74–81.

7. Протопопов Р. И. Проблема выделения кестёрского комплекса редкометалльных гранитов (малых интрузий) // Вестник Госкомгеологии. – 2014. – № 1 (13). – С. 47–52.
8. Соболева В. Н. Материалы к минералогии месторождения Кестёр из бассейна реки Яны // Материалы по геологии Северо-Востока СССР. – Магадан, 1949. – Вып. 6. – С. 40–65.
9. Таусон Л. В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. – М. : Наука, 1977. – 279 с.
10. Трунилина В. А., Орлов Ю. С., Зайцев А. И.,

Роев С. П. Высокофосфоритистые литий-фтористые граниты Восточной Якутии (Верхояно-Колымская орогенная область) // Тихоокеанская геология. – 2019. – Т. 38, № 1. – С. 86–101.

11. Яковенчук В. Н., Пахомовский Я. А., Коноплева Н. Г., Паниковский Т. Л., Михайлова Ю. А., Бочаров В. Н., Кривовичев С. В., Иванюк Г. Ю. Епифановит $NaCaCu_5(PO_4)_4[AsO_2(OH)_2] \cdot 7H_2O$ – новый минерал из месторождения Кестёр (Саха-Якутия, Россия) // Записки Российского минералогического общества. – 2017. – Т. 146, № 3. – С. 30–39.

References

1. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Verkhoyano-Kolym'skaya. List Q-53 (Verkhoyansk). Ob'yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Verkhoyano-Kolyma series. Sheet Q-53 (Verkhoyansk). Explanatory note], ed. V. V. Kalashnikov, St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI Publ., 2015, 427 p.
2. Kovalenko V. I., Kuz'min M. I. O genezise redkometall'nykh litii-floristykh i agpaitovykh granitov i sootnoshenii magmaticheskikh i metasomaticheskikh protsessov pri ikh formirovani [On the genesis of rare-metal lithium-fluoride and apgaitite granites and the ratio of magmatic and metasomatic processes during their formation], *Redkometall'nye granity Mongolii [Rare-metal granites of Mongolia]*, Moscow, Nauka Publ., 1971, pp. 215–226.
3. Koval' P. V. Petrologiya i geokhimiya al'bitizirovannykh granitov [Petrology and geochemistry of albited granites], Novosibirsk, Nauka Publ., 1975, 256 p.
4. Kokunin M. V. Redkie mineraly zabytogo mestorozhdeniya [Rare minerals of the forgotten deposit], *Otechestvennaya geologiya [National Geology]*, 2011, No 1, pp. 72–82. (In Russ.).
5. Nedosekin Yu. D. Redkometall'nye granity Severo-Vostoka SSSR [Rare-metal granites of the North-East of the USSR], Moscow, Nauka Publ., 1988, 142 p.
6. Orlov Yu. S., Filimonov Yu. A., Boyarshinov V. V. K voprosu o genezise alyaskitov Arga-Ynnakh-Khaiskogo massiva (Vostochnaya Yakutiya) [On the question of the genesis of alaskites of the Arga-Unn-Khai massif (Eastern Yakutia)], *Geologiya i po-*
7. Protopopov R. I. Problema vydeleniya kesterskogo kompleksa redkometall'nykh granitov (malykh intruzii) [The problem of isolation of the Kester complex of rare-metal granites (small intrusions)], *Vestnik Goskomgeologii [Bulletin of Goskomgeology]*, 2014, No 1 (13), pp. 47–52. (In Russ.).
8. Soboлева V. N. Materialy k mineralogii mestorozhdeniya Kester iz basseina reki Yany [Materials for mineralogy of the Kester deposit from the Yana River basin], *Materialy po geologii Severo-Vostoka SSSR [Materials on geology of the North-East of the USSR]*, Magadan, 1949, V. 6, pp. 40–65. (In Russ.).
9. Tauson L. V. Geokhimicheskie tipy i potentsial'naya rudonosnost' granitoidov [Geochemical types and potential ore content of granitoids], Moscow, Nauka Publ., 1977, 279 p.
10. Trunilina V. A., Orlov Yu. S., Zaitsev A. I., Rоеv S. P. Vysokofosforitistye litii-floristye granity Vostochnoi Yakutii (Verkhoyano-Kolym'skaya orogennaya oblast') [Highly phosphoric lithium-fluoride granites of Eastern Yakutia (Verkhoyano-Kolyma orogenic region)], *Tikhookeanskaya Geologiya [Russian journal of Pacific geology]*, 2019, V. 38, No 1, pp. 86–101. (In Russ.).
11. Yakovenchuk V. N., Pakhomovskii Ya. A., Konopleva N. G., Panikorovskii T. L., Mikhailova Yu. A., Bocharov V. N., Krivovichev S. V., Ivanyuk G. Yu. Epifanovit $NaCaCu_5(PO_4)_4[AsO_2(OH)_2] \cdot 7H_2O$ – novyi mineral iz mestorozhdeniya Kester (Sakha-

Yakutiya, Rossiya) [Epifanovite $\text{NaCaCu}_5(\text{PO}_4)_4$
 $[\text{AsO}_2(\text{OH})_2] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ is a new mineral from the Kes-
ter deposit (Sakha-Yakutia, Russia)], *Zapiski Ros-*

*siiskogo mineralogicheskogo obshchestva [Notes of
the Russian Mineralogical Society], 2017, V. 146,
No 3, pp. 30–39. (In Russ.).*

Автор

Вдовина Лариса Георгиевна

ведущий геолог
vdovinalg@yandex.ru

АО «Якутскгеология»,
г. Якутск, Россия

Author

Larisa G. Vdovina

Leading Geologist
vdovinalg@yandex.ru

JSC “Yakutskgeologiya”,
Yakutsk, Russia

СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ

УДК 551.311.231 : 553.08 : 326.6

Коры выветривания и их роль в формировании посткимберлитовых осадочных толщ

Weathering crusts and their role in formation of post-kimberlite sedimentary sequences

Зинчук Н. Н.

Zinchuk N. N.

На примере главных алмазоносных районов Сибирской платформы охарактеризованы основные поставщики терригенного материала в формировавшиеся древние алмазоносные россыпи. Особое внимание уделено характеристике местных источников сноса аллотигенного материала в бассейны седиментации указанного периода, главными среди которых были коры выветривания (КВ) на терригенно-карбонатных породах, образованиях трапповой формации (долериты, туфы и туфогенные толщи) и кимберлитах. Сравнительное комплексное исследование древних КВ на породах различного химического и минералогического составов позволили проследить особенности их гипергенного изменения и типоморфные признаки элювиальных продуктов. В переотложенных продуктах выветривания различных пород возможно дифференцировать на структурном уровне одни и те же разновидности первичных минералов. Переотложение продуктов выветривания пород различного состава вблизи областей денудации и накопление в основном в пресноводных водоёмах, а также небольшая мощность сформированных осадочных толщ и незначительное погружение их определили слабое гидродинамическое воздействие среды на аллотигенные минералы (прежде всего глинистые), что не привело к существенному их диагенетическому изменению. Поэтому переотложенные в древних осадочных толщах продукты различных типов КВ сохраняют структурные и кристаллохимические особенности по отношению к минералам элювиальных толщ, что позволяет проследить пути поступления в бассейны седиментации терригенного (в том числе алмазоносного) материала.

Ключевые слова: древние коры выветривания, гипогенные и гипергенные минералы, типоморфизм минералов, алмазоносные толщ.

The principal suppliers of terrigenous material to forming ancient diamond placers are characterized based on the main diamond-bearing districts of the Siberian platform as an example. A special attention is paid to characteristics of the local sources of allothigenous material washed out into sedimentation basins of the period specified, the main of which were weathering crusts formed upon terrigenous-carbonate rocks, trappean formations (dolerites, tuffs, and tuffaceous rock sequences), and kimberlites. A comprehensive comparative investigation of the ancient weathering crusts upon the rocks of various chemical and mineralogical composition allowed tracing the specific features of their hypergene alteration and the typomorphic indications of the eluvial products. The same varieties of primary minerals in redeposited products of weathering of the various rocks may be differentiated at the structural level, and the secondary phyllosilicates may be identified either by occupation of the octahedral positions in their structure, or by mutual superposition of individual silicate layers, or by their polytypic character. Redeposition of the products of weathering of the rocks of various composition near the denudation areas and their predominant accumulation in freshwater basins, as well as a small thickness of the sedimentary layers formed and their insignificant burial, had determined a weak hydrodynamic impact of the environment on the allothigenous minerals (argillaceous, first of all), which did not lead to their sufficient diagenetic alteration. Therefore, the products of various types of the weathering crusts, redeposited in the ancient sedimentary sequences, retain the structural and crystal-chemical peculiarities in relation to the minerals of the eluvial rock masses, which allows tracing the ways of arrival of the terrigenous (including diamondiferous) material into the sedimentation basins.

Key words: ancient weathering crusts, hypogene and hypergene minerals, typomorphism of minerals, diamondiferous rock sequences.

Для цитирования: Зинчук Н. Н. Коры выветривания и их роль в формировании посткимберлитовых осадочных толщ Руды и металлы. 2022. № 2. С. 100–120. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10013.

For citation: Zinchuk N. N. Weathering crusts and their role in formation of post-kimberlite sedimentary sequences. Ores and metals, 2022, № 2, pp. 100–120. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10013.

В геологической литературе имеется немало сведений о соотношении эпох мощного корообразования и мантийного магматизма в истории Земли, сформулировавших представление об «эпохах мощного корообразования» [1–5] и охарактеризовавших следующие эпохи: а) допротерозойскую (но послепалеозойскую); б) раннепалеозойскую (докембрийскую или дорифейскую); в) среднепалеозойскую (девонскую или додевонскую); г) раннемезозойскую (позднетриасовую – раннеюрскую); д) третичную (позднетретичную). Упомянутые периоды мощного корообразования совпадают с «эпохами минимального осадконакопления» или «эпохами перерыва», которые закономерно коррелируются с этапами тектонической жизни Земли. Принципиальным вопросом является количество и продолжительность эпох мощного корообразования в истории Земли, так как после каждой из них оставались специфические толщ пород. Обобщены доступные материалы по мощному корообразованию и алмазоносному магматизму [6–10], опубликована схема, показывающая соотношение в неогее этапов осадконакопления (площади и типы осадочных образований), эпох мощного корообразования и кимберлитового магматизма. Рассматривая соотношение основных эпох мощного корообразования и в целом магматизма [11–15], следует отметить огромное значение этих данных для оценки алмазоносности обширных (особенно малоизученных) территорий, на которых нередко (рис. 1) по результатам комплексных исследований выделяется ряд кимберлитовых районов и полей.

Коры выветривания (КВ) возникают при благоприятных соотношениях следующих основных факторов [16–19]: интенсивности выветривания, глубины возможного корообразования и скорости размыва. Интенсивность выветривания резко возрастает с увеличением температуры и количества выпадающих осадков. Большое значение имеет также обилие гумусового вещества, обладающего кислотными свойствами. Мощность КВ сильно зависит и от глубины залегания грунтовых вод. Наиболее интенсивная денудация элю-

виальных продуктов происходит вдоль эрозийной сети, тогда как на плоских водоразделах, наоборот, наблюдается минимальный размыв при наиболее интенсивном дренаже. На таких водоразделах обычно и формируется мощная КВ [20–24], сохраняясь от размыва только при стечении благоприятных факторов, в первую очередь в пониженных участках древнего рельефа денудационной поверхности и в тектонически опущенных блоках. На пенеппене или первичной аккумулятивной равнине дренаж обычно очень слаб, отчего здесь не образуются мощные КВ. Так, на Сибирской платформе (СП), в том числе в её основных алмазоносных районах – Малоботуобинском (МБАР) и Далдыно-Алаkitском (ДААР), – благоприятные палеогеографические условия для формирования мощных КВ существовали в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне-позднетриасовое время [24]. На рассматриваемой территории в конце девона произошло сокращение морского бассейна. На северо-западе и северо-востоке Тунгусской верхнепалеозойской синеклизы (ТВС) сформировались прибрежные низменные равнины, а на юге ТВС и Вилюйской мезозойской синеклизы (ВМС) возникли равнины с континентальным осадконакоплением, которые разделялись более высокими денудационными плато.

Каменноугольному периоду активизации общего воздымания СП предшествовала эпоха относительного покоя, в течение которой дифференцированных тектонических движений практически не происходило. Рельеф суши в рассматриваемое время был сильно пенеппенизирован, причём выравнивание рельефа и образование элювия на исходных породах протекало постепенно. Для позднедевонско-раннекаменноугольной эпохи характерно весьма активное развитие процессов корообразования, протекающих в условиях тёплого и влажного климата. В конце пермского периода во многих районах СП начались излияния лав и внедрения траппов, особенно сильно проявившиеся к концу раннего триаса, когда длительная эпоха денудации рельефа завершилась пенеппенизацией платформы.

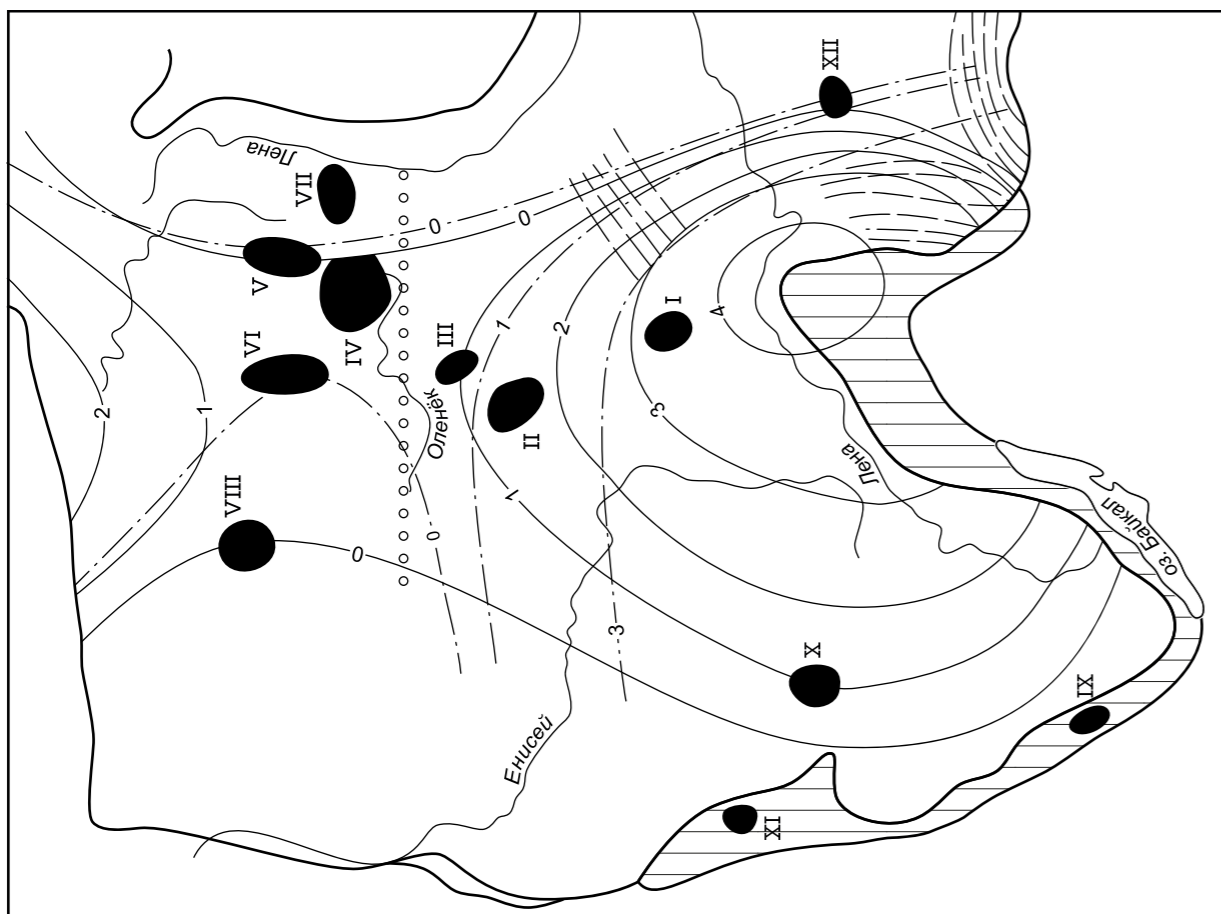


Рис. 1. Схема распространения кимберлитовых и кимберлитоподобных пород на СП:

1 – граница СП; 2 – районы развития кимберлитов и кимберлитоподобных пород (I – Малоботубинский, II – Дально-Алакитский, III – Верхнемунский, IV – Среднеоленьский, V – Нижнеоленьский, VI – Куонамский, VII – Приленский, VIII – Маймечя-Котуйский, IX – Белозиминский, X – Чадобецкий, XI – Северо-Енисейский, XII – Алданский); 3 – структурные комплексы раннего протерозоя; 4 – миогеосинклинальные зоны байкалд [1, 5]; 5 – линии тренда алмазности, усл. ед. (a – для всей провинции, b – для северной части провинции без районов VIII–XI); 6 – граница между Вилуйской и Анабаро-Оленёкской алмазоносными областями

Fig. 1. Scheme of the distribution of kimberlite and kimberlite-like rocks in the SP:

1 – SP boundary; 2 – areas of development of kimberlites and kimberlite-like rocks (I – Malobotuobinsky, II – Daldino-Alakitsky, III – Verkhnemunsky, IV – Sredneoleksky, V – Nizhneolenesky, VI – Kuonamsky, VII – Prilensky, VIII – Maimechcha-Kotuisky, IX – Beloziminsky, X – Chadobetsky, XI – North Yenisei, XII – Aldan); 3 – structural complexes of the Lower Proterozoic; 4 – miogeosynclinal zones of the Baikals [1, 5]; 5 – diamond content trend lines, CU. (a – for the entire province, b – for the northern part of the province without districts VIII–XI); 6 – the border between the Vilyui and Anabar-Olenek diamondiferous areas



Региональная пенеplanation в среднем и позднем триасе обусловлена эпохой тектонического покоя до юрской активизации. В раннем и среднем триасе климат был субтропический с элементами аридного, с резко неравномерным распределением осадков по сезонам, а в позднем триасе – ранней юре – с возросшим количеством атмосферных осадков, что способствовало формированию мощной преимущественно каолиновой КВ. Короброобразование, денудация и переотложение этой КВ в коррелятивные толщи рассматриваемого региона происходили относительно равномерно, что было обусловлено слабыми изменениями палеорельефа и тектонического режима. Так, иреляхская свита рэт-геттанга Ангаро-Вилуйского наложенного мезозойского прогиба (АВНМП), содержащая продукты переотложения КВ, – отражение погребённой денудационной поверхности среднего–верхнего триаса.

В пределах Якутской алмазоносной субпровинции (ЯАСП) КВ развиты на различных породах: терригенно-карбонатных раннего палеозоя, долеритах, туфах и туфобрекчиях трубчатых тел, туфогенных образованиях корвунчанской свиты и кимберлитах. В структурном плане древние КВ приурочены преимущественно к конседиментационным палеоподнятиям, в пределах которых в период формирования перекрывающих их отложений развивались обстановки денудационных и денудационно-аккумулятивных равнин [3–5]. В конседиментационных палеовпадинах, служивших местами аккумуляции переотложенного материала КВ, наоборот, были неблагоприятные условия для интенсивного корообразования. Возможно, здесь протекали только начальные стадии дезинтеграции пород субстрата. В позднедевонское-раннекаменноугольное время в МБАР относительно мощные (до 15 м) площадные остаточные КВ на терригенно-карбонатных породах раннего палеозоя развивались (а затем сохранились от размыва) на Улу-Тогинском, Мирнинском, Джункунском и Чернышевском палеоподнятиях, обрамлявших Кюеляхскую, Улахан-Ботубинскую и Ахтарандинскую впадины [3, 11].

Установленные в отдельных разрезах верхние горизонты КВ свидетельствуют о формировании в них полных профилей. На поднятиях и их склонах отмечаются более мелкие понижения в рельефе и структурные террасы, на которых менее контрастно проявляется закономерность приуроченности наиболее мощных КВ к поднятиям.

Подобные палеогеоморфологические особенности развития и распределения характерны и для средне-позднетриасовых КВ [9–12]. Так, в пределах МБАР в мезозойское время структуры формировались в двух различных структурно-формационных зонах, резко отличающихся условиями развития и сохранения доюрских КВ. Одна из них охватывает всю северо-западную половину территории района и в структурном отношении совпадает с северо-западным бортом АВНМП, являвшегося на протяжении длительного времени денудационной, а затем в плинсбахе – денудационно-аккумулятивной поверхностью. Здесь ко времени корообразования были развиты верхнепалеозойские вулканогенно-терригенные отложения, а также породы трапповой формации (долериты и туфогенные образования) раннего триаса. Только в полосе шириной примерно 25–30 км вдоль бровки северо-западного борта того же прогиба в то время обнажались терригенно-карбонатные породы раннего палеозоя. В средне-позднетриасовое время, судя по сохранившимся разрезам полного профиля латеритоподобной КВ [13–17], существовали благоприятные условия для интенсивного корообразования. Такие профили изучены нами на терригенно-карбонатных породах раннего палеозоя мощностью до 15 м (правобережье нижнего течения р. Малая Ботубобия), траппах раннего триаса мощностью до 43 м (Хатат-Юлегирское междуречье) и кимберлитах мощностью до 15 м.

Вторая – юго-восточная зона района, совпадающая с центральной частью АВНМП, была неблагоприятной для интенсивного корообразования, хотя здесь в среднем и позднем триасе обнажались терригенно-карбонатные породы раннего палеозоя. В процессе корооб-

разования разрушенный материал пород субстрата сносился в пониженные участки центральной части прогиба.

В ДААР также устанавливается приуроченность КВ к палеоподнятиям и их склонам [1–5]. Так, поля развития площадных остаточных КВ на терригенно-карбонатных породах раннего палеозоя тяготеют к Верхне-Алакитскому и Чукук-Мархинскому поднятиям и их склонам. Преимущественно на склонах устанавливаются фрагменты мощных и площадных КВ, а в ближайших депрессиях отмечается аккумуляция продуктов их переотложения. В средне-позднетриасовое время в этом районе существовали благоприятные условия для интенсивного корообразования, что, кроме КВ на терригенно-карбонатных породах раннего палеозоя, подчёркивается остатками элювиальных толщ (мощностью до 15 м) на образованиях трапповой формации.

Коры выветривания на терригенно-карбонатных породах раннего палеозоя рассматриваемой в качестве примера территории сформировались во время длительных континентальных перерывов, произошедших в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне-позднетриасовое время. Развитие и сохранность этих элювиальных образований полностью зависели от структурно-формационной позиции каждого конкретного участка. При общих благоприятных условиях на конседиментационных палеоподнятиях и их склонах сформировались и сохранились (хотя и фрагментарно) наиболее полные профили КВ значительной (десятки метров) мощности, а в палеовпадинах фиксируются небольшие по размерам и мощности останцы нижних частей аналогичных профилей. Площадная остаточная допозднепалеозойская КВ на терригенно-карбонатных породах раннего палеозоя широко распространена в северной части МБАР и в отдельных пунктах ДААР под покровом верхнепалеозойских осадочных толщ. Кроме таких площадных КВ, в отдельных пунктах северной части МБАР (бассейн руч. Улахан-Ирелях и др.) установлены фрагменты линейных КВ, развитых по зонам тектонических нарушений. Значитель-

ные по размерам и мощности (до 15 м) поля средне-позднетриасовой КВ на терригенно-карбонатных породах раннего палеозоя отмечены в центральной части МБАР, и в большинстве случаев они перекрыты мезозойскими осадочными толщами.

Средне-позднетриасовая площадная остаточная КВ на долеритах развита преимущественно в понижениях траппового плато, занимающего северо-западную часть МБАР, а также в тектонически опущенных блоках. Форма и размеры реликтов полей развития выветрелых траппов и их мощность полностью зависят от аналогичных параметров этих понижений, являющихся фрагментами (нижними частями) древних конседиментационных структур или отрицательных форм триасового рельефа. В ДААР остаточная площадная средне-позднетриасовая КВ на долеритах зафиксирована только в нескольких пунктах, приуроченных к понижениям траппового плато. Линейная КВ долеритов (мощностью до 30 м) выявлена в ряде пунктов северной части МБАР вдоль тектонических нарушений. В ряде алмазоносных районов СП отмечена остаточная кора КВ на туфах и туфогенных образованиях. В последние годы нами она детально изучена в МБАР как на туфогенных образованиях корвунчанской свиты, так и на трубчатых телах агломератовых туфов и туфобрекчий. Средне-позднетриасовая остаточная КВ площадного типа на туфогенных породах корвунчанской свиты отмечена в виде разобшённых останцов в северо-западной части МБАР.

Кора выветривания на трубках взрыва трапповых и кимберлитовых пород ограничена контурами самих тел и иногда прослеживается на глубинах до сотни метров. Такие образования можно отнести к типу локального распространения как разновидность площадной КВ, обусловленной значительно меньшей устойчивостью пород трубок взрыва по сравнению с вмещающими их терригенно-карбонатными породами раннего палеозоя [4–5]. В верхних частях многих трубок взрыва трапповых пород отмечена мощная КВ. В зависимости от геологической обстановки и воз-

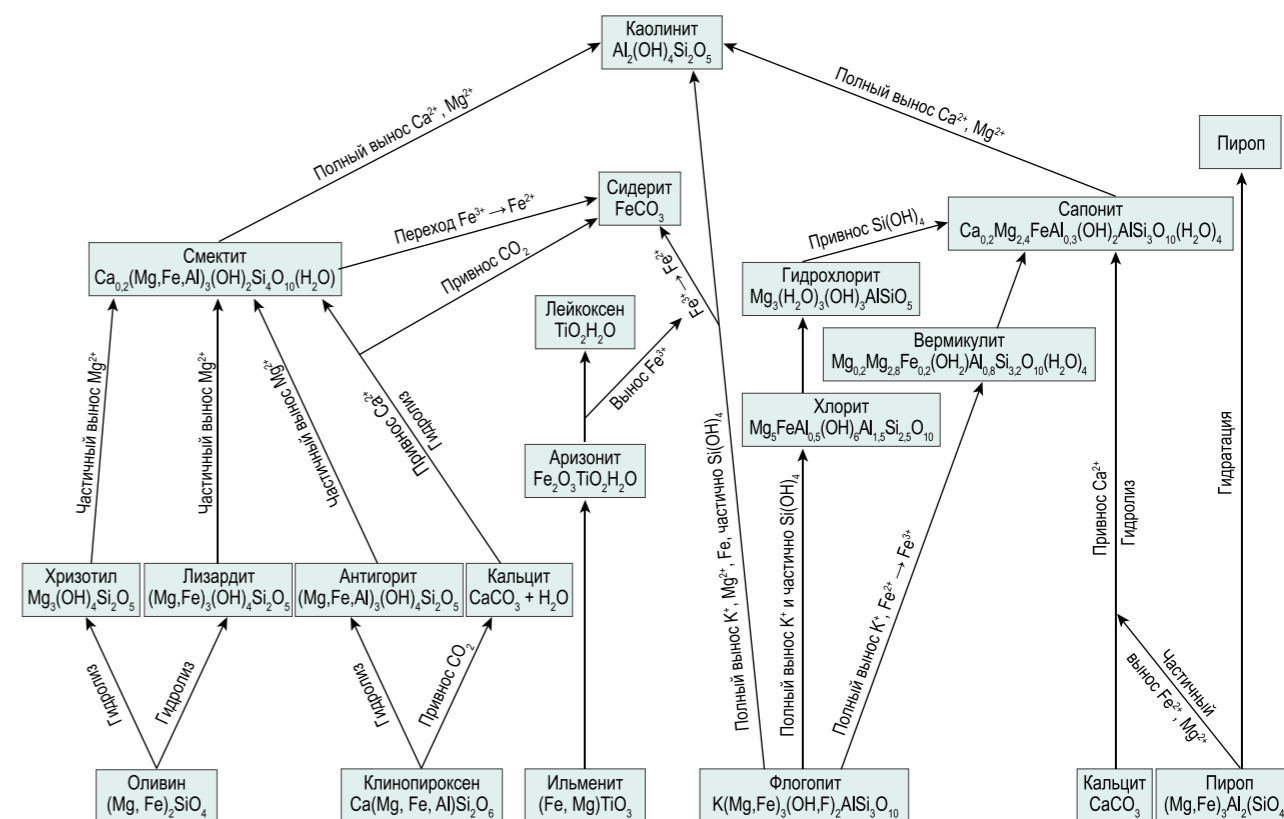


Рис. 2. Схема преобразования минералов в коре выветривания кимберлитов Накынского кимберлитового поля

Fig. 2. Scheme of transformation of minerals in the weathering crust of kimberlites of the Nakyn kimberlite field

раста перекрывающих трубки отложений могли формироваться КВ туфов и туфобрекчий позднедевонского–раннекаменноугольного или средне-позднетриасового возрастов.

На многих кимберлитовых трубках СП развита КВ, которая нередко перекрыта верхнепалеозойскими (ДААР) или мезозойскими (МБАР) осадочными толщами, реже – пластовыми интрузиями траппов. Возраст перекрывающих кимберлитовые трубки отложений обычно считается верхней границей таких КВ. Эти коры также отнесены нами к типу локального распространения как разновидность остаточной площадной КВ. В гипергенных условиях существенно изменяются вещественный состав и петрофизические свойства пород (рис. 2), влияющие на процессы образования природных геофизических аномалий.

Так, плотность кимберлитов зависит от степени их выветрелости и глубины залегания в диатреме, а магнитная восприимчивость – от степени окисленности железа, которая в верхних горизонтах всегда выше, чем на глубине. Наименее низкой (2,20–2,30 г/см³) плотностью характеризуются (рис. 3) кимберлиты верхних горизонтов практически всех изученных диатрем, особенно с развитой КВ и сохранившимися образованиями кратерной фации [12]. С глубиной плотность кимберлитов постепенно возрастает: на средних горизонтах она составляет 2,35–2,40 г/см³, на глубине 1,0–1,2 км – 2,65–2,68 г/см³. Кимберлиты верхних горизонтов диатрем обладают большей магнитной восприимчивостью, чем глубоких, что связано в основном с повышением в выветрелых породах роли гидроксидов железа.

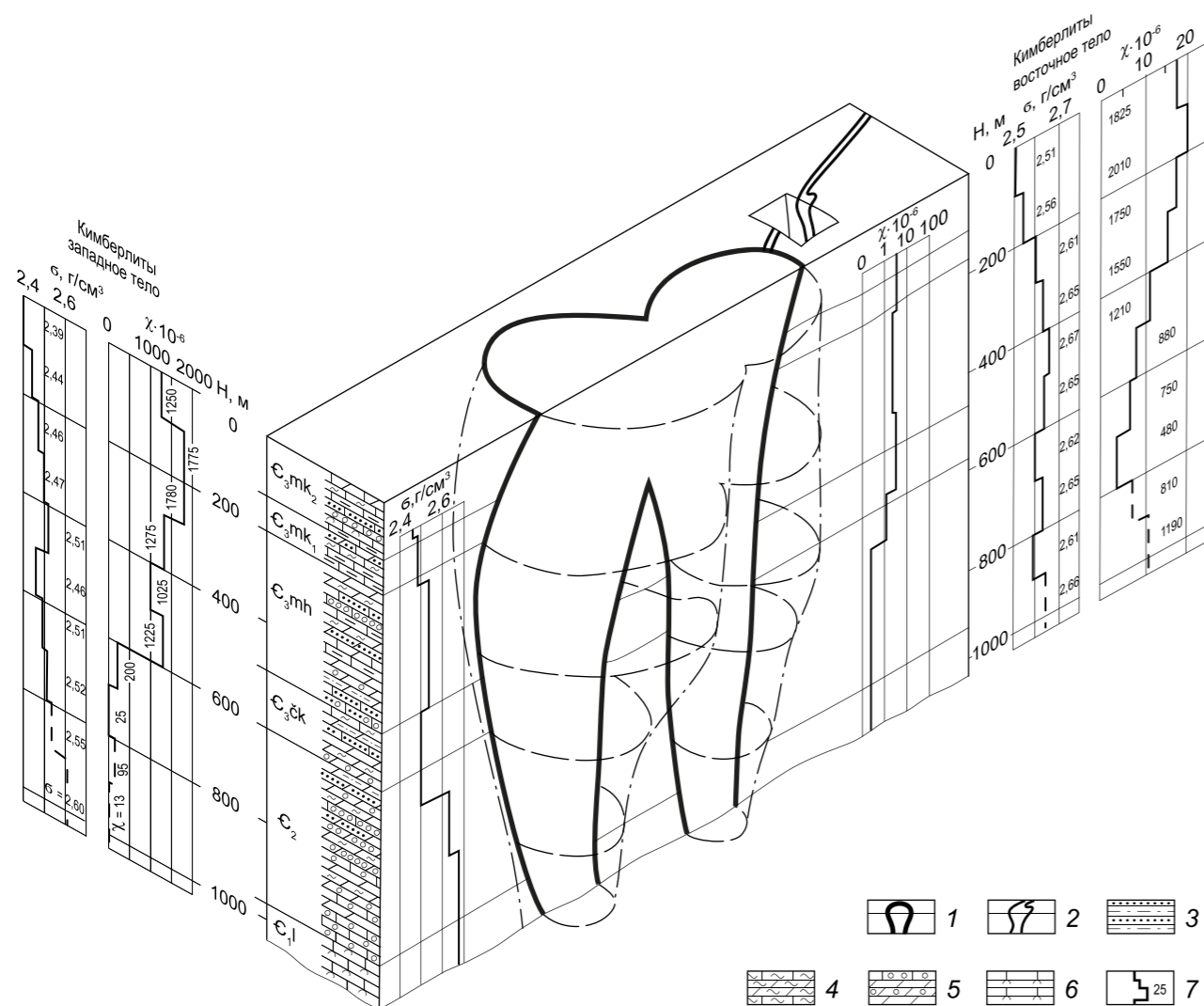


Рис. 3. Схематическая модель кимберлитовой трубки Удачная с вариациями плотности и магнитной восприимчивости кимберлитов и вмещающих пород:

1 – кимберлиты; 2 – кимберлитовая жила и раздвиг; 3 – песчаники, алевролиты; 4 – глинистые известняки; 5 – доломиты; 6 – известняки; 7 – усреднённые значения величин

Fig. 3. Schematic model of the Udachnaya kimberlite pipe with variations in density and magnetic susceptibility of kimberlite and host rocks:

1 – kimberlite; 2 – kimberlite vein and bulge; 3 – sandstone, siltstone; 4 – clayey limestone; 5 – dolomite; 6 – limestone; 7 – averaged values

Кроме отличий в геологическом распространении и сохранности различных типов КВ, проведёнными нами комплексными исследованиями найдены и существенные особенности вещественного состава этих элюви-

альных образований. Так, исходными подвергшимися выветриванию породами раннего палеозоя являлись плотные серые и светло-серые, иногда грязно-серые карбонатные песчанистые алевролиты и известково-доло-

митовые песчаники, а также отдельные маломощные прослои карбонатизированных глин. В нижней части зоны дезинтеграции КВ терригенно-карбонатные породы раздроблены многочисленными трещинами и микротрещинами, однако структурно-текстурные особенности материнских пород сохраняются полностью. Тяжёлая фракция пород обогащена весьма устойчивыми минералами: турмалином, цирконом, гранатами, сфеном, дистеном, рутилом. Среди рудных минералов преобладает магнетит. В низах разреза часть зёрен ильменита лейкоксенизирована. Выявлена значительная концентрация землистого эпидота. Однако уже здесь в тяжёлой фракции преобладают аутигенные минералы, представленные почти полностью гидроксидами железа (гётит, реже гидрогётит). Во фракции мельче 0,001 мм породы этой части профилей содержат слабо деградированную гидрослюда политипной модификации 2M₁ с полубеспорядочной структурой, триоктаэдрическое хлорит-монтмориллонитовое (ХМСО) и диоктаэдрическое монтмориллонит-гидрослюдистое смешанослойное образование (МГСО). При этом в нижних частях профилей выветривания гидрослюда 1M присутствует в существенном количестве.

В верхней части профилей выветривания этого типа, представляющей собой зону выщелачивания, в глинистых образованиях пятнистой окраски структурно-текстурные особенности материнских пород практически не сохраняются. Среди первичных тяжёлых минералов в этой части возрастает концентрация землистого эпидота и весьма устойчивых (гранаты, турмалин, циркон и др.) минералов. Увеличивается окисление магнетита, и в аутигенном комплексе здесь преобладают сидерит и пирит. В рассматриваемой зоне присутствуют гидрослюда 2M₁ и МГСО с более высоким содержанием разбухающих пакетов [9–12]. Отмечается примесь каолинита, гиббсита и талька, а в отдельных участках в глинистых образованиях встречены линзы, желваки и прожилки белых и серовато-белых вторичных образований, состоящих из алуни-та, алюминита, базальюминита, гипса, кальци-

та. Для такого типа профилей выветривания характерны и специфические геохимические особенности [3].

Кора выветривания на долеритах сохранилась в алмазоносных районах СП только в понижениях плато или в тектонически опущенных блоках [3–5]. Мощность КВ на долеритах в алмазоносных районах Якутии обычно редко превышает первые метры, достигая в отдельных разрезах 50 м и более. Обычно от размыва сохраняется лишь нижняя часть КВ – зона дезинтеграции. Размеры останцов такой КВ небольшие (до 1 км², редко больше). Кроме площадной коры, в северной части МБАР установлена линейная КВ долеритов (мощностью до 30 м), развитая вдоль тектонических нарушений. Большинство сохранившихся полей этой КВ располагаются на пониженных участках современных водораздельных пространств траппового плато, имея выход на дневную поверхность, и в меньшей степени – в пределах склонов мезозойских депрессий, где указанные элювиальные толщи перекрыты нижнеюрскими осадочными образованиями [10, 18].

При выветривании долеритов происходит закономерное изменение их физических и физико-механических свойств. Исходные не подвергшиеся выветриванию породы в северной части МБАР представлены серыми и тёмно-серыми долеритами, сложенными плагиоклазами (лабрадор – битовнит), моноклинными пироксенами (авгит), ильменитом, магнетитом, оливином, биотитом, стекловатым мезостазином. Уже в нижних частях зоны дезинтеграции наблюдается разложение плагиоклазов и фемических минералов и формирование по ним железисто-глинистых тонкодисперсных агрегатов. Вверх по разрезу профилей выветривания увеличивается количество макро-, мезо- и микротрещин, заполненных вторичными минералами (кальцитом, иддингситом, гётитом, гематитом). В самых верхних горизонтах наиболее полных профилей выветрелых долеритов реликтовые структуры материнских пород практически не отмечаются. Здесь практически полностью разрушаются самые неустойчивые первичные

минералы тяжёлой фракции (пироксены, амфиболы), что приводит к высокой концентрации умеренно устойчивых (группа эпидота) и весьма устойчивых (турмалин, рутил, сфен и др.) минералов. В аутигенном комплексе возрастает роль пирита и сидерита. Последовательно разрушается вермикулит и накапливается ассоциирующий с ним монтмориллонит, который характеризуется дальнейшим разупорядочением структуры. Разложение вермикулита проявляется в уменьшении размеров и разрушении клиновидных микроблоков, а также в увеличении количества более плотных, чем в нижних частях профилей, псевдоглобулярных микроагрегатов монтмориллонита преимущественно с Са в межслоевых промежутках. В верхних частях профилей выветривания увеличивается количество каолинита.

Кора выветривания на туфах и туфобрекчиях трубок взрыва обнаружена в различных позднепалеозойских и мезозойских структурно-формационных зонах МБАР. Меньшая устойчивость туфов и туфобрекчий в процессе корообразования, чем вмещающих пород, позволяет наиболее рельефно проследить на них установленную закономерность более интенсивного развития (независимо от типов пород субстрата) и лучшей сохранности КВ в пределах денудационной поверхности выравнивания, территориально совпадающей с конседиментационными палеоподнятиями и их склонами, по сравнению с денудационно-аккумулятивными и аккумулятивными поверхностями, соответствующими палеовпадинам [5, 7]. Наиболее мощные КВ, достигающие мощности 70–90 м, изучены нами на туфогенных породах трубчатых тел А-49, А-50 и др. Однако в этом же районе встречены трубчатые тела с плохо выраженной КВ в верхних частях, что связано со слабой гидротермально-метасоматической переработкой пород до процессов корообразования. Исходные подвергшиеся выветриванию породы в таких трубках взрыва сложены сравнительно плотным пирокластическим материалом с мелкими обломками иных пород, кварца, халцедона, полевых шпатов, биотита и других

минералов. В группе полевых шпатов преобладают олигоклаз, разности ряда лабрадор – битовнит и микроклин. Среди первичных тяжёлых минералов резко доминируют по всему профилю выветривания рудные минералы (магнетит и ильменит). Менее распространены умеренно устойчивые (группа эпидота) и весьма устойчивые (циркон, гранаты, турмалин, рутил, сфен и дистен) минералы. Аутигенные минералы тяжёлой фракции часто почти полностью представлены гидроксидами железа (гётит, гидрогётит, реже гематит). В глинистой фракции изученных проб из низов профилей таких КВ присутствует в основном Mg-Fe-хлорит, ассоциирующий с Mg-Fe-монтмориллонитом, вермикулитом и небольшой примесью каолинита. Вверх по разрезу наблюдаются быстрое окисление и разложение хлорита, уменьшение роли вермикулита и монтмориллонита и увеличение неупорядоченного вермикулит-монтмориллонитового смешанослойного образования (ВМСО).

На многих кимберлитовых трубках Сибирской, Восточно-Европейской и Африканской (АП) платформ в верхних частях отмечена КВ. Так, в МБАР КВ кимберлитов установлена и нами изучена на трубках им. XXIII съезда КПСС, Дачная, Таёжная, Амакинская и Интернациональная. Наиболее детально изучен профиль КВ кимберлитов на трубке им. XXIII съезда КПСС, где определена более глубокая химическая переработка пород, чем в других диатремах региона. Исходные подвергшиеся выветриванию породы этой трубки представлены серой и голубовато-серой кимберлитовой брекчией. Преобладающая масса породы сложена агрегатами кальцита и серпентина с мелкими рассеянными выделениями магнетита. Количество обломочного материала редко превышает 25 %. В процессе выветривания возрастают трещиноватость пород и содержание пелитовых частиц. В лёгкой фракции преобладают серые, серовато-бурые глинистые и глинисто-железистые агрегаты, практически не разрушающиеся при дезагрегации пород. Присутствуют также обломки кварца, покрытые землистыми при-

мазками и «рубашками» вторичных продуктов изменения кимберлитов. Во фракции крупнее 0,1 мм отмечены выделения халцедона и зёрна плагиоклазов, связанные с разрушением обломков различных пород (траппов, терригенно-карбонатных и др.), содержащихся в кимберлитах. Встречается много чешуек слюд, которые уже в зоне дезинтеграции приобретают зеленоватую окраску, обусловленную замещением флогопита хлоритом (см. рис. 2). Среди первичных минералов тяжёлой фракции образований рассматриваемого типа КВ доминируют ильменит, гранаты, алмаз [5, 9, 16]. Содержание последнего уменьшается в процессе выветривания, вследствие чего в верхних частях профилей выветривания возрастает роль более устойчивого в гипергенных условиях пикроильменита [6]. В резко подчинённом количестве в элювии этого типа отмечены [5] хромит, хромдиопсид, турмалин, циркон, дистен, рутил, сфен и др.

Аутигенный комплекс минералов тяжёлой фракции чаще всего обогащён гидроксидами железа (гётит), гематитом, сидеритом. В пелитовой составляющей частично изменённых кимберлитов профилей выветривания появляются пластинчатые серпентины (структура которых состоит из слоёв типа А и В), ассоциирующие с гидрослюдой, неупорядоченными ВМСО, хлоритом (в отдельных профилях с вермикулитом) и монтмориллонитом. Гидрослюда связана в основном с диоктаэдризацией флогопита и наследует свойственный последнему политип 1М. В наиболее изменённых верхних горизонтах таких профилей выветривания в составе пелитовой составляющей увеличивается роль каолинита. Такие же особенности вещественного состава отмечены и для профилей выветривания кимберлитов трубок Дачная, Таёжная, Амакинская, а также отдельных диатрем других алмазоносных районов (см. рис. 2) Сибирской и Восточно-Европейской платформ. При этом для КВ последней характерным слоистым силикатом является сапонит, который, учитывая обеднённость кимберлитов этого региона реликтивными минералами-спутниками алмаза (ИМК), можно использовать как

индикаторный минерал трубок взрыва этих пород [9, 10].

Очень важно в практическом плане при проведении литолого-палеогеографических исследований оценить степень и характер концентрации в продуктивных осадочных толщах материала различных типов древних КВ. Так, на протяжении позднего палеозоя в МБАР унаследованное и некомпенсированное опускание отдельных участков территории привело к образованию ряда конседиментационных депрессий: Ахтарандинской на западе, Улахан-Ботубинской, охватывающей нижнее течение р. Большая Ботубия, и Кюеляхской в верховье р. Кюелях. Между этими депрессиями располагаются участки, испытывавшие относительно замедленное опускание территории. На западе района установлено Чернышевское поднятие, а в районе Улу-Тогинской петли р. Виллюй – Улу-Тогинское, совпадающее с осевой линией Ботубинского [3–5]. Всё это обусловило образование в пределах поднятий и их склонов осадков, обогащённых местным, а в депрессиях – преимущественно чуждым району материалом. Находки в базальных горизонтах поднятий заметных концентраций ИМК делают эти отложения перспективными на поиски коренных месторождений алмазов. Это подчёркивает то, что в позднедевонское–раннекаменноугольное время такие не открытые пока кимберлитовые тела подвергались довольно длительному и интенсивному выветриванию, приведшему к высвобождению первичных минералов кимберлитов, накоплению их в КВ, а затем и переотложению в осадочных бассейнах с последующим формированием россыпей различных генетических типов. Образованиями позднего палеозоя, в формировании которых значительную роль сыграли позднедевонские–раннекаменноугольные КВ, являются породы лапчанской, ботубинской и борулойской свит.

В базальных горизонтах *лапчанской свиты* (С₂l), соответствующей нижним частям верхнепалеозойских отложений района, отмечается самое высокое (по сравнению с другими толщами верхнего палеозоя) количество галек

кислых (гранитоидного состава) эффузивов (в 2–2,5 раза больше), известняков, известковистых песчаников и доломитов (больше в десятки раз), что указывает не только на преобладающую роль в период накопления осадков лапчанской свиты местного материала, но и на поступление гальки эффузивов преимущественно из среднепалеозойских образований. Грубозернистость материала и присутствие большого количества обломков в различной степени выветрелых терригенно-карбонатных пород свидетельствует о незначительной отдалённости участков накопления этих отложений от источников сноса, что, в свою очередь, говорит о возможном развитии среднепалеозойских осадков небольшой мощности и в пределах рассматриваемой площади. Это подтверждается также и близким морфологическим обликом минералов лёгкой и тяжёлой (рис. 4, а) фракций отложений лапчанской свиты с вулканогенно-кластическими образованиями среднего палеозоя и описанными выше КВ на терригенно-карбонатных породах раннего палеозоя. В разрезах лапчанской свиты, непосредственно залегающих на КВ терригенно-карбонатных пород, в нижних горизонтах отмечены максимальные концентрации каолинита и диоктаэдрической гидрослюда $2M_1$. Однако встречаются случаи, когда в нижних горизонтах лапчанской свиты диоктаэдрическая гидрослюда почти полностью исчезает (см. рис. 4, б). Пелитовой составляющей пород лапчанской свиты свойственна повышенная концентрация Mg-Fe-хлорита, по структурно-морфологическим особенностям близкого к установленному в КВ терригенно-карбонатных пород. Это, как и содержание, и состав грубообломочного материала, а также минеральные парагенезисы лёгкой, тяжёлой и глинистой фракций, позволяет считать, что в период формирования осадков лапчанской свиты в них преобладали продукты переотложения КВ терригенно-карбонатных пород раннего палеозоя и кластические образования среднего палеозоя при подчинённой роли выветрелых пород основного и ультраосновного составов.

В грубообломочном комплексе образований *ботуобинской свиты* (P_1bt) определено повышенное (до 60 %) содержание гальки кварцитов. Отсортирован обломочный материал в базальных горизонтах свиты обычно плохо. Не отмечены чёткие закономерности и в распределении главнейших минералов лёгкой, тяжёлой и глинистых фракций, что указывает на неравномерное распределение здесь переотложенного материала древних КВ. Основные породообразующие минералы – кварц и полевые шпаты. Для тяжёлой фракции характерны эпидот, различной степени окатанности циркон, турмалин, апатит, а также чешуйчатые выделения биотита, лепидомелана, мусковита, хлорита (см. рис. 4, а). Для нижних горизонтов характерны монтмориллонит, а также неупорядоченные МГСО и ВМСО, что свидетельствует о возрастании в этих частях разреза продуктов выветривания основного и ультраосновного составов и уменьшении влияния терригенно-карбонатных пород (см. рис. 4, б).

В грубообломочных породах *борулойской свиты* (P_2br) несколько увеличивается содержание обломков кварца. Основное отличие пород свиты от нижележащих каменноугольных и пермских отложений сводится к широкому присутствию в лёгкой и тяжёлой фракциях слюдястых минералов (биотита, мусковита и лепидомелана), нередко с примазками аутигенных железистых выделений. В пелитовой составляющей преобладают монтмориллонит и неупорядоченные МГСО и ВМСО, а в проницаемых породах (песчаниках и алевролитах) – пойменные и озёрно-болотные фации и каолинит. Соответственно снижается содержание гидрослюда и хлорита. Анализ особенностей минерального состава отложений борулойской свиты позволяет утверждать, что в процессе их формирования доминирующее влияние оказали продукты выветривания основных пород (среднепалеозойского возраста). Изменение по разрезу свиты концентрации каолинита и диоктаэдрической гидрослюда $2M_1$ подчёркивает различные концентрации материала продуктов выветривания терригенно-карбонатных пород.

Различные особенности и характер концентрации материала различных типов древних КВ характерны и для перспективных для поисков коренных и россыпных месторождений алмазов мезозойских осадочных толщ Западной Якутии. В мезозое в пределах АВНМП имелись, как уже отмечалось, две структурно-формационные зоны, которые характеризовались специфическими особенностями строения, наложившими определённый отпечаток на формировавшиеся осадки. Первая (северо-западная) зона, совпадает с северо-западным бортом АВНМП и располагается в пределах траппового плато (рис. 5). Здесь существовали условия денудационной и денудационно-аккумулятивной равнины, благоприятные для накопления осадков, в которых превалирует местный материал [3–5, 15–18, 24]. В это время вдоль бровки северо-западного борта прогиба в пределах МБАР на поверхность выходили кимберлитовые диатремы. Вторая (юго-восточная) зона совпадает с центральной (приосевой) частью прогиба, где в условиях низменной аллювиальной равнины (для иреляхской и укугутской свит) накапливались отложения, обогащённые преимущественно чуждым району полиминеральным материалом (рис. 6).

Таким образом, проведёнными исследованиями на примере отдельных алмазоносных районов Сибирской платформы показано, что результаты комплексного изучения древних КВ и продуктов их перемыва и переотложения можно успешно использовать при геолого-поисковых работах на закрытых территориях, в частности при стратиграфических и литолого-палеогеографических реконструкциях. Так, для верхнепалеозойских отложений рассмотренной территории характерна различная концентрация переотложенного материала древних КВ. Влияние выветрелых образований на формирование древних осадочных толщ может быть оценено не только на основании петрографического изучения грубообломочного материала, но и по результатам детального анализа фракций всего спектра минерального состава указанных толщ. Для характеристики степени выветрелости

материала в осадочных толщах можно использовать также структурные особенности слоистых силикатов, в частности соотношение основных базальных отражений диоктаэдрических слюд. В формировании рассматриваемых отложений, очевидно, определённое значение имеет терригенный материал, привнесённый из отдалённых кристаллических массивов. Однако, если он и присутствует в верхнепалеозойских отложениях изученных алмазоносных районов, то, вероятнее всего, связан с переотложением из более древних (в первую очередь, среднепалеозойских) толщ. Устанавливается чёткая зависимость обогащённости верхнепалеозойских отложений продуктами переотложения КВ от структурного положения конкретного участка, обуславливающего развитие здесь благоприятной для этого палеогеографической обстановки (подножий склонов и конусов выноса, денудационной или денудационно-аккумулятивной равнины). Верхнепалеозойские отложения, обогащённые продуктами переотложения КВ, тяготеют территориально к конседиментационным палеоподнятиям и их склонам, что имеет (при наличии в них кимберлитового материала) важное поисковое значение.

В отличие от МБАР локализация продуктов переотложения КВ в верхнепалеозойских отложениях ДААР характеризуется довольно специфическими чертами, что существенно облегчает проведение поисковых работ на территории последнего и делает их более эффективными. Здесь оконтуривание в базальных горизонтах каменноугольно-пермских отложений ореолов рассеяния продуктов перемыва и переотложения выветрелого кимберлитового материала приводит к открытию новых диатрем – источников этих продуктов. Это позволяет считать данные ореолы в большинстве своём первичными, т. е. не связанными с переотложением материала из более древних вторичных коллекторов. Для мезозойского времени в целом характерны специфические особенности перемыва и переотложения продуктов древних КВ, обусловленные развитием в МБАР двух структурно-формационных зон.

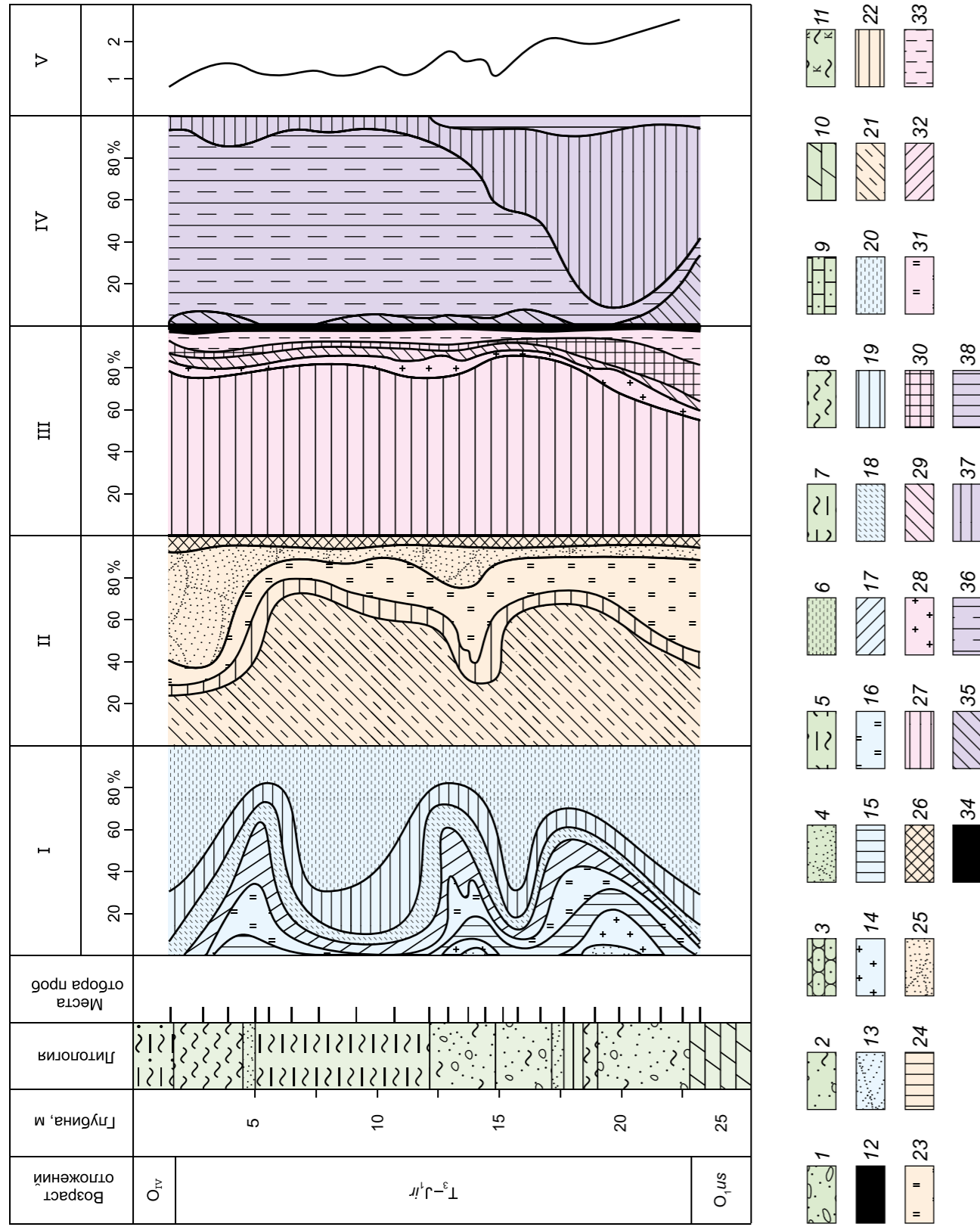


Рис. 5. Литолого-стратиграфический разрез отложений иреляхской свиты, вскрытых скважиной 31,5/5 (центральная часть МБАР):

литологическая колонка: 1 – галечники с гравием, 2 – галечники с песком, 3 – песчаники, 4 – пески, 5 – песчано-алеврито-глинистые породы, 6 – алевриты, 7 – алевритистые глины, 8 – глины, 9 – известковистые песчаники, 10 – доломиты, 11 – КВ; I – гранулометрический состав пород (мм): 12 – крупнее 2,5, 13 – 2,5–1,0, 14 – 1,0–0,75, 15 – 0,75–0,5, 16 – 0,5–0,25, 17 – 0,25–0,1, 18 – 0,1–0,05, 19 – 0,05–0,01, 20 – мельче 0,01; II – минеральный состав лёгкой фракции (0,1–0,05 мм): 21 – кварц, 22 – калиевые полевые шпаты, 23 – плагиоклазы, 24 – кремнисто-глинистые агрегаты, 25 – глинисто-железистые агрегаты, 26 – мусковит, биотит, хлорит и др.; III – минеральный состав терригенной части тяжёлой фракции (0,1–0,05 мм): 27 – ильменит и магнетит, 28 – лейкоксилированный ильменит, 29 – минералы группы эпидота (эпидот, цоизит, клиноцоизит и др.), 30 – амфиболы, 31 – турмалин, апатит, 32 – гранаты, 33 – циркон, 34 – сфен, пироксены, дистен и др.; IV – минеральный состав лёгкой фракции (0,1–0,05 мм): 35 – гидрослюда, 36 – монтмориллонит и неупорядоченные монтмориллонит-гидрослюдистые смешанослойные образования, 37 – каолинит, 38 – хлорит, вермикулит; V – соотношение $J(10 \text{ \AA}) : J(5 \text{ \AA})$

Fig. 5. Lithological and stratigraphic section of the deposits of the Irelyakh suite cut by well 31,5/5 (central part of MBDR):

lithological core: 1 – pebbles with gravel, 2 – pebbles with sand, 3 – sandstone, 4 – sands, 5 – sandy-silty-argillaceous rocks, 6 – siltstone, 7 – silty clays, 8 – clays, 9 – calcareous sandstone, 10 – dolomite, 11 – weathering crust; I – granulometric composition of rocks (in mm): 12 – larger than 2,5, 13 – 2,5–1,0, 14 – 1,0–0,75, 15 – 0,75–0,5, 16 – 0,5–0,25, 17 – 0,25–0,1, 18 – 0,1–0,05, 19 – 0,05–0,01, 20 – smaller than 0,01; II – mineral composition of the light fraction (0,1–0,05 mm): 21 – quartz, 22 – potassium feldspar, 23 – plagioclase, 24 – siliceous-argillaceous aggregates, 25 – clay-ferruginous aggregates, 26 – muscovite, biotite, chlorite, etc.; III – mineral composition of the terrigenous part of the heavy fraction (0,1–0,05 mm): 27 – ilmenite and magnetite, 28 – leucogenized ilmenite, 29 – minerals of the epidote group (epidote, zoisite, clinzoisite, etc.), 30 – amphibole, 31 – tourmaline and apatite, 32 – garnet, 33 – zircon, 34 – titanite, pyroxenes, disthene, etc.; IV – mineral composition of the light fraction (0,1–0,05 mm): 35 – hydromica, 36 – montmorillonite and disordered montmorillonite-hydromicaceous mixed-layer formations, 37 – kaolinite, 38 – chlorite and vermiculite; V – the ratio $J(10 \text{ \AA}) : J(5 \text{ \AA})$

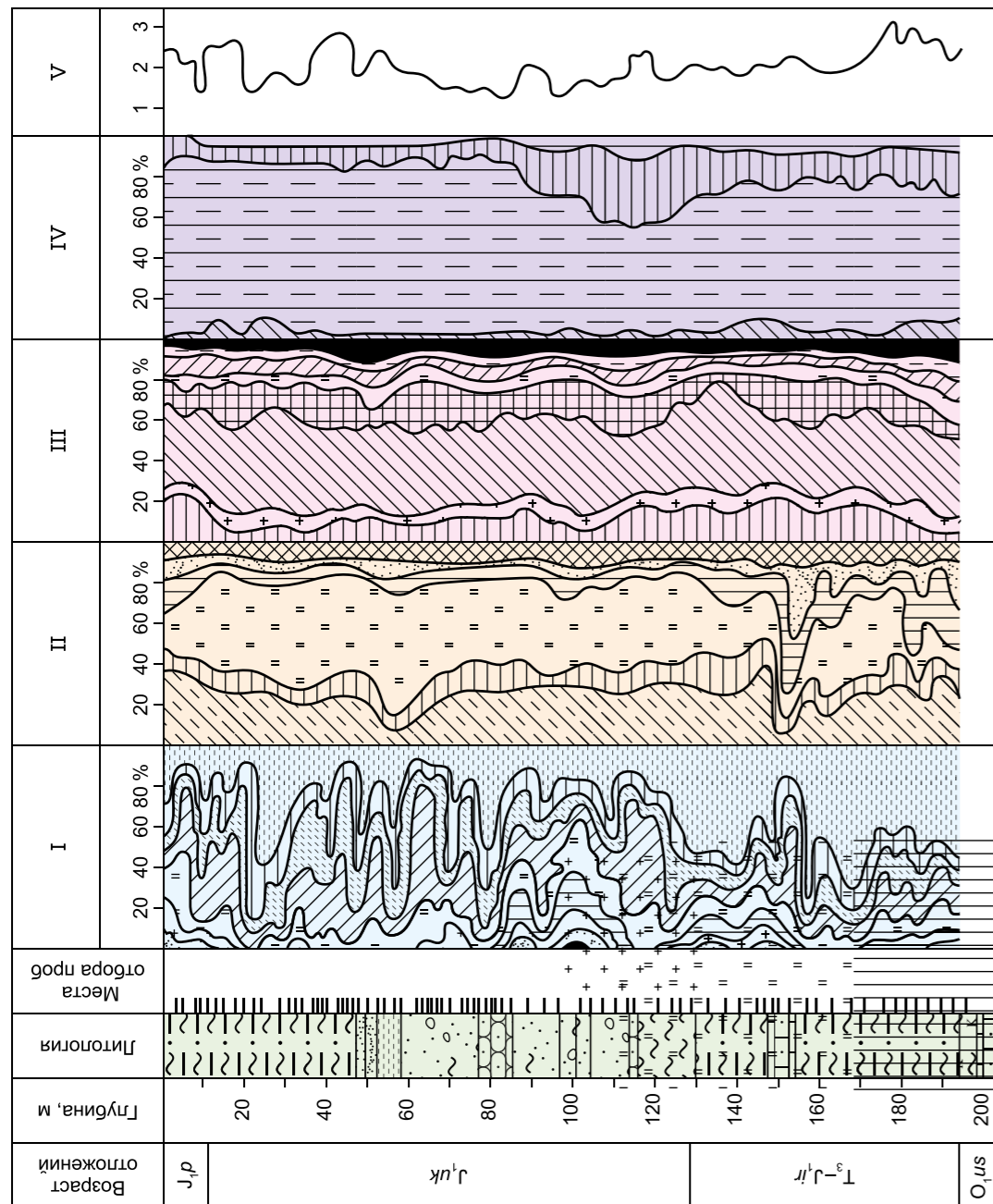


Рис. 6. Литолого-стратиграфический разрез мезозойских отложений, вскрытых скв. 814 в центральной части АВНМП:
усл. обозн. см. рис. 5

Fig. 6. Lithological and stratigraphic sections of the Mesozoic deposits cut by the well no 814 in the central part of Angara Vilyuyi superimposed Mesozoic trough:
see Fig. 5 for legend

Приведённые на примере древних осадочных толщ основных алмазоносных районов СП (МБАР и ДААР) материалы о возможном использовании при прогнозно-поисковых работах результатов литолого-минералогических исследований КВ и продуктивных на алмазы отложений можно успешно применять при изучении аналогичных толщ других алмазоносных районов СП, а также в других регионах древних платформ мира. Комплексное исследование формации КВ и продуктов их перетотложения в перспективных на алмазы регионах должно обязательно проводиться на всех стадиях работ и в первую очередь – при прогнозно-поисковых на закрытых территориях. Собранный с большими финансо-

во-материальными затратами каменный материал на таких территориях в обязательном порядке следует подвергнуть комплексным пофракционным литолого-минералогическим исследованиям, а не ограничиваться извлечением из него шлихов для анализа лишь минералов тяжёлой фракции, составляющей в большинстве случаев первые доли процентов от общего объёма пород. Неоценимую и полезную для практических целей информацию можно получить при изучении минералов лёгкой и, особенно, глинистой фракций, составляющих в верхних частях выветрелых кимберлитовых трубок до 95–99 % объёма, переводя их в разряд апокимберлитовых образований.

Список литературы

1. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н. Основные литодинамические типы ореолов индикаторных минералов кимберлитов и обстановки их формирования // Геология рудных месторождений. – 1999. – Т. 41, № 3. – С. 281–288.
2. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Полигенез алмазов в связи с проблемой коренных россыпей северо-востока Сибирской платформы // Доклады Академии наук. – 1998. – Т. 361, № 3. – С. 366–369.
3. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Логинова А. М. Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками // Записки Российского минералогического общества. – 2009. – Т. 138, № 2, С. 1–13.
4. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Тычков С. А. Проблема алмазоносности Сибирской платформы // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2002. – № 1. – С. 19–36.
5. Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Кузнецова Л. Г. Геодинамический контроль размещения кимберлитовых полей центральной и северной частей Якутской кимберлитовой провинции (петрохимический аспект) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2000. – № 3 (9). – С. 37–55.
6. Егоров К. Н., Зинчук Н. Н., Мишенин С. Г., Серов В. П., Секерин А. П., Галенко В. П., Денисенко Е. П., Барышев А. С., Меньшагин Ю. В., Кошкарев Д. А. Перспективы коренной и россыпной алмазоносности юго-западной части Сибирской платформы // Геологические аспекты минерально-сырьевой базы Акционерной компании «АЛРОСА»: современное состояние, перспективы, решения. Дополнительные материалы по итогам региональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы геологической отрасли АК «АЛРОСА» и научно-методическое обеспечение их решений», посвященной 35-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Мирный : МГТ, 2003. – С. 50–84.
7. Зинчук Н. Н. Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформ // Геология и геофизика. – 1992. – № 7. – С. 99–109.
8. Зинчук Н. Н. Задачи и возможности литолого-минералогических исследований при алмазопоисковых работах на закрытых территориях // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. – Якутск : ЯНЦ СО РАН, 2008. – С. 314–325.
9. Зинчук Н. Н., Борис Е. И., Яныгин Ю. Т. Особенности минерации алмаза в древних осадочных толщах (на примере верхнепалеозойских отложений Сибирской платформы). – М. : Мирнинская городская типография, 2004. – 172 с.

10. Зинчук Н. Н., Зуев В. М., Коптиль В. И., Чёрный С. Д. Стратегия ведения и результаты алмазопроисковых работ // Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53–57.
11. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И., Липашова А. Н. Типоморфизм алмазов из россыпей Сибирской платформы как основа поисков алмазных месторождений // Руды и металлы. – 1999. – № 3. – С. 18–31.
12. Зинчук Н. Н., Мельник Ю. М., Серенко В. П. Апокимберлитовые породы // Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 66–72.
13. Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Крайнов А. В. Кимберлиты в истории Земли. Учебное пособие // Труды НИИ геологии Воронежского государственного университета. – Воронеж : ВГУ, 2013. – Вып. 68. – 100 с.
14. Зинчук Н. Н., Спеццус З. В., Зуенко В. В., Зуев В. М. Кимберлитовая трубка Удачная. Вещественный состав и условия формирования. – Новосибирск : НГУ, 1993. – 147 с.
15. Квасница В. Н., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм микрокристаллов алмаза. – М. : Недра, 1999. – 224 с.
16. Котельников Д. Д., Домбровская Ж. В., Зинчук Н. Н. Основные закономерности выветривания силикатных пород различного химического и минералогического типа // Литология и полезные ископаемые. – 1995. – № 6. – С. 594–601.
17. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Типоморфные особенности и палеогеографическое значение слюдистых минералов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1996. – № 1. – С. 53–61.
18. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Особенности глинистых минералов в отложениях различных осадочных формаций // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1997. – № 2. – С. 53–63.
19. Мацюк С. С., Зинчук Н. Н. Оптическая спектроскопия минералов верхней мантии. – М. : Недра, 2001. – 428 с.
20. Харькив А. Д., Зуенко В. В., Зинчук Н. Н., Крючков А. И., Уханов А. В., Богатых М. М. Петрохимия кимберлитов. – М. : Недра, 1991. – 304 с.
21. Хитров В. Г., Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д. Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава // Доклады Академии наук СССР. – 1987. – Т. 296, № 5. – С. 1228–1233.
22. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Minin V. A., Tolstov A. V. Petrochemical evaluation of the Diamond potential of Yakutian kimberlite fields // Geochemistry International. – 2010. – V. 48, № 4. – P. 346–354.
23. Grachanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform // Doklady Earth Sciences. – 2015. – V. 465, № 2. – P. 1297–1301.
24. Serov I. V., Garanin V. K., Zinchuk N. N., Rotman A. Ya. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform // Petrology. – 2001. – V. 9, № 6. – P. 576–588.
4. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Tychkov S. A. Problema almazonosnosti Sibirskoi platformy [The problem of diamond bearing of the Siberian platform], *Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologiya* [Bulletin of the Voronezh State University. Geology], 2002, No 1, pp. 19–36. (In Russ.).
5. Vasilenko V. B., Zinchuk N. N., Kuznetsova L. G. Geodinamicheskii kontrol' razmeshcheniya kimberlitovykh polei tsentral'noi i severnoi chastei Yakutskoi kimberlitovoi provintsii (petrokhimicheskii aspekt) [Geodynamic control of the placement of kimberlite fields in the central and northern parts of the Yakut kimberlite province (petrochemical aspect)], *Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologiya* [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology], 2000, No 3 (9), pp. 37–55. (In Russ.).
6. Egorov K. N., Zinchuk N. N., Mishenin S. G., Serov V. P., Sekerin A. P., Galenko V. P., Denisenko E. P., Baryshev A. S., Men'shagin Yu. V., Koshkarev D. A. Perspektivy korennoi i rossypnoi almazonosnosti Yugo-Zapadnoi chasti Sibirskoi platformy [Prospects of indigenous and placer diamond bearing in the Southwestern part of the Siberian platform], *Geologicheskie aspekty mineral'no-syr'evoi bazy Aktsionernoi kompanii "ALROSA": sovremennoe sostoyanie, perspektivy, resheniya. Dopolnitel'nye materialy po itogam regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Aktual'nye problemy geologicheskoi otrasli AK "ALROSA" i nauchno-metodicheskoe obespechenie ikh reshenii"*, posvyashchennoi 35-letiyu YaNIGP TsNIGRI AK "ALROSA" [Geological aspects of mineral-the raw material base of the Joint-Stock Company "ALROSA": current state, prospects, solutions. Additional materials on the results of the regional scientific and practical conference "Actual problems of the geological branch of ALROSA and scientific and methodological support of their solutions", dedicated to the 35th anniversary of the YANIGP TSNIGRI of ALROSA], Mirnyi, MGT Publ., 2003, pp. 50–84.
7. Zinchuk N. N. Sravnitel'naya kharakteristika veshchestvennogo sostava kory vyvetrivaniya kimberlitovykh porod Sibirskoi i Vostochno-Evropeiskoi platformy [Comparative characteristics of the material composition of the weathering crust of kimberlite rocks of the Siberian and East European platforms], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 1992, No 7, pp. 99–109. (In Russ.).
8. Zinchuk N. N. Zadachi i vozmozhnosti litologo-mineralogicheskikh issledovaniy pri almazoposkovykh rabotakh na zakrytykh territoriyakh [Tasks and opportunities of lithological and mineralogical research during diamond prospecting in closed territories], *Problemy prognozirovaniya i poiskov mestorozhdenii almazov na zakrytykh territoriyakh* [Problems of forecasting and prospecting for diamond deposits in closed territories], Yakutsk, YaNTs SO RAN Publ., 2008, pp. 314–325.
9. Zinchuk N. N., Boris E. I., Yanygin Yu. T. Osobennosti mineragenii almaza v drevnikh osadochnykh tolshchakh (na primere verkhnepaleozoiskikh otlozhenii Sibirskoi platformy) [Features of diamond minerageny in ancient sedimentary strata (on the example of Upper Paleozoic deposits of the Siberian platform)], Moscow, Mirninskaya gorodskaya tipografiya Publ., 2004, 172 p.
10. Zinchuk N. N., Zuev V. M., Koptil' V. I., Chernyi S. D. Strategiya vedeniya i rezul'taty almazoposkovykh rabot [Strategy of conducting and results of diamond prospecting operations], *Gornyi vestnik* [Mountain Messenger], 1997, No 3, pp. 53–57. (In Russ.).
11. Zinchuk N. N., Koptil' V. I., Boris E. I., Lipashova A. N. Tipomorfizm almazov iz rossypei Sibirskoi platformy kak osnova poiskov almaznykh mestorozhdenii [Typomorphism of diamonds from placers of the Siberian platform as a basis for searching for diamond deposits], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 1999, No 3, pp. 18–31. (In Russ.).
12. Zinchuk N. N., Mel'nik Yu. M., Serenko V. P. Apokimberlitovye porodny [Apokimberlite rocks], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 1987, No 10, pp. 66–72. (In Russ.).
13. Zinchuk N. N., Savko A. D., Krainov A. V. Kimberlity v istorii Zemli. Uchebnoe posobie [Kimberlites in the history of the Earth. Textbook], *Trudy NII geologii Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of the Research Institute of Geology of Voronezh State University], Voronezh, VGU Publ., 2013, V. 68, 100 p.
14. Zinchuk N. N., Spetsius Z. V., Zuenko V. V., Zuev V. M. Kimberlitovaya trubka Udachnaya. Veshchestvennyi sostav i usloviya formirovaniya [Kimberlite pipe Udachnaya. Material composition and

References

1. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N. Osnovnye litodinamicheskie tipy oreolov indikatornykh mineralov kimberlitov i obstanovki ikh formirovaniya [The main lithodynamic types of halos of indicator minerals of kimberlites and the conditions of their formation], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], 1999, V. 41, No 3, pp. 281–288. (In Russ.).
2. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Poligenez almazov v svyazi s problemoi korennykh rossypei severo-vostoka Sibirskoi platformy [Polygenesis of diamonds in connection with the problem of indigenous placers of the Northeast Siberian platform], *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 1998, V. 361, No 3, pp. 366–369. (In Russ.).
3. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Loginova A. M. Osobennosti raspredeleniya rossypnykh almazov, svyazannykh s dokembriiskimi istochnikami [Features of the distribution of placer diamonds associated with Precambrian sources], *Zapiski Rossiiskogo mineralogicheskogo obshchestva* [Notes of the Russian Mineralogical Society], 2009, V. 138, No 2, pp. 1–13. (In Russ.).

- conditions of formation], Novosibirsk, NGU Publ., 1993, 147 p.
15. Kvasnitsa V. N., Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Tipomorfizm mikrokrystallov almaza [Typomorphism of diamond microcrystals], Moscow, Nedra Publ., 1999, 224 p.
16. Kotel'nikov D. D., Dombrovskaya Zh. V., Zinchuk N. N. Osnovnye zakonomernosti vyvetrivaniya silikatnykh porod razlichnogo khimicheskogo i mineralogicheskogo tipa [Basic laws of weathering of silicate rocks of various chemical and mineralogical types], *Litologiya i poleznye iskopaemye [Lithology and Mineral Resources]*, 1995, No 6, pp. 594–601. (In Russ.).
17. Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N. Tipomorfnye osobennosti i paleogeograficheskoe znachenie slyudistykh mineralov [Typomorphic features and paleogeographic significance of micaceous minerals], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration]*, 1996, No 1, pp. 53–61. (In Russ.).
18. Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N. Osobennosti glinistykh mineralov v otlozheniyakh razlichnykh osadochnykh formatsii [Features of clay minerals in deposits of various sedimentary formations], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration]*, 1997, No 2, pp. 53–63. (In Russ.).
19. Matsyuk S. S., Zinchuk N. N. Opticheskaya spektroskopiya mineralov verkhnei mantii [Optical spectroscopy of upper mantle minerals], Moscow, Nedra Publ., 2001, 428 p.
20. Khar'kiv A. D., Zuenko V. V., Zinchuk N. N., Kryuchkov A. I., Ukhanov A. V., Bogatykh M. M. Petrokhimiya kimberlitov [Petrochemistry of kimberlites], Moscow, Nedra Publ., 1991, 304 p.
21. Khitrov V. G., Zinchuk N. N., Kotel'nikov D. D. Primenenie klaster-analiza dlya vyyasneniya zakonomernosti vyvetrivaniya porod razlichnogo sostava [Application of cluster analysis to clarify the patterns of weathering of rocks of different composition], *Doklady Akademii nauk SSSR [Reports of the USSR Academy of Sciences]*, 1987, V. 296, No 5, pp. 1228–1233. (In Russ.).
22. Vasilenko V.B., Kuznetsova L.G., Minin V.A., Tolstov A.V. Petrochemical evaluation of the Diamond potential of Yakutian kimberlite fields, *Geochemistry International*, 2010, V. 48, No 4, pp. 346–354.
23. Grachanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform, *Doklady Earth Sciences*, 2015, V. 465, No 2, pp. 1297–1301.
24. Serov I. V., Garanin V. K., Zinchuk N. N., Rotman A. Ya. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform, *Petrology*, 2001, V. 9, No 6, pp. 576–588.

Автор

Зинчук Николай Николаевич

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, академик АН РС (Я)
председатель ЗЯНЦ
nnzinchuk@rambler.ru

Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) АН РС (Я),
г. Мирный, Россия

Author

Nikolai N. Zinchuk

PhD
Professor, Academician of the Academy of Sciences
of the Republic of Sakha (Yakutia)
Chairman
nnzinchuk@rambler.ru

West Yakutsk Scientific Center of the Academy of Sciences
of the Republic of Sakha (Yakutia), Mirny, Russia

ДИСКУССИИ

УДК 553.411.071

Новый тип золотого оруденения в породах фундамента Алдано-Становой золотоносной провинции

A new type of gold mineralization in the basement of the Aldan-Stanovoi gold-bearing province

Соколов Е. П., Бабкина Т. Г.,
Макогонов И. В., Линник И. А., Халгаев Е. У.,
Шматкова Л. Е., Анисимова Г. С.,
Кондратьева Л. А., Кардашевская В. Н.

Sokolov E. P., Babkina T. G.,
Makogonov I. V., Linnik I. A., Khalgaev E. U.,
Shmatkova L. E., Anisimova G. S.,
Kondrat'eva L. A., Kardashevskaya V. N.

Выявлен новый тип золотого оруденения в породах фундамента Алдано-Становой золотоносной провинции, в пределах Спокойнинского рудного узла Тыркандинского золотоносного района Южной Якутии. Разработана геологическая модель объекта золотого оруденения объёмного, нелинейного типа, связанного с элементами пликативных структур и взбросо-надвиговой тектоники во вмещающих метаморфических породах фундамента, представленной комбинацией залежеобразных тел с прожилково-вкрапленным сульфидно-(пирит)-кварцевым типом оруденения. Уточнён комплекс поисковых критериев и признаков, характеризующий данный тип оруденения, рудоносные залежи с золотокварцевой и золото-кварц-малосульфидной прожилково-вкрапленной минерализацией в породах фундамента и позднеюрско-раннемеловых магматических образованиях. Определена геолого-структурная позиция, морфологический тип, вещественный состав рудовмещающих пород и руд, основные параметрические характеристики. Выявлены интервалы с содержанием золота, отвечающие оценочным параметрам. Оценены прогнозные ресурсы кат. P₂.

Ключевые слова: поиски, золото, поисковые маршруты, каналы, бороздовое, штупное, литохимическое опробование, аномальное геохимическое поле, залежь, золотокварцевая, золото-кварц-малосульфидная минерализация, кварцевая жила, березиты, березитизация, ресурсы, рудопоявление, Спокойное рудное поле, Майское рудное поле, Спокойнинский рудный узел, Тыркандинский золотоносный район, Алданский район, Республика Саха (Якутия).

A new type of gold mineralization has been revealed in rocks of the basement of the Aldan-Stanovoi gold-bearing province, within the Spokoininsky ore cluster of the Tyrkandinsky gold-bearing region of southern Yakutia. A geological model has been created of an object with a bulk-minable nonlinear type gold mineralization related to elements of plicative structures and to the reverse fault type tectonics in the hosting metamorphic rocks of the basement. The modeled object is represented by a combination of lodes with veinlet-disseminated sulfide-(pyrite)-quartz mineralization. A complex has been refined of prospecting guides and criteria, that characterizes this mineralization type represented by the ore-bearing lodes with gold-quartz and gold-low-sulfide-quartz veinlet-disseminated mineralization in rocks of the basement and Late Jurassic-Early Cretaceous magmatic formations. The structural-geological position, the morphological type, the composition of the ore-hosting rocks and ores, and the principal parametric characteristics of the gold mineralization have been determined. Sampled intervals with the gold grades corresponding to the required parameters for the preliminary estimation have been distinguished in the exploration workings. Forecasted resources of the P₂ category have been assessed.

Keywords: geological exploration, gold, prospecting routes, trench, channel, lump, and lithochemical sampling, anomalous geochemical field, lode, gold-quartz, gold-low-sulfide-quartz mineralization, quartz vein, beresite, beresitization, resources, ore occurrence, Spokoinoe ore field, Maiskoe ore field, Spokoininsky ore cluster, Tyrkandinsky gold-bearing region, Aldan Region, Republic of Sakha (Yakutia).

Для цитирования: Соколов Е. П., Бабкина Т. Г., Макогонов И. В., Линник И. А., Халгаев Е. У., Шматкова Л. Е., Анисимова Г. С., Кондратьева Л. А., Кардашевская В. Н. Новый тип золотого оруденения в породах фундамента Алдано-Становой золотоносной провинции. Руды и металлы. 2022. № 2. С. 122–140. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10014.

For citation: Sokolov E. P., Babkina T. G., Makogonov I. V., Linnik I. A., Khalgaev E. U., Shmatkova L. E., Anisimova G. S., Kondrat'eva L. A., Kardashevskaya V. N. A new type of gold mineralization in the basement of the Aldan-Stanovoi gold-bearing province. Ores and metals, 2022, № 2, pp. 122–140. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10014.

В настоящее время в пределах Южной Якутии известны разведанные и разрабатываемые месторождения рудного золота куранахского, лебединского, самолазовского, угуйского, рябиновского, эльконского, пинигинского, морозкинского типов, принимаемых, как правило, в качестве аналогов при оценке вновь выявляемых в регионе золоторудных объектов.

В результате поисковых работ на рудное золото, выполненных АО «Якутскгеология» в 2018–2020 гг. в пределах площади Спокойнинского рудного узла, установлено, что ни один из перечисленных выше типов золотого оруденения данного узла не может быть использован, и для оценки его золотоносности в окончательном отчёте авторами была предложена геолого-поисковая модель золотого оруденения нового для региона типа.

Спокойнинский рудный узел расположен в пределах муниципального объединения «Алданский район» Республики Саха (Якутия) в 180 км восточнее федеральной трассы М-56 «Лена» и Амуро-Якутской железнодорожной магистрали. Площадь рудного узла (РУ) охватывает наиболее продуктивную юго-восточную часть Тыркандинского золотоносного района, перспективы золотоносности которого известны с 1912–1914 гг., когда здесь были открыты богатые россыпи золота. За всю историю освоения в районе добыто более 20 т золота.

В геологическом отношении площадь района находится на северном склоне позднеархейско-раннепротерозойской структуры – Алдано-Станового щита. Территория характеризуется большой глубиной эрозионного среза – на всей площади обнажён архейский кристаллический фундамент, сложенный гнейсами и кристаллосланцами сутамской и кюрикской свит джелтулинской серии нижнего архея. Породы фундамента мигматизированы, вмещают согласные и секущие тела архейских и протерозойских гранитов, ультрабазитов, габбро-диоритов и габбро-диабазов. По современным представлениям, отражённым в легенде Госгеолкарт-200 Алданской серии листов, изучаемая территория размещается в

пределах Восточно-Алданского района Алданской гранулитогнейсовой области и с тектонической позиции приурочена к зоне регионального Тыркандинского разлома северо-северо-западного простирания, мощность которого до 10–15 км.

В ходе мезозойской тектоно-магматической активизации Тыркандинская зона разломов подверглась деструкции: на неё наложены северо-восточные швы протяжённого Суннагинского разлома, являющиеся отражением глобального Северо-Станового дизъюнктива, расположенного южнее и контролирующего размещение впадин и грабенов, выполненных венд-нижнекембрийскими и мезозойскими осадочными образованиями.

Положение в узле пересечения региональных разломов предопределило интенсивную разрывную тектонику и магматизм мезозойского этапа активизации. Мезозойские магматиты представлены полями даек, мелкими штоками, сложенными породами монцонит-сиенитовой и щёлочно-сиенитовой формаций разнообразного состава: от диорит-порфири-тов до щёлочноземельных сиенитов, монцонитов, кварцевых сиенитов и граносиенитов. Становление интрузий сопровождалось контактово-метасоматическими и гидротермально-метасоматическими процессами в виде ороговикования, хлоритизации, эпидотизации, серицитизации, окварцеванием вмещающих пород. К ареалам мезозойских магматических пород тяготеют все известные в пределах района россыпи золота (например, россыпь р. Бол. Тырканда с запасами золота более 6 т и его средними содержаниями от первых десятков мг/м³ до 72 г/м³, отрабатываемая в настоящее время ГДК «Алдан») и проявления коренного золота.

Планомерные поиски рудного золота в районе впервые начаты в 1970–1973 гг. в при геолого-съёмочных работах масштаба 1 : 50 000 (Бураков Л. Ф., Верёвкин Н. И. и др., 1974 г.). В результате была выявлена обширная «заражённость» золотом пород архейского фундамента и мезозойского интрузивного комплекса (более 500 точек минерализации и рудопоявлений). Золоторудная минерализация

в большинстве случаев устанавливается по данным спектроскопии, реже пробирным анализом в развалах жильного кварца, сульфидно-кварцевых брекчий, окварцованных и сульфидизированных гнейсов, кристаллосланцев, даек ортофиоров, плагиопорфиоров. Золото в минерализованных породах самородное, свободное, размером 0,1–0,25 мм и крупнее, является источником богатых россыпей района. По данным отдельных выработок, мощность минерализованных и жильных зон 10–30 м, протяжённость от сотен метров до 3,5 км. Содержание Au преимущественно составляет доли грамма на 1 т, по отдельным рудопроявлениям достигает 10–16,8 г/т, Ag – 20–60 г/т, в некоторых пробах – 942 г/т. Большая часть рудопроявлений располагается в пределах четырёх рудных узлов: Спокойнинского, Желтулинского, Куранахского, Иджекского.

Спокойнинский РУ приурочен к участкам мезозойской активизации Тыркандинской зоны разломов (рис. 1). В плане он имеет овальную форму, вытянут на северо-запад, тяготея к полям проявления мезозойского магматизма. В пределах узла выделены потенциальные рудные поля: Орогдакитское, Глухаринское, Рыбное, Майское. И хотя в целом перспективы выявления месторождений рудного золота признавались довольно ограниченными, стоит отметить, что поисковые работы были ориентированы на обнаружение протяжённых линейных зон, а варианты с нелинейными объектами не рассматривались.

В начале 2000-х гг. старательской артелью «Тырканда» в пределах Спокойнинского рудного узла установлен ряд проявлений и пунктов минерализации рудного золота: Рыбное, Спокойный-1, Спокойный-2 с содержанием Au в кварцевых жилах по данным пробирного анализа от 1,58 до 45,8 г/т (пять проб), в среднем 14,8 г/т. Работами 2018–2020 гг. (Соколов Е. П., 2020г.), большинство этих данных не подтвердилось (ни Спокойный-1, ни Спокойный-2).

В 2003 г. проведена оценка ресурсов рудной золотоносности площади кат. P₂, P₃ с учётом результатов поисково-съёмочных работ и данных россыпной золотоносности (Ветлужских, Каменцев 2003 г.). При оценке общих ре-

сурсов россыпной золотоносности в 21 т, согласно методике «амурских» геологов (Мельников В. Д. Аномалии золотоносности Верхнего Приамурья: специальность 04.00.11 «Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений, металлогения»: автореф. на соискание учён. степ. д-ра геол.-минерал. наук. Владивосток, 1995. 58 с.), потенциал рудного золота следует ожидать в 3–4 раза больше, то есть не менее 70 т. Ресурсы рудной золотоносности площади кат. P₂ и P₃ оценены при содержании 3,7 г/т в 22 т. Расчёт выполнен на глубину 50 м, то есть на глубину 100 м прогнозная оценка составит 44 т.

В 2014 г. по результатам ГДП-200 апробированные прогнозные ресурсы рудного золота кат. P₃ Спокойнинского рудного узла оценены в 81 т. Перспективы связываются с золото-кварцевым (золото-малосульфидно-кварцевым) формационным типом оруденения. В качестве аналога взят Апсаканский рудный узел в Амурской области, включающий Бамское золоторудное месторождение золотокварцевой малосульфидной формации.

Другим возможным аналогом оруденения Спокойнинской площади может рассматриваться золоторудное месторождение Пинигинское, выявленное в конце 1990-х гг. в восточной части Эвотинского золотоносного района Центрально-Алданского района. Оно занимает центральную часть Верхне-Любкакайского рудного поля. На объекте были проведены поисковые и оценочные работы, по результатам которых подсчитаны запасы золота кат. C₂ – 16,3 т, прогнозные ресурсы кат. P₁ – 3,5 т, P₂ – 2,3 т, P₃ – 29,2 т.

В 2018–2020 гг. АО «Якутскгеология» в пределах Спокойнинского рудного узла провела поисковые работы масштаба 1 : 25 000 (Соколов Е. П., 2020 г.). Были уточнены границы рудных полей Спокойное (Рыбное) и Майское (рис. 2), в пределах которых по данным геохимической и геофизической съёмок (масштаб 1 : 25 000–1 : 10 000) выделены перспективные участки аномального геохимического поля (АГП) рангов «рудное месторождение» и «рудное тело», заверенные горными выработками (канавами мехпроходки), вскрытыми рудные

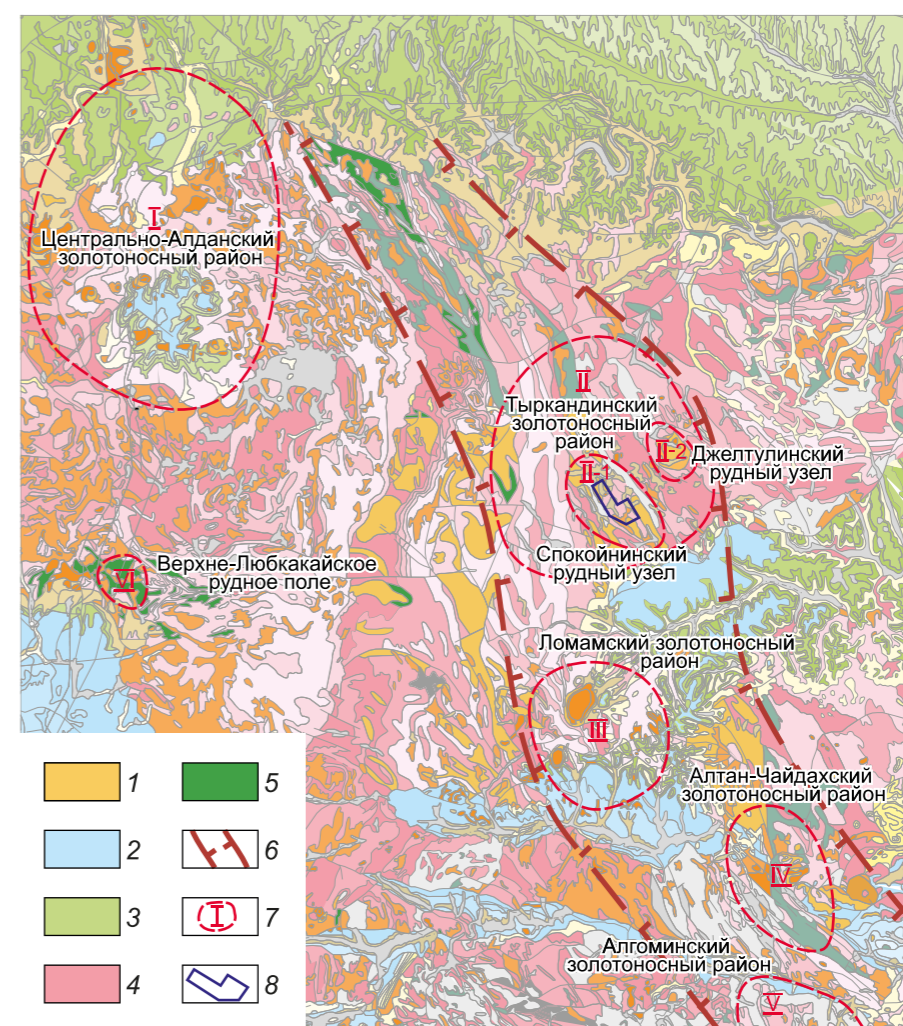


Рис. 1. Обзорная схема размещения основных золотоносных районов Алданского щита:

1 – проявления юрско-мелового сиенитового магматизма; породы осадочного чехла: 2 – юрские терригенные осадочные отложения, 3 – кембрийские карбонатные отложения; породы докембрийского фундамента: 4 – граниты, гнейсы, кристаллосланцы, 5 – метабазиты; 6 – зона Тыркандинского разлома, контролирующая известные россыпные месторождения и рудопроявления золота; 7 – золотоносные районы: I – ЦАР, II – Тыркандинский, III – Ломамский, IV – Алтан-Чайдахский, V – Алгоминский; VI – Верхне-Любкакайское рудное поле, II-1 – Спокойнинский рудный узел, II-2 – Джелтулинский рудный узел; 8 – площадь объекта

Fig. 1. Schematic map showing distribution of the principal gold-bearing areas of the Aldan shield:

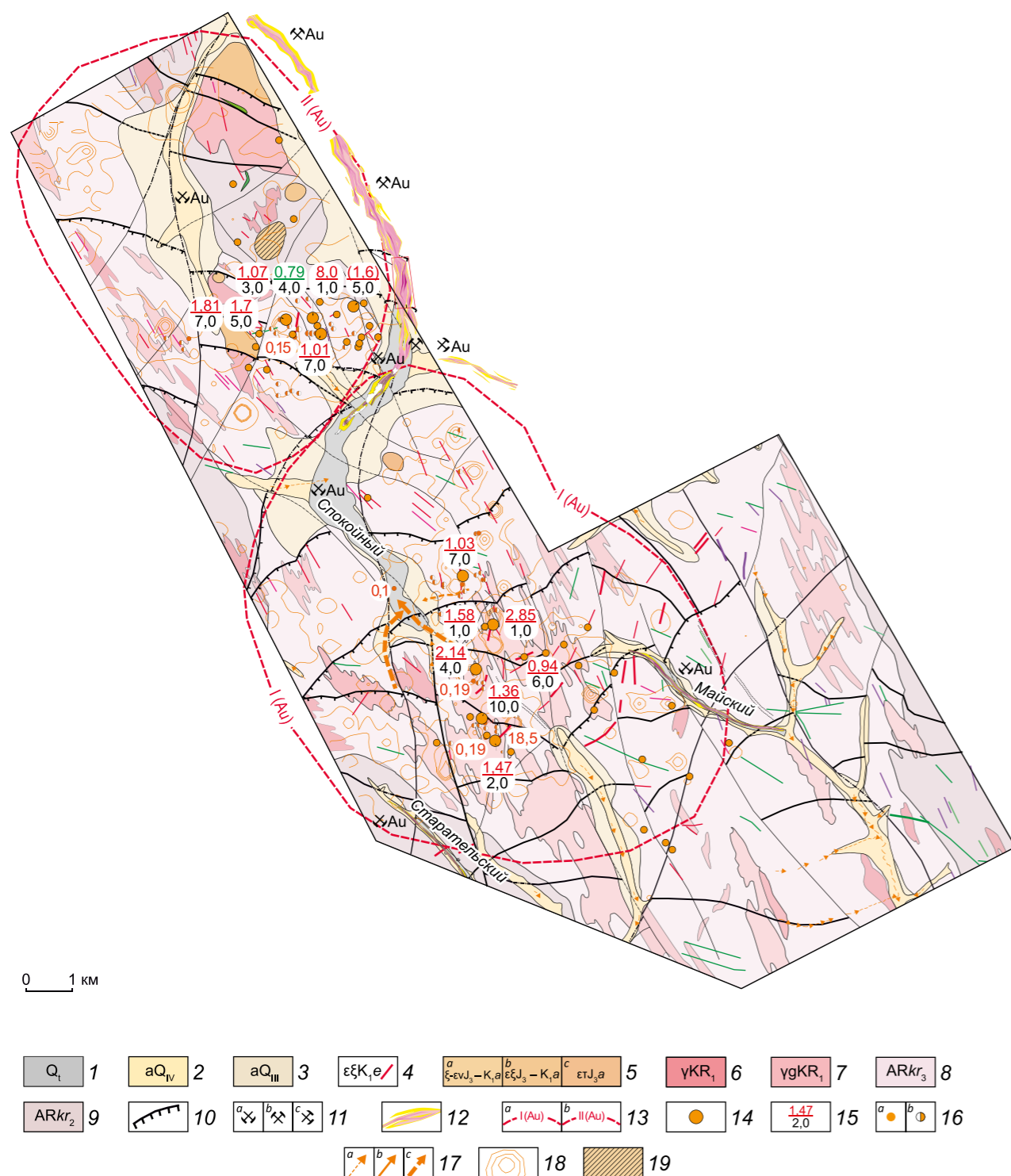
1 – manifestations of the Jurassic–Cretaceous syenite magmatism; sedimentary cover: 2 – Jurassic terrigenous deposits, 3 – Cambrian carbonate deposit; Precambrian basement: 4 – granites, gneisses, crystal schists, 5 – metabasites; 6 – Tyrkadinsky fault zone controlling the known gold placers and gold ore occurrences; 7 – gold-bearing regions: I – Central (TsAR), II – Tyrkandinsky, III – Lomamsky, IV – Altan-Chaidakhsky, V – Algominsky, VI – Upper-Lyubkakaisky ore field, II-1 – Spokoininsky ore cluster, II-2 – Dzheltulinsky ore cluster; 8 – object area

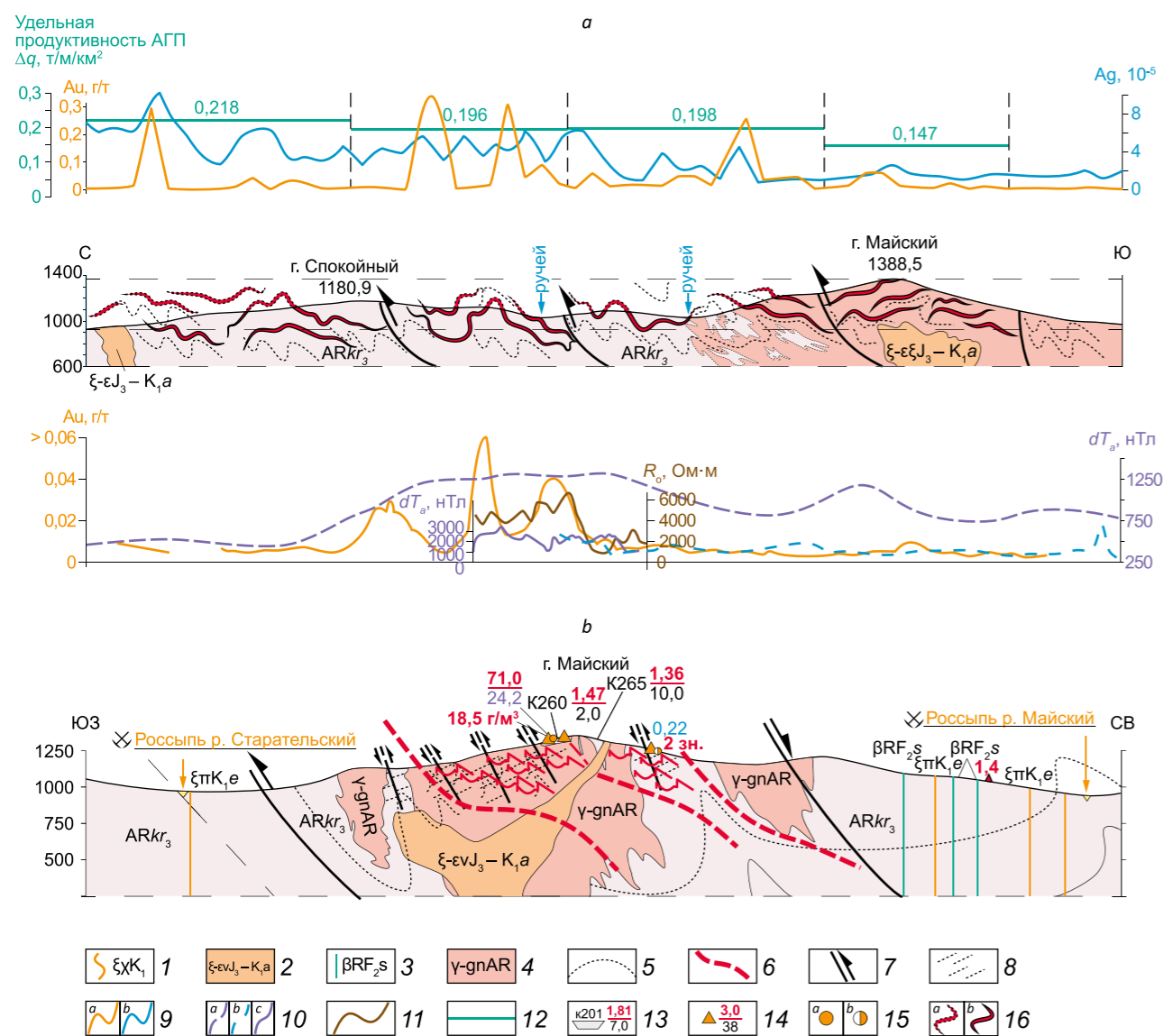
Рис. 2. Карта-схема геологического строения Спокойнинского рудного узла с данными по золотоносности:

1 – техногенные образования: перемывные отложения старательских полигонов; 2 – современные отложения: аллювий русел и низких пойм; 3 – верхнечетвертичные отложения: аллювий пойм, русел и надпойменных террас, флювиогляциальные отложения; 4 – дайки щелочных и щелочноземельных сиенитов; 5 – штоки: а – щелочноземельных сиенитов, б – пуласкидов, лаурвикитов, нордмаркитов, с – щелочные трахиты; 6 – граниты биотитовые, мусковитовые, гранатовые, гиперстен-амфиболовые, микроклиновые граниты, эндрбиты, нерасчленённые граниты; 7 – гранитизированные породы и гранитогнейсы разной степени гибридации; кюриканская свита: 8 – верхняя подсвита (гиперстеновые, биотит-гиперстеновые гнейсы и кристаллические сланцы); 9 – средняя подсвита (биотит-гиперстеновые, двупироксеновые гнейсы и кристаллические сланцы); 10 – взбросо-надвиги, контролирующие размещение высокоперспективных АГП ранга «рудное месторождение»; 11 – промышленная освоенность россыпей: а – полностью отработанные, б – разрабатываемые, с – законсервированные; 12 – россыпные месторождения золота с распределением вертикального запаса по данным поисково-разведочных работ; 13 – рудные поля: а – Спокойное (Рыбное), б – Майское; 14 – рудопроявления золота; 15 – параметры золотого оруденения в рудных телах, вскрытых канавами мехпроходки в результате поисковых работ 2019–2020 гг. Числитель – средневзвешенное содержание золота в бороздовых пробах (г/т), знаменатель – вскрытый рудный интервал (м); 16 – копушные пробы с содержанием свободного золота, выявленные по результатам поисковых работ 2018–2020 гг.: а – весовые содержания, г/м³, б – знаковые; 17 – содержание золота (г/т) по потокам рассеяния масштаба 1 : 200 000: а – 0,003–0,005, б – 0,005–0,007, с – > 0,007; 18 – аномалии золота, выявленные по результатам опробования по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1 : 25 000 и 1 : 10 000 поисковыми работ 2018–2020 гг.; 19 – участок максимальной продуктивности россыпи, запасы 2,02 т (32,4 %)

Fig. 2. Schematic map showing geological structure of the Spokoininsky ore cluster with the data on its gold-bearing potential:

1 – technogenous formations: reworked deposits of artisanal polygons; 2 – recent deposits: channel and low floodplain alluvium; 3 – Upper Quaternary deposits: floodplain, channel, above-floodplain terrace alluvium, fluvio-glacial deposits; 4 – dikes of alkaline and alkaline-earth syenites; 5 – stocks: a – alkaline-earth syenite, b – pulaskites, laurvikites, and nordmarkites, c – alkaline trachytes; 6 – biotite, muscovite, and garnet granites, hypersthene-amphibole microcline granites, enderbites, granites undivided; 7 – variously hybridized granitized rocks and granite gneisses; Kurikan Formation: 8 – upper subformation (hypersthene and biotite-hypersthene gneisses and crystal schists); 9 – middle subformation (biotite-hypersthene and two-pyroxene gneisses and crystal schists); 10 – reverse (to thrust) faults controlling distribution of highly promising anomalous geochemical fields of the “ore deposit” rank; 11 – degree of the industrial development of gold placers: a – completely exhausted, b – under operation, c – conserved; 12 – gold placer deposits with distribution of the vertical reserve, based on the exploration data; 13 – ore fields: a – Spokoinoe (Rybnoe), b – Maiskoe; 14 – gold primary occurrences; 15 – parameters of gold mineralization in ore bodies exposed by machine-driven trenches in the course of the 2019–2020 early-phase exploration. Numerator, weighed average gold content in the channel samples (g/t); denominator, length of the exposed ore-grade interval (m); 16 – shallow-pit samples containing free gold, distinguished by results of the 2018–2020 early-phase exploration: a – weight-grade contents, g/m³; b – sign-grade contents; 17 – gold concentrations (g/t) along 1 : 200 000 scale dispersion flows: a – 0,003–0,005, b – 0,005–0,007, c – > 0,007; 18 – gold anomalies revealed by 1 : 25 000 and 1 : 10 000 scale sampling of secondary haloes in the course of the 2018–2020 geochemical survey, 19 – section of the maximum placer productivity, reserve of 2,02 t (32,4 %)





залежи, представленные березитами по гнейсам с прожилково-вкрапленной пирит-кварцевой золоторудной минерализацией. Содержание Au в бороздовых пробах 0,14–17,3 г/т, Ag 2,2–252 г/т. Прогнозная оценка рудного золота кат. P₂ в двух вариантах составила 40,4 и 24,2 т.

Предложена геологическая модель золоторудного оруденения объёмного, нелинейного типа, связанного с элементами пликативных структур и взбросо-надвиговой тектоники во вмещающих метаморфических породах фундамента, представленного комбинацией залежеобразных тел с прожилково-вкрапленным суль-

фидно-(пирит)-кварцевым типом оруденения (рис. 3). Отмечено, что на момент окончания работ подобных объектов-аналогов в пределах Южно-Якутского региона не выявлено.

Участок Спокойный (Спокойное рудное поле) общей площадью 8,0 км² расположен на левобережье нижнего течения руч. Спокойный. Характеризуется сглаженным, низкогорным рельефом с абсолютными отметками не более 1081,6 м. Выположенные водоразделы покрыты глыбовым элювием амфиболовых гнейсов со стланиковым редколесьем. На карте локальной составляющей поля силы тяжести

Рис. 3. Геологическая модель золоторудного оруденения Спокойнинского рудного узла, а, б – продольный и поперечный разрезы соответственно:

1 – дайки и мелкие тела сиенит-порфиров; 2 – штоки щёлочноземельных сиенитов; 3 – дайки долеритов; 4 – гранитизированные гнейсы и гранитогнейсы; 5 – складчатость; разрывные нарушения: 6 – взбросо-надвиги, контролирующие золоторудное оруденение, 7 – сбросо-надвиги, взбросо-надвиги; 8 – зоны расщепления; на графиках: 9 – содержание во вторичных ореолах рассеяния: а – Au (г/т), б – Ag (н·10⁻⁵); 10 – магнитная восприимчивость dT_a (нТл): а – аэромагнитная съёмка, б – наземная магниторазведка, 2018 г., масштаб 1 : 25 000, с – наземная магниторазведка, 2019 г., масштаб 1 : 10 000; 11 – сопротивление R_o , Ом·м, наземная электроразведка, 2019 г., масштаб 1 : 10 000; 12 – удельная продуктивность АГП Δq (т/м²); 13 – канавы мехпроходки, номер канавы (числитель – средневзвешенное содержание Au по рудному интервалу, г/т, знаменатель – рудный интервал, м); 14 – штучная проба с указанием содержания Au (числитель) и Ag (знаменатель), г/т, при содержании Ag < 10 г/т значение не указывается; 15 – копушные пробы, содержание Au: а – > 10 знаков, весовые, г/м³, б – знаковые (1–10 знаков); 16 – залежи, представленные березитизированными гнейсами, гранитогнейсами с прожилково-вкрапленной сульфидной и кварц-сульфидной минерализацией: а – эродированные (источники россыпи руч. Спокойный), б – не подвергнутые эрозии; остальные усл. обозн. см. рис. 2

Fig. 3. Geological model of gold mineralization of the Spokoininsky ore cluster: (a) longitudinal section and (b) transverse section:

1 – dikes and small intrusive bodies of syenite porphyries; 2 – stocks of alkaline earth syenites; 3 – dolerite dikes; 4 – granitized gneisses and granite gneisses; 5 – folds; faults: 6 – reverse (to thrust) faults controlling gold mineralization, 7 – normal faults-thrust faults, reverse (to thrust) faults; 8 – shear zones; on the graphs: 9 – concentrations in the secondary dispersion haloes: a – Au (g/t), b – Ag (n·10⁻⁵); 10 – magnetic susceptibility dT_a (нТл): a – airborne magnetic survey, b – 2018 ground magnetic survey, scale 1 : 25 000, c – 2019 ground magnetic survey, scale 1 : 10 000; 11 – resistance, R_o , Ohm·m, 2019 ground electrical survey, scale 1 : 10 000; 12 – specific productivity of the anomalous geochemical fields, Δq (t/m²); 13 – mechanically driven trenches, trench number; numerator, weighed average Au content by the ore-grade interval, g/t; denominator, length of the ore-grade interval, m; 14 – lump sample; the Au and Ag contents (in g/t) are specified in the numerator and denominator, respectively (the Ag values < 10 g/t are not specified); 15 – shallow-pit samples, Au contents: a – > 10 gold particles (signs), weight-grade, g/m³, b – sign-grade (1–10 little gold particles); 16 – lodes represented by beresitized gneisses and granite gneisses with sulfide and quartz-sulfide veinlet-disseminated mineralization: a – eroded (sources of the Spokoinyi stream placer), b – not eroded; see Fig. 2 for the other legend

(рис. 4) участок находится между двумя локальными гравитационными минимумами (а, б), на которые дифференцируется экстремальная часть регионального Тыркандинского минимума. В региональном магнитном поле участок приурочен к зоне разрыва, потери корреляции высококонтрастных положительных аномалий северо-западного простирания, характеризующих Тыркандинский разлом, осложнённых наложением поперечными градиентными структурами северо-северо-восточного, северо-восточного направления, относящимися, вероятно, к структуре Суннагин-

ского разлома. Аномальное геохимическое поле отличается контрастными аномалиями содержания Au, Ag, Mo.

Геология участка определяется размещением его в пределах Майской синклиналиной структуры, сложенной архейскими метаморфическими образованиями кюриканской свиты, слабогранитизированными серыми, мелко-среднезернистыми амфиболовыми, биотит-амфиболовыми гнейсами с прослоями дупироксеновых, диопсидовых гнейсов. На территории участка Майская синклиналь представлена периклинальным замыканием,

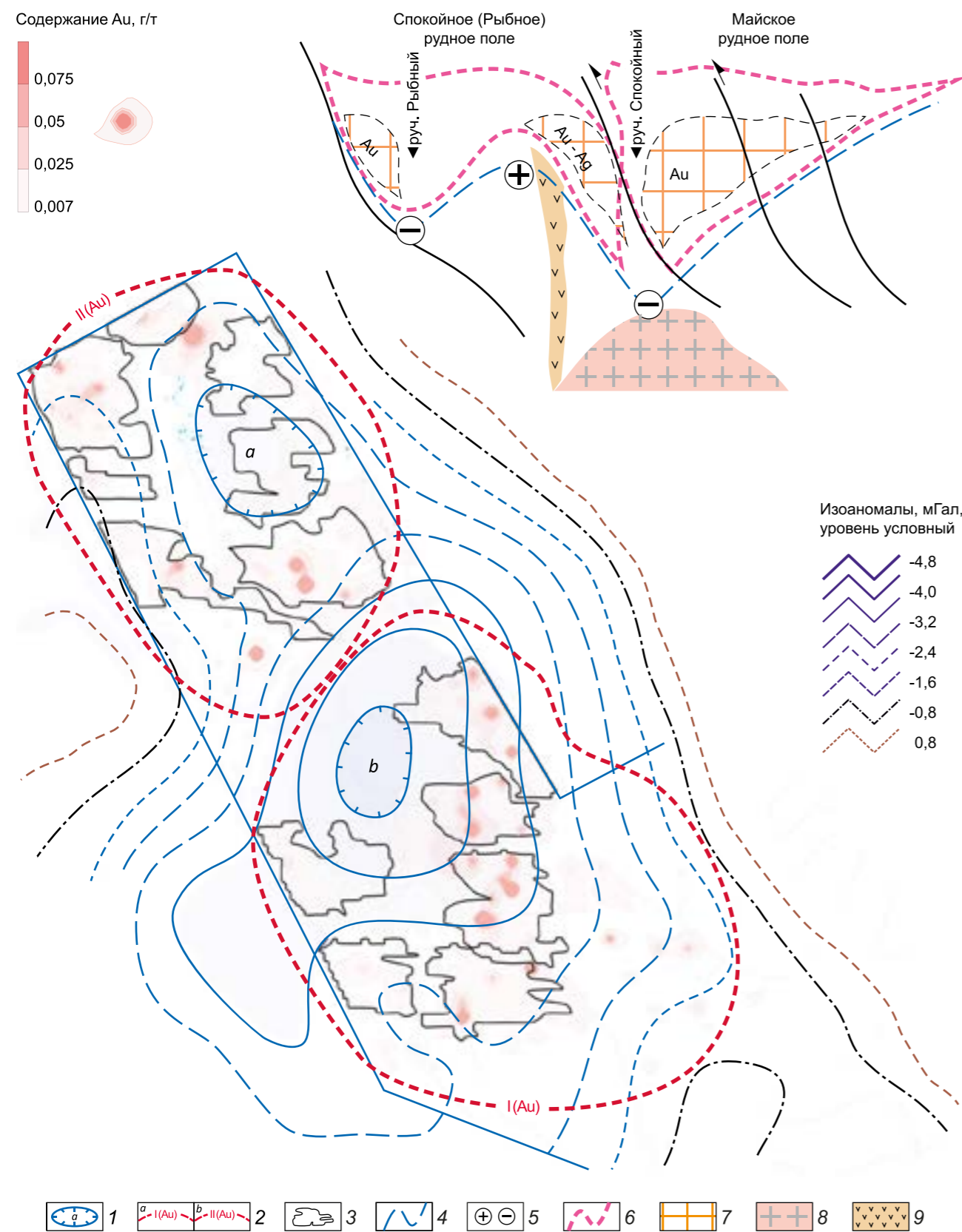


Рис. 4. Схема сопоставления геофизических и геохимических данных, на врезке – модель разреза золотого оруденения Спокойнинского рудного узла на основе обобщённого моделирования локальной составляющей поля силы тяжести:

1 – основные минимумы локальной составляющей поля силы тяжести в районе Спокойнинского рудного узла (по данным гравиметрической съёмки масштаба 1 : 200 000), генерирующие и контролирующие размещение рудных полей, интенсивность: *a* – 4,8 мГал (Майское), *b* – 2,4 мГал (Спокойное); 2 – рудные поля: I (Au) – Спокойное (Рыбное), II (Au) – Майское; 3 – высокоперспективные АГП, выделенные в ранге месторождения по данным геохимического опробования по вторичным ореолам масштаба 1 : 25 000; 4 – график локальной составляющей поля силы тяжести (условный уровень); 5 – положительные и отрицательные аномалии; 6 – предполагаемые контуры золотого оруденения; 7 – предполагаемые рудные штокверки; 8 – купол предполагаемого аномалеобразующего объекта (минимум Δg_a); 9 –

Fig. 4. Schematic chart showing matching of the geophysical and geochemical data. In the insert, a modeled section of gold mineralization of the Spokoininsky ore cluster, based on schematic modeling of the local component of the gravity field:

1 – principal minimums of the local component of the gravity field in the vicinity of the Spokoininsky ore cluster (based on data of the 1 : 200 000 scale gravimetric survey), generating and controlling distribution of the ore fields, intensity: *a* – 4,8 mGal (Maiskoe), *b* – 2,4 mGal (Spokoinoe); 2 – ore fields: I (Au) – Spokoinoe (Rybnoe), II (Au) – Maiskoe; 3 – highly promising anomalous geochemical fields of the mineral deposit rank, distinguished based on data of the 1 : 25 000 scale geochemical sampling by secondary haloes; 4 – chart of the local component of the gravity field (conditional level); 5 – positive and negative anomalies; 6 – the alleged contours of gold mineralization; 7 – the alleged ore stockwork; 8 – the dome of the alleged anomaly-forming object (minimum Δg_a); 9 –

хорошо выраженным в магнитном поле масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000. Данный фактор существенно повлиял на локализацию золотого оруденения.

Гнейсы инъецированы раннепротерозойскими гранитоидами и прорваны телами мезозойских магматитов – нордмаркитов, сиенитпорфиоров, роговообманковых и биотитовых порфиоров, минетт, спессартитов, вогезтов, формирующих штокообразные, залежные тела, дайки и линзующиеся тела с резкими раздувами, приуроченные к осевым частям осложняющих складок.

Разрывные структуры относятся к системам Спокойнинского (Тыркандинского) разлома, сдвиги, сдвига-взбросы северо-западного простирания – Суннагинского разлома. Сбросы, взбросы имеют северо-восточное простирание, первые представлены наиболее ярко. Менее проявлены пологие срывы широтного, субширотного простирания, характеризующиеся как взбросо-надвиگی. Широтное и северо-

западное направления в пределах участка хорошо выражены аномалиями золота, отчасти серебра, образующими дискретную полосу. Наиболее контрастные аномалии золота сгруппированы на пересечении со структурами Суннагинского разлома северо-северо-восточного простирания, на водоразделе с абс. отм. 1081,6 м, во фронтальной части широтного взбросо-надвига по руч. Банный, образуя близкие к изометрическим аномалии. Здесь последние заверены канавами, вскрывшими пологозалегающие (10–20°) зоны расланцевания широтного, субширотного простирания, вмещающие золоторудные тела и являющиеся секущими, субсогласными к общему залеганию гнейсов. Морфологически рудные тела, вскрытые канавами, образуют пологозалегающие линзо-лентообразные залежи в зонах расланцевания с волнистой поверхностью, кулисообразно сменяющие друг друга в широтном направлении при выклинивании по простиранию. Углы падения пологие, от

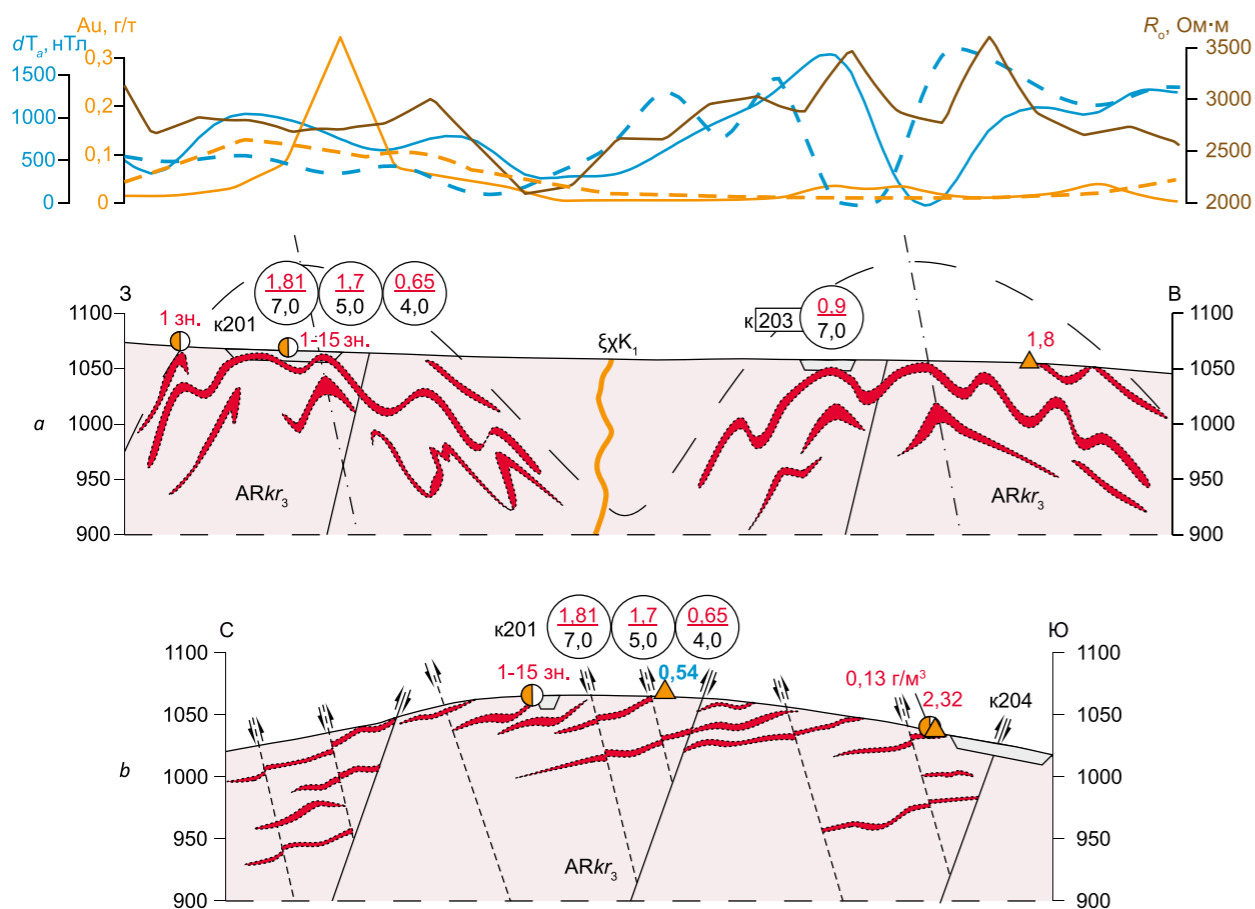


Рис. 5. Геологическая модель золотого оруденения рудного поля Спокойное (участок Спокойный):

разрезы: *a* – продольный, *b* – поперечный; усл. обозн. см. рис. 3

Fig. 5. Geological model of gold mineralization of the Spokoinoe ore field (Spokoinyi site):

sections: *a* – longitudinal, *b* – transverse; see Fig. 3 for the legend

менее 10 до 30°, реже 40°. Общий азимут падения на север. Мощность отдельных залежей, вскрытых канавами, от 0,1–0,5 до 1,6–2,5 м. Рудные интервалы выделяются опробованием, содержание Au по результатам пробирного анализа составляет 0,14–17,3 г/т, Ag – 2,2–252,0 г/т. Рудные зоны, по мнению авторов, представляют собой эшелонированную систему лестничных залежей, группирующихся в пологопогружающиеся рудные столбы во фронтальной части взбросо-надвиговой зоны (рис. 5).

Золотое оруденение относится к прожилково-вкрапленному типу золотокварцевой ма-

лосульфидной формации. Вещественный состав рудных тел – интенсивно изменённые гнейсы, преобразованные в березиты и березитизированные породы (рис. 6). Внешне березиты представлены желтоватыми, розоватыми, желтовато-рыжеватыми мелкозернистыми породами с массивной и полосчато-брекчиевой текстурой, содержащими мелкокрапленную сульфидную минерализацию и кварц-сульфидные прожилки и линзы. Сильно окисленные разности имеют вид рыжеватой, бурой рыхлой охристой массы, с обломками друзовидного кварца с сульфидной

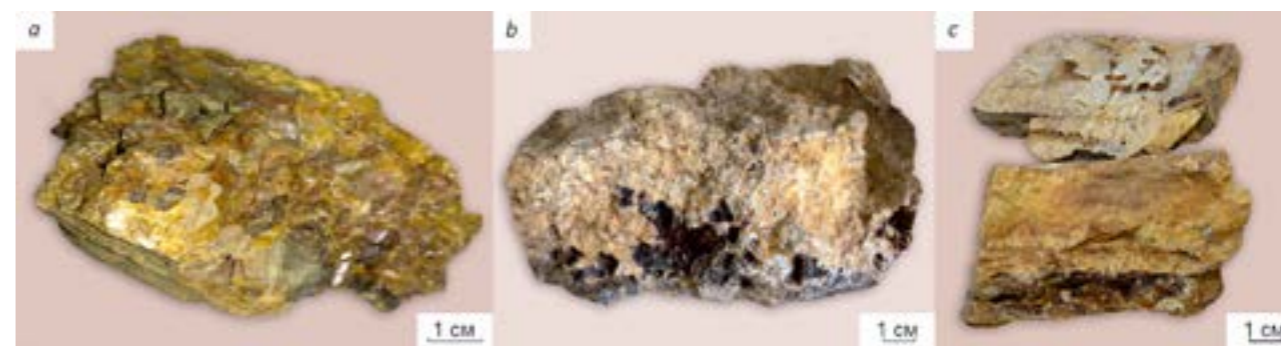


Рис. 6. Образцы рудных тел с золотом, рудное поле Спокойное (участок Спокойный):

содержание Au (г/т): *a* – 4,46, *b* – 1,5–4,22, *c* – 2,48–17,7

Fig. 6. Specimens with gold from ore bodies of the Spokoinoe ore field (Spokoinyi site):

Au contents (g/t): *a* – 4,46, *b* – 1,5–4,22, *c* – 2,48–17,7

минерализацией. Березиты состоят из серицитизированной, карбонатизированной мелкозернистой кварц-полевошпатовой массы с мелкими вкрапленниками рудных минералов, реже наблюдается хлорит.

Околорудные гнейсы в минерализованных зонах утрачивают текстурный рисунок, подвергаясь брекчированию, смятию, катаклазу, перекристаллизации с образованием милонитов и кварц-полевошпатовых метасоматитов. В метасоматитах интенсивно развиваются процессы замещения вторичными минералами – каолинитом, серицитом, соссюритом, эпидотом, хлоритом, кальцитом, магнетитом. Переход от рудных интервалов с березитами и березитизированными гнейсами к неизменённым гнейсам плавный, через постепенное осветление породы, но достаточно быстрый, хорошо выражен в изменении цвета от желтоватых, желтовато-рыжеватых тонов к серым.

Кварц белый, сероватый, реже медово-жёлтый, местами прозрачный, скрытокристаллический, мелкокристаллический, мелкодрузовидный, окисленный, массивный и брекчеевидный, в тонких прожилках халцедоновидный, иногда гематитизированный. Образует прожилки, линзы, жеоды, мелкие сетчатые прожилки в березитах и березитизированных гнейсах мощностью от 0,5 мм до 1,0–15,0 см. Характерны выделения друзовидного, щётч-

ного кварца, жеод, форм с минерализацией пирита, реже халькопирита.

Главный рудный минерал – пирит – в разной степени окисленный, нередко крупный, кубический, до 1,0 см в поперечнике, нарастает на кристаллы щёток кварца. Мелкозернистый пирит, чаще окисленный, образует скопления, массивные прожилки мощностью до 0,5 см в основании кварцевых щёток и вмещающих березитах. Часто на кристаллах кварца наблюдаются пиритовая вкрапленность, сыпь. Халькопирит образует отдельные зёрна, мелкие гнёзда на контакте с пиритом и в кварце. Иногда отмечаются малахитовые оторочки. Редко в гнездовых скоплениях пирита, халькопирита и в кварце встречается единичная вкрапленность золота. Золото чаще всего неправильной морфологии, комковидное, цементационное и пластинчатое (рис. 7), образующееся в микропорах и микротрещинах милонитизированных, катаклазированных, брекчиевых метасоматитов и в березитах.

Пик пробности самородного золота участка Спокойный приходится на относительно низкопробную разность (701–800 ‰) и составляет около 60 %, на долю среднепробного золота (801–900 ‰) попадает 30 %. Низкопробные, высокопробные и весьма высокопробные золотины в сумме составляют 10 %. Типоморфные элементы-примеси в самородном золоте

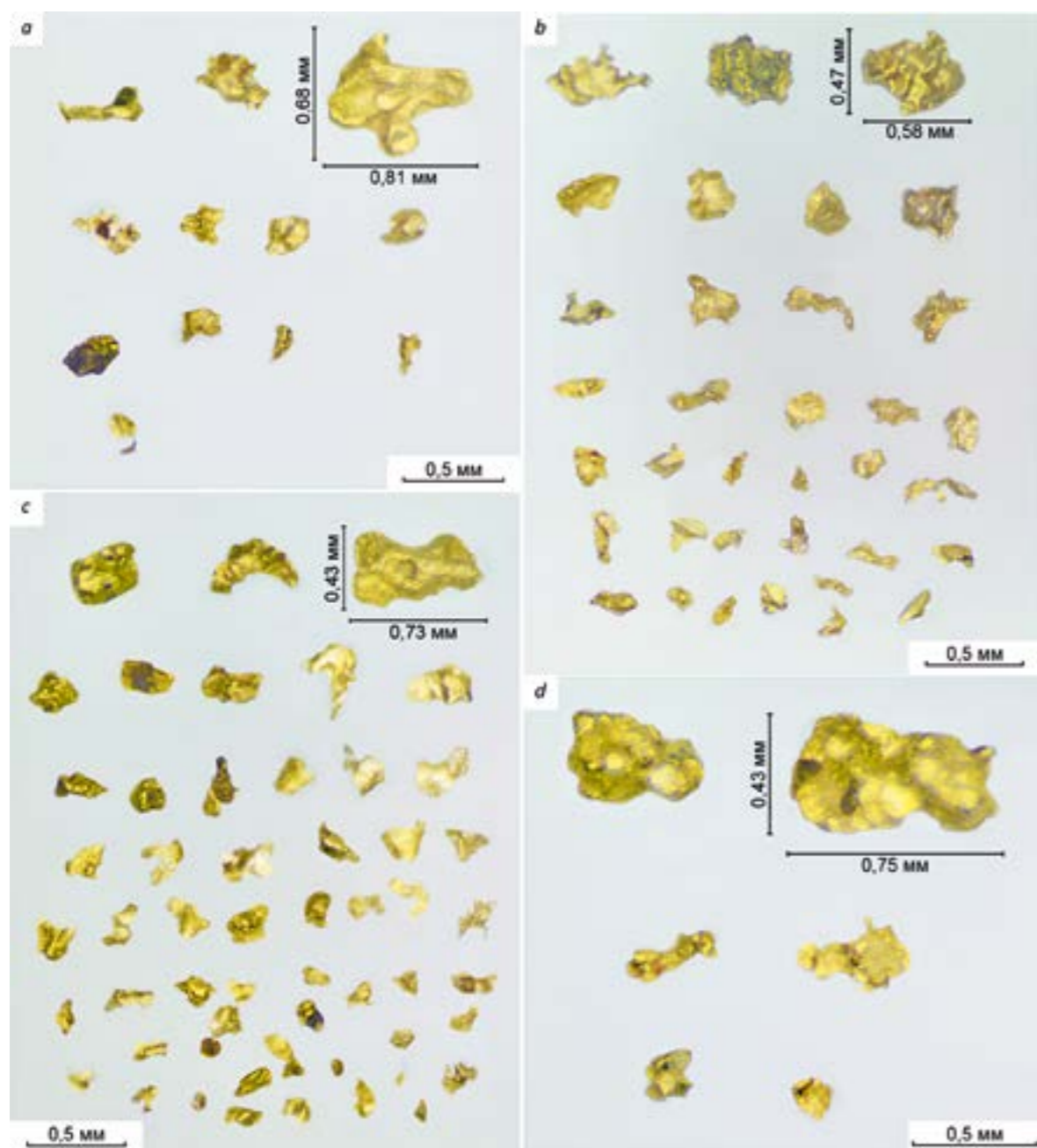


Рис. 7. Образцы самородного золота из промытых копушных проб при заверке геохимических аномалий золота, рудное поле Спокойное (участок Спокойный):

a, b, d – из делювия с обломками березитов и кварц-полевошпатовых метасоматитов, канава 204; *c* – из элювиальных развалов березитизированных гнейсов на водоразделе руч. Спокойный, канава 201

Fig. 7. Specimens of native gold from panned samples taken in shallow pits in the course of verification of geochemical gold anomalies, Spokoinoe ore field (Spokoinyi site):

a, b, d – from deluvium with berezite and quartz-feldspar metasomatite fragments, Trench 204; *c* – from eluvium dumps of berezitized gneisses at the Spokoinyi stream water divide, Trench 201

в рудах представлены Cu, Fe, Zn, As, Bi. Наиболее высокие содержания в золоте показывают Cu, Fe, Bi (до 0,2 %). Концентрация цинка, хотя он и встречается повсеместно, не превышает сотых долей процента. Низкопробные золотины присущи рудам поздней золото-серебро-теллуридной ассоциации, в большинстве своём находятся в виде прожилков и выделений в пирите, иногда в тесном сростании с гесситом и петцитом. Золото высокой пробы присутствует в гидроксидах железа.

В выделенных рудных интервалах, содержащих золото, отмечаются повышенные концентрации меди, свинца, серебра, редко мышьяка и висмута. Наиболее высокие концентрации характерны для Cu (500–5000 г/т), Pb (100–200 г/т), Bi (50–100 г/т) и Ag (60–200 г/т).

Участок Майский (Майское рудное поле) общей площадью 12,0 км² охватывает водораздел ручьёв Спокойный, Майский и Таборный. В целом отличается среднегорным рельефом с повышением абсолютных отметок с севера на юг от 1180,9 м (тригопункт Спокойный) до 1388,5 м (тригопункт Майский) (водораздел ручьёв Спокойный, Майский, Таборный).

В региональном геофизическом поле на карте локальной составляющей поля силы тяжести участок приурочен к юго-восточному борту гравитационного минимума (см. рис. 4, *a*), значительно растянутого, вытянутого в юго-восточном направлении, что свидетельствует о пологом залегании юго-восточной части конструкции локальной составляющей поля силы тяжести, на которые дифференцируется экстремальная часть регионального Тыркандинского минимума. Конфигурация регионального магнитного поля близка к дугообразной, пространственно примерно соответствует изометрическому минимуму локальной составляющей поля силы тяжести (см. рис. 4, *a*).

В аномальном магнитном поле также наблюдаются элементы кольцеобразного расположения его неоднородностей, особенно заметные на схеме локальной составляющей. В пределах участка ориентировка магнитных аномалий сменяется с северо-западной на юге на субширотную на западе. В северо-западной части участка общее северо-западное направ-

ление восстанавливается и далее продолжается в северо-западном направлении система сложнопостроенных, разноориентированных аномалий. Аномальное геохимическое поле характеризуется дифференцированной структурой с обособленными аномалиями Au, образует аномальные концентрации в полосе северо-северо-восточного простираения в правом борту руч. Спокойный, дугообразно огибающая эпицентр гравитационного минимума (см. рис. 4, *a*) и затухая, рассеиваясь в юго-восточном направлении по мере выполаживания гравитационной воронки.

Аномалии Ag распространены и пространственно совмещены с аномалиями Au на севере участка. Примечательно, что увеличение концентрации серебра на участке происходит в области гипсометрического понижения водораздела к северу. В южной же половине участка, в наиболее возвышенной части рельефа (тригопункт г. Майский 1388,5 м), серебро практически отсутствует, золото ведёт себя обособленно, в виде полосы выделяется зона юго-восточного простираения, где золото пространственно совмещено с аномалиями W и Mo. В пространственном размещении аномалий Au отмечается довольно хорошо выраженная структура, которая весьма уверенно коррелирует со структурными неоднородностями аномальных геофизических полей. Общее аномальное поле золота разбивается на три части с увеличением числа аномалий и их концентраций к северу. Как и на участке Спокойный, группировка аномальных полей контролируется широтными и субширотными структурами типа взбросо-надвигов, обособливающих АГП ранга «рудные месторождения», внутри которых размещение и контроль оруденения обуславливаются элементами пликативных структур (приуроченность к осям складок) и срывами северо-западного и северо-восточного простираения.

Геология участка практически аналогична строению участка Спокойный. Участок расположен в пределах Майской синклинали структуры, в его строении участвуют метаморфические образования кюриканской свиты, амфиболовые, биотит-амфиболовые гнейсы с

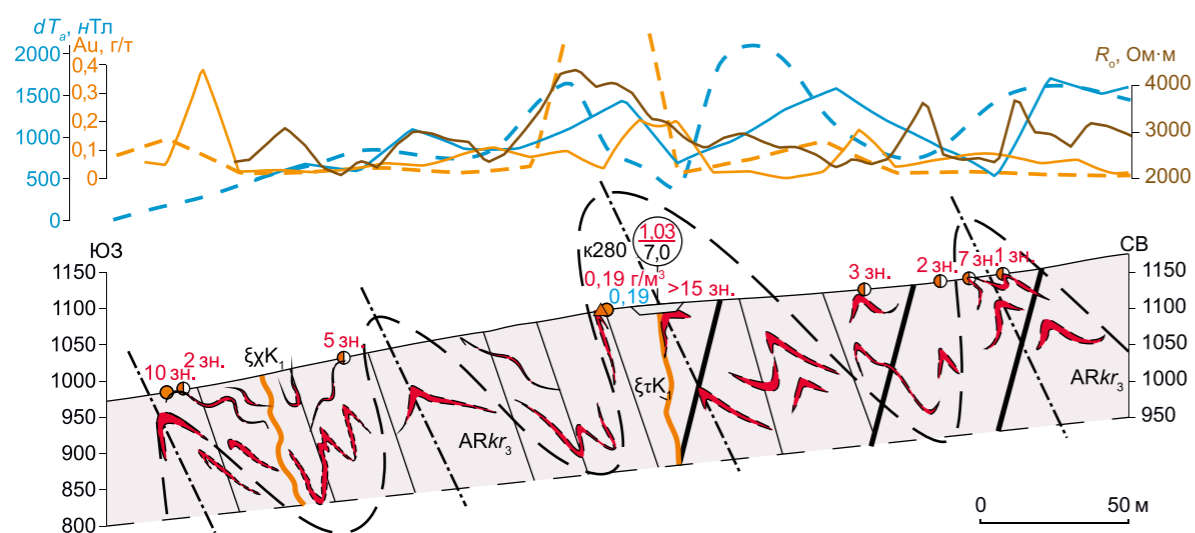


Рис. 8. Геологическая модель золотого оруденения рудного поля Майское (участок Майский):

усл. обозн. см. рис. 3

Fig. 8. Geological model of forecasted gold mineralization of the Maiskoe ore field (Maisky site):
for the legend see Fig. 3

прослоями дупироксеновых, диопсидовых гнейсов. Метаморфические породы смяты в линейные складки северо-западного простирания, элементы падения пластов варьируются от 35° на водоразделе ручьёв Майский–Спокойный до 85° на правом склоне долины руч. Майский. Основными его отличиями являются значительно более высокая степень гранитизации, особенно южной, наиболее возвышенной части, и отсутствие крупных выходов мезозойских магматитов.

Мезозойский магматизм проявлен в виде наличия частых даек, дайкообразных тел сиенит-порфиров, лампрофиров, выполняющих разрывы северо-западного, северо-восточного простирания. В северной более эродированной части рудного поля эрозионным срезом вскрыта штокообразная интрузия щёлочно-земельных сиенитов; подобные не вскрытые тела предполагаются и на юге участка (тригопункт г. Майский 1388,5 м) (см. рис. 3, а). В аномальном магнитном поле выходы мезозойских магматитов чаще всего фиксируются участками пониженных значений (ΔT_0). Маг-

матические тела, вскрытые канавами, имеют как крутое, так и пологое падение. Пологое залежьобразное залегание часто выражено и в магнитном поле.

На участке Майский хорошо проявлена корреляция мезозойских магматических образований и золоторудной минерализации, вскрытой канавами. На севере участка рудные зоны вскрыты канавами на контактах с телами сиенит-порфиров, лампрофиров, которые также слабозолотоносны. На юге выделенные геохимические аномалии золота ограничивают, трассируют высококонтрастные магнитные аномалии, дугообразно вытягивающиеся к юго-востоку и интерпретируемые как не вскрытые интрузивы. И хотя в канавах, вскрывших рудные зоны, мезозойские магматиты не найдены, при горно-подготовительных работах, при пересечении аномалии дорогой, сиенит-порфиры были обнажены.

Другой важный фактор – пликативные структуры, осложняющие Майскую синклинали. В канавах, вскрывших рудные тела, рудная минерализация локализована в зонах

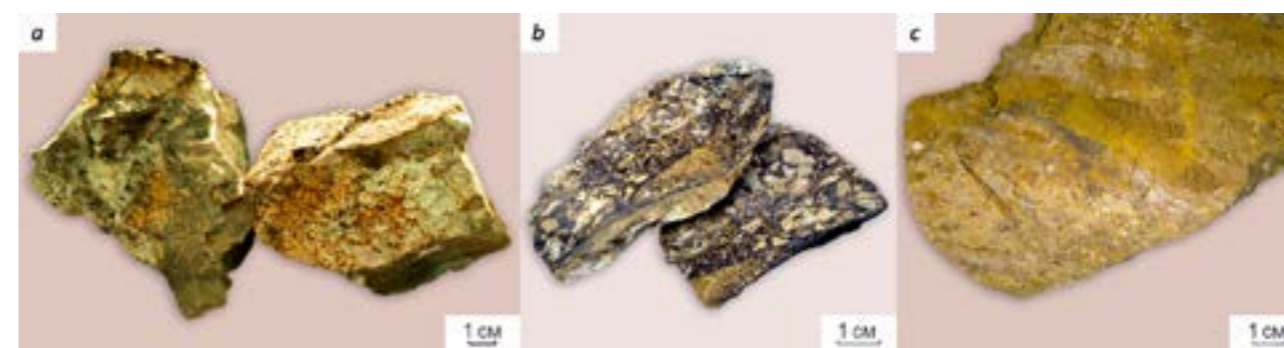


Рис. 9. Образцы рудных тел с золотом, рудное поле Майское (участок Майский):
содержание Au (г/т): а – 2,9, б – 71, с – 2,48

Fig. 9. Specimens with gold from ore bodies of the Maiskoe ore field (Maisky site):
Au content (g/t): a – 2,9, b – 71, c – 2,48

рассланцевания, кливажа, приуроченных к различным элементам складок, изгибам шарниров, поворотам крыльев, прочим осложняющим элементам (рис. 8).

Разрывные структуры относятся к системам Спокойнинского (Тыркандинского) и Суннагинского разломов. Основную рудоконтролирующую роль играют пологие структуры типа взбросо-надвигов широтного и субширотного простирания, контролирующие размещение АПП золота.

Золотое оруденение представлено прожилково-вкрапленным типом золото кварцевой малосульфидной формации. Вмещающими структурами служат зоны дробления, рассланцевания, кливажа как пологого, так и крутопадающего залегания, приуроченные к осложняющим элементам складчатых структур в гнейсах, гранитогнейсах и контролируемые диагональными срывами северо-восточного и северо-западного простирания, взбросами, сдвиго-взбросами.

Морфологически рудные тела образуют полого- и крутозалегающие залежи, тела сложной формы в зонах рассланцевания с углами падения от 10–20° до 70°. На полную мощность рудные залежи в канавах пересечь не удалось, рудные интервалы с золотым орудением выделялись опробованием и составляют 2,0–5,0, 7,0–10,0 м. Содержание золота

в бороздовых пробах по результатам пробирного анализа 0,2–4,85 г/т. По вещественному составу рудные тела представлены интенсивно изменёнными вмещающими породами, гнейсами и гранитогнейсами, преобразованными в березиты (рис. 9). Внешне березиты и околорудные изменённые породы имеют схожий облик с описанными выше метасоматитами рудного поля Спокойное.

Сравнивая морфологию самородного золота участков Спокойный и Майский, можно отметить большую встречаемость идиоморфного золота на участке Майский (рис. 10), что свидетельствует о его формировании в условиях открытого роста, возможно, в микрогнёздах среди друзовидного кварца или в брекчиях.

Пробность самородного золота участка Майский варьируется от 699 до 965 ‰. Распределение пробности так (%): 600–700 ‰ – 3,22; 701–800 ‰ – 22,58; 801–900 ‰ – 48,38; 901–950 ‰ – 20,97; 951–1000 ‰ – 4,85. При широком диапазоне изменения пробности основная масса золота (более 90 %) характеризуется пробностью от 700 до 950 ‰ с более высокой частотой встречаемости золотин с пробностью в интервале 801–900 ‰ (среднепробное золото). Низкопробные и весьма высокопробные разности встречаются редко.

Типоморфными элементами-примесями самородного золота в рудах участка Майский

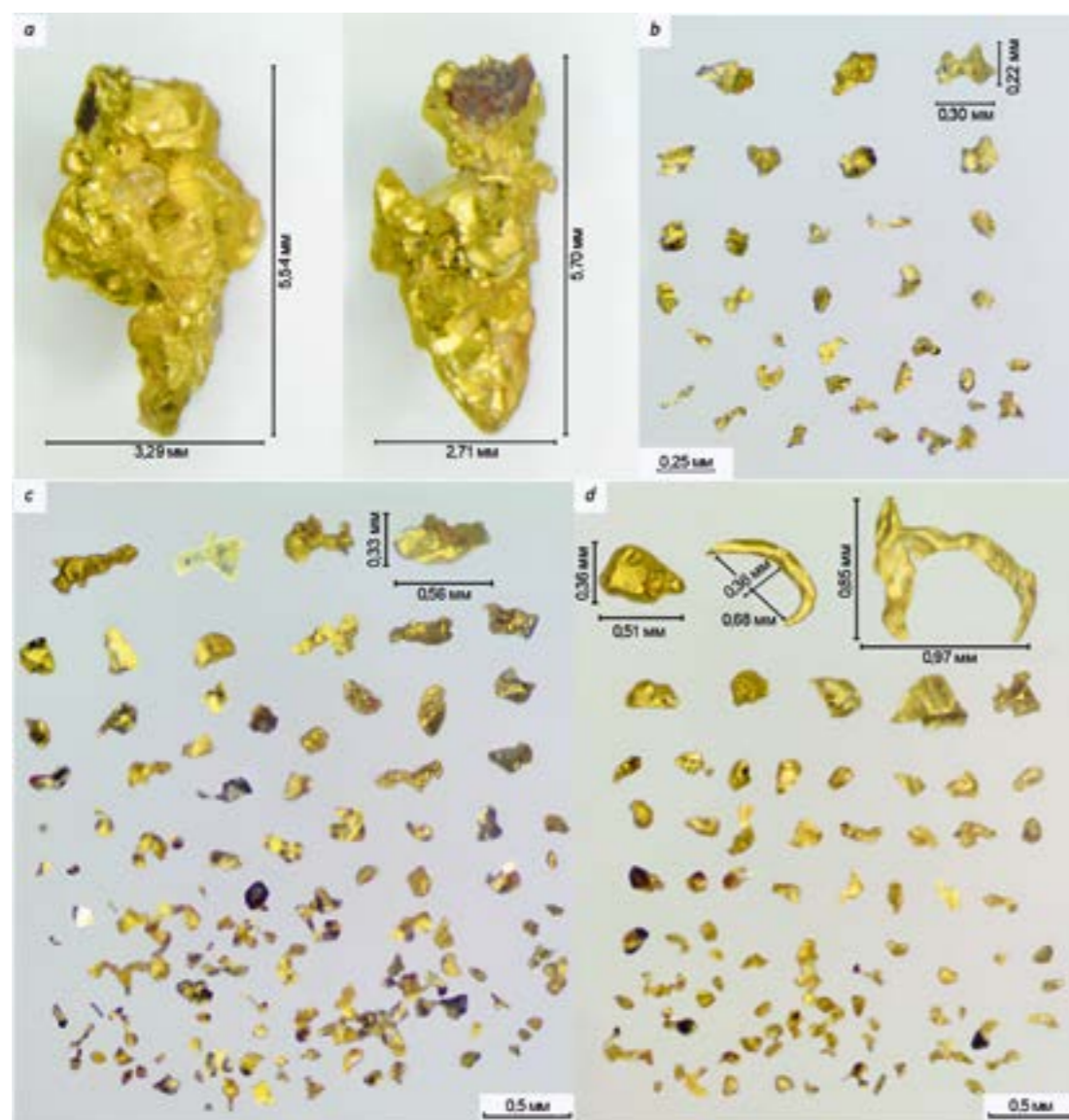


Рис. 10. Образцы самородного золота промытых протолок при заверке геохимических аномалий золота, рудное поле Майское (участок Майский):

a – с протопочки березитизированных гранитогнейсов, канава 260 (водораздел); *b* – промывка развалов кварц-полевошпатовых метасоматитов, канава 255 (средняя часть склона); *c* – из элювиально-делювиальных отложений вблизи вершины г. Майский; *d* – промывка элювия березитизированных гранитогнейсов, канава 260

Fig. 10. Specimens of native gold from panned crushed samples taken in the course of verification of geochemical gold anomalies, Maiskoe ore field (Maisky site):

a – from a crushed sample of berezitized granite gneisses, Trench 260 (water divide); *b* – panned concentrate of a dump of quartz-feldspar metasomatites, Trench 255 (middle section of a slope); *c* – from eluvium-deluvium deposits near the peak of the Maisky mountain; *d* – panned concentrate of eluvium of berezitized granite gneisses, Trench 260

являются Cu, Fe, Zn, As и Bi. Спорадически в золоте отмечаются примеси Pb, Sb и Hg. При этом наиболее высоким содержанием (до 0,2 %) в золоте отличается Bi. Концентрация Cu, Fe, Zn, As, несмотря на высокую частоту встречаемости (особенно Cu), не превышает сотых долей процента. Присутствие примесей Cu, Fe, Zn объясняется принадлежностью руд к парагенетическим минеральным ассоциациям золота: пирит-кварцевой и полиметаллически-кварцевой. Выделенные рудные интервалы с золотом характеризуются низкими содержаниями элементов-спутников и практически отсутствием серебра по результатам атомно-абсорбционного анализа.

На основе материалов предыдущих исследований и проведённых работ были выполнены структурный и металлогенический анализы, рассмотрены различные факторы золотого оруденения, предложена геологическая модель золотого оруденения Спокойнинского рудного узла. При этом изучались различные уровни среза:

- глубинный (300–400 м), с привлечением данных гравиметрических исследований масштаба 1 : 200 000, анализом локальной составляющей гравиметрического поля, выделением локальных минимумов, контролирующих размещение рудных полей Спокойное и Майское;
- среднеглубинный (50–200 м) с привлечением аэромагниторазведки масштаба 1 : 50 000 и наземной магниторазведки масштаба 1 : 25 000, материалов геолого-съёмочных работ масштаба 1 : 200 000–1 : 50 000, выделением складчатых и взбросо-надвиговых разрывных структур, контролирующих размещение аномальных геохимических полей ранга «рудное месторождение»;
- малоглубинный (10–100 м) с привлечением данных геохимического опробования масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000, наземных геофизических исследований (магниторазведки, электроразведки) масштаба 1 : 10 000, результатов геолого-съёмочных работ масштаба 1 : 50 000 и выделением аномальных геохимических полей ранга «рудное тело», участков, потенциально благоприятных для обнаружения рудных тел;

- поверхностный (0–10 м) с привлечением данных документации горных выработок (канав мехпроходки), минераграфических исследований договорных работ.

Подобный подход позволил выделить на разных уровнях факторы контроля и размещения золотого оруденения. Разработана модель золотого оруденения объёмного, нелинейного типа. Такая модель хорошо объясняет данные геохимических и геофизических исследований, логично встраивается в концепцию геологического строения Спокойнинского рудного узла по данным геолого-съёмочных работ масштаб 1 : 200 000 (Кардаш Е. А., 2014 г.), 1 : 50 000 (Бураков Л. Ф., Верёвкин Н. И. и др., 1974 г.).

Предложенная модель является идеей, требующей подтверждения. Для однозначного решения задачи необходимо проведение дальнейших поисковых горных работ с использованием канав мехпроходки, канав с применением буро-взрывных работ и профильное бурение колонковых скважин и др.

Выбранные ранее как месторождения-аналоги Пинигинское и Бамское не отвечают выявленному типу золотого оруденения в пределах Спокойнинского рудного узла, так как обнаруженное золотое оруденение локализуется в березитах по гнейсам и гранитогнейсам, непосредственно связано с мезозойскими магматитами субщелочных формаций, рудные тела представлены сложными залежами, нелинейным типом. Аналогов подобных объектов в пределах Алдано-Становой золото-рудной провинции не установлено. Ни одно из известных в пределах Алданского щита месторождений рудного золота куранахского, лебединского, самолазовского, угуйского, рябиновского, эльконского, пинигинского, морозкинского типов как аналог для выявленного в пределах Спокойнинского рудного узла типа оруденения не подходит.

На данной стадии изученности Тыркандинского золотоносного района для Спокойнинского рудного узла предлагается новая геологическая модель залежного типа золотого оруденения в гранитизированных метаморфических породах фундамента с прожилково-

вкрапленным малосульфидным золото-кварцевым типом минерализации. По вещественному типу руд (березиты с пирит-кварцевыми прожилками) оно имеет сходство с оруденением месторождения Морозкинское, по морфологическому типу рудных тел (приуроченность к складчатым структурам, зонам расслан-

цевания и кливажа) – с месторождением Тарынахское в Верхнеинди-гирском районе, по совокупности обозначенных позиций является оруденением нового – спокойнинского – типа. На наш взгляд, наиболее близким объектом-аналогом является месторождение рудного золота Благодатное (Енисейский кряж).

Авторы

Соколов Евгений Павлович

начальник комплексной геолого-поисковой партии
руководитель проекта ¹
Geol63@mail.ru

Бабкина Татьяна Георгиевна

кандидат геолого-минералогических наук
главный геофизик комплексной геофизической партии ¹
tgbab@mail.ru

Макогонов Иван Витальевич

начальник отряда комплексной
геолого-поисковой партии ¹
Ivanmak91@mail.ru

Линник Ирина Андреевна

геолог I категории комплексной
геолого-поисковой партии ¹
linnikIA@rusgeology.ru

Халгаев Егор Устинович

геолог II категории комплексной
геолого-поисковой партии ¹

Шматкова Людмила Егоровна

главный специалист по геолого-съёмочным
и геологоразведочным работам Геологического отдела ¹
Geolog0102@mail.ru

Анисимова Галина Семеновна

кандидат геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник ²
gsanisimova1952@mail.ru

Кондратьева Лариса Афанасьевна

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник ²
lkon12@yandex.ru

Кардашевская Вероника Николаевна

младший научный сотрудник ²
kardashevskaya92@mail.ru

¹ Центральная поисковая-съёмочная
экспедиция АО «Якутскгеология», г. Якутск, Россия

² Институт геологии алмаза
и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, Россия

Authors

Evgeny P. Sokolov

Head of the integrated geological search party ¹
Project Manager
Geol63@mail.ru

Tatiana G. Babkina

PhD
Chief geophysicist of the integrated geophysical party ¹
tgbab@mail.ru

Ivan V. Makogonov

Head of the unit of the integrated
geological search party ¹
Ivanmak91@mail.ru

Irina A. Linnik

Geologist of the I category of the complex
geological search party ¹
linnikIA@rusgeology.ru

Egor U. Khalgaev

Geologist of the II category of the complex
geological search party ¹

Lyudmila E. Shmatkova

Chief Specialist in geological survey and geological
exploration of the Geological Department ¹
Geolog0102@mail.ru

Galina S. Anisimova

PhD
Leading Researcher ²
gsanisimova1952@mail.ru

Larisa A. Kondrat'eva

PhD
Senior Researcher ²
lkon12@yandex.ru

Veronika N. Kardashevskaya

Junior Research Assistant ²
kardashevskaya92@mail.ru

¹ Central search and filming
Expedition "Yakutskgeologiya", Yakutsk, Russia

² Diamond and Precious Metal Geology Institute,
SB RAS, Yakutsk, Russia



ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ



27.04.1935–02.03.2022

Ян-жин-шин Владимир Александрович родился 27 апреля 1935 года в селе Нюрба Нюрбинского района Якутской АССР. Отец – Ян-жин-шин Александр, уроженец провинции Хэбэй, Китайская Республика, в СССР жил с 1926 г. Мать – Попова Фёкла Андреевна, урождённая Нюрбинского района. Родители были неграмотными, поэтому занимались различными видами неквалифицированной работы.

Детство прошло в с. Нюрба, городах Вилюйск и Якутск. В 1950 г. после окончания 7-го класса школы № 9 Якутска поступил на учёбу в Магаданский горный техникум Дальстроя, который окончил в 1954 г. В 1966 г. заочно окончил Иркутский политехнический институт.

В 1954–1976 гг. работал в Алданском районном геологоразведочном управлении Дальстроя (с 1961 г. – Аллах-Юньская геологоразведочная экспедиция Якутского территориального геологического управления), где прошёл путь от коллектора

до начальника геологоразведочной партии. Проводил в основном региональные геологические съёмки и поиски в разных районах Южного Верхоянья. В течение трёх лет (1973–1976) трудился в пос. Югоренок Усть-Майского района начальником круглогодичной партии, которая выполняла поисково-разведочные работы на рудное золото, полиметаллы и другие виды геологических исследований. Является одним из первооткрывателей Дуэтского золоторудного месторождения.

В 1976 г. Ян-жин-шин перешёл на работу в Тематическую экспедицию ЯТГУ в г. Якутске. В качестве старшего геолога и начальника тематической партии занимался сводным геологическим картосоставлением, внедрением методов космической геологии в производство. В 1980 г. был назначен главным геологом Геофизической экспедиции № 6. В 1983 г. стал начальником Центральной комплексной тематической экспедиции. В 1989 г. после объединения геологических предприятий Якутска был назначен главным геологом Центральной поисково-съёмочной экспедиции. В 1993–1997 гг. работал первым заместителем председателя Государственного комитета Республики Саха (Якутия) по геологии и недропользованию. С марта 1998 г. до выхода на пенсию – главный геолог ГУП «Сахагеоинформ».

За длительный период своей производственной деятельности проявил интерес и принял участие в решении широкого спектра геологических проблем Якутии – региональная геология, тектоника и стратиграфия рифея и палеозоя, управление геологоразведочным производством, минерально-сырьевая политика, информационное обеспечение недропользования и т. д. Он – автор более 40 опубликованных научных работ, в том числе монографии по тектонике Сетте-Дабанского горст-антиклинория. Участвовал в составлении многочисленных отчётов по геологоразведочным работам. В. А. Ян-жин-шин – авторитетный член геологического научно-производственного сообщества – председатель Якутского регионального экспертного совета и член Научно-редакционного Совета по геологической картографии Министерства природных ресурсов Российской Федерации, главный редактор Геологической карты Якутии масштаба 1 : 500 000 и других мелкомасштабных карт, автор-составитель и главный редактор легенды Верхоянно-Колымской серии Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000, председатель и член Государственной экзаменационной комиссии геологоразведочного факультета Якутского госуниверситета (1983–2003 гг.), составитель и редактор сборников «Ты помнишь, товарищ...», «Триста лет спустя», посвящённых памят-

ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ

ным датам якутской геологии, руководитель редакционной группы – научный редактор «Вестника Госкомгеологии».

Имеет учёную степень кандидат геолого-минералогических наук (1981 г.), почётные звания «Заслуженный геолог ЯАССР» (1990 г.), «Первооткрыватель месторождения», награждён медалью «За трудовую доблесть».

Список опубликованных работ

1. *Ян-жин-шин В. А.* Новые данные по стратиграфии ордовика и силура хр. Сетте-Дабан // *Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР.* – 1960. – Вып. II. – С. 81–84.
2. *Ян-жин-шин В. А.* Стратиграфия девонских отложений северной части хребта Сетте-Дабан // *Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР.* – 1960. – Вып. III. – С. 130–134.
3. *Ян-жин-шин В. А.* Стратиграфия силурийских и девонских отложений хр. Сетте-Дабан // *Советские труды по разработке стратиграфических схем Якутской АССР : тезисы докладов.* – Л. [СПб.], 1961. – С. 80–81.
4. *Ян-жин-шин В. А., Иванов В. А.* Тектоника Южного Верхоянья // *Советские труды по проблемам тектоники : тезисы докладов.* – М. : АН СССР, 1962. – С. 61–62.
5. *Ян-жин-шин В. А., Андриянов Н. Г., Павлига Г. Г.* К вопросу о границе нижней и верхней перми Южного Верхоянья // *Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР.* – 1963. – Вып. XII. – С. 59–61.
6. *Ян-жин-шин В. А.* Тектоника центральной части Сетте-Дабанского краевого антиклинория (бассейн р. Белой) // *Тектоника Восточной Сибири и Дальнего Востока СССР (тезисы докладов пятой сессии Научного совета по тектонике Сибири и Дальнего Востока).* – Новосибирск, 1967. – С. 182–183.
7. *Ян-жин-шин В. А.* Стратиграфия силурийских и девонских отложений хр. Сетте-Дабана // *Труды Советского геологического общества по стратиграфии Якутской АССР.* – 1969. – С. 301–307.
8. *Ян-жин-шин В. А.* Протерозойская группа. Сетте-Дабанский горст-антиклинорий // *Геология СССР.* – Недра, 1970. – Т. XVIII, ч. 1, кн. 1. – С. 112–115.
9. *Ян-жин-шин В. А.* Кембрийская система. Сетте-Дабанский горст-антиклинорий // *Геология СССР.* – Недра, 1970. – Т. XVIII, ч. 1, кн. 1. – С. 181–184.
10. *Ян-жин-шин В. А.* Ордовикская система. Сетте-Дабанский горст-антиклинорий // *Геология СССР.* – Недра, 1970. – Т. XVIII, ч. 1, кн. 1. – С. 214–216.
11. *Ян-жин-шин В. А., А. В. Каньгин.* Силурийская система. Сетте-Дабанский горст-антиклинорий // *Геология СССР.* – Недра, 1970. – Т. XVIII, ч. 1, кн. 1. – С. 229–231.
12. *Ян-жин-шин В. А., Ржонницкая М. А.* Девонская система Сетте-Дабанский горст-антиклинорий // *Геология СССР.* – Недра, 1970. – Т. XVIII, ч. 1, кн. 1. – С. 253–259.
13. *Ян-жин-шин В. А.* Геоморфология. Структурно-денудационные глыбово-складчатые горы в области Сетте-Дабанского горст-антиклинория (хребты системы Сетте-Дабан) // *Геология СССР.* – Недра, 1970. – Т. XVIII, ч. 1, кн. 2. – С. 215–216.
14. *Ян-жин-шин В. А.* Тектоника центральной части Сетте-Дабанского антиклинория (бассейн р. Белой) // *Тектоника Сибири. Т. IV. Тектоника складчатых областей Сибири и Дальнего Востока.* – М. : Наука, 1970. – С. 61–64.
15. *Ян-жин-шин В. А.* Стратиграфия и тектоника Кыллахского поднятия // *Геология и полезные ископаемые Якутии : тезисы докладов.* – Якутск, 1970. – С. 57–58.
16. *Ян-жин-шин В. А., Иноземцева Н. Д.* Магматические образования Кыллахского поднятия (Южное Верхоянье) // *Новости геологии Якутии.* – 1973. – Вып. 3. – С. 63–66.
17. *Ян-жин-шин В. А.* Рабочая стратиграфическая схема девонских отложений хр. Сетте-Дабан //

ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ

Основные проблемы биостратиграфии и палеогеографии Северо-Востока СССР. Труды СВКНИИ. – Магадан, 1974. – Вып. 62. – С. 173–182.

18. *Ян-жин-шин В. А., Преображенский Б. В.* Новая схема стратиграфии верхнего ордовика и силура хр. Сетте-Дабан // *Основные проблемы биостратиграфии и палеогеографии Северо-Востока СССР. Труды СВКНИИ.* – Магадан, 1974. – Вып. 62. – С. 139–147.
19. *Ян-жин-шин В. А., Шаповалова И. Г.* Стратиграфия рифейских отложений хр. Сетте-Дабан // *Докембрий и палеозой Северо-Востока СССР : тезисы докладов.* – Магадан, 1974. – С. 59–62.
20. *Ян-жин-шин В. А., Абрамовым Б. С.* Стратиграфия каменноугольных отложений Верхоянья // *Докембрий и палеозой Северо-Востока СССР : тезисы докладов.* – Магадан, 1974. – С. 111–113.
21. *Ян-жин-шин В. А., Абрамовым Б. С.* Основные типы разрезов и биостратиграфия пермских отложений Верхоянья // *Докембрий и палеозой Северо-Востока СССР : тезисы докладов.* – Магадан, 1974. – С. 113–115.
22. *Ян-жин-шин В. А.* Юдомский комплекс хребта Сетте-Дабан // *Аналоги вендского комплекса Сибири.* – М. : Наука, 1975. – С. 143–145.
23. *Ян-жин-шин В. А.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Лист Р-53-XXIX (Акра). – М., 1977. – 60 с.
24. *Ян-жин-шин В. А., Волкодав И. Г., Мезенцев А. В. [и др.]* Новые представления о строении и корреляции уйской и юдомской серий Сетте-Дабана // *Бюллетень научно-технической информации. Геология и полезные ископаемые Якутии.* – Якутск : ЯФСОАН, 1977. – С. 4–5.
25. *Ян-жин-шин В. А., Шаповалова И. Г., Волкодав И. Г.* Рифей и юдомий Сетте-Дабанского горст-антиклинория // *Стратиграфия Дальнего Востока. Тезисы докладов III Дальневосточного стратиграфического совещания.* – Владивосток, 1978. – С. 56–57.
26. *Ян-жин-шин В. А., Мезенцев А. В., Несененко А. П., Сухоруковым В. И.* Новые данные о строении и корреляции юдомской серии Кыллахского поднятия // *Геология и геофизика.* – 1978. – № 3. – С. 19–28.
27. *Ян-жин-шин В. А., Сухоруков В. И.* О двух типах разреза и рудоносных уровнях юдомской свиты бассейна реки Аллах-Юнь // *Новости геологии Якутии.* – 1978. – Вып. 4. – С. 22–27.
28. *Ян-жин-шин В. А., Балакшин Г. Д., Волкодав И. Г., Волкодав А. И., Шаров Г. Н.* Опыт использования космической информации в Якутском территориальном геологическом управлении // *Экспресс-информация ВИЭМС. Общая и региональная геология, геологическое картирование.* – 1978. – № 12. – С. 26–40.
29. *Ян-жин-шин В. А.* Использование результатов дешифрирования космических фотоматериалов для регионального и локального прогнозирования в Мало-Ботуобинском и Далдыно-Алаkitском районах // *Научные методы прогнозирования поисков и оценки месторождений алмазов (Тезисы докладов Всесоюзного совещания по алмазам).* – М. : ВМЭМС, 1980. – С. 8–9.
30. *Ян-жин-шин В. А., Биланенко В. А., Шаровым Г. Н.* Космофототектоническая карта Якутской АССР // *Исследование Земли из космоса.* – М. : АН СССР, 1982. – № 1. – С. 25–31.
31. *Ян-жин-шин В. А.* Тектоника Сетте-Дабанского горст-антиклинория. – Якутск : ЯФ СО РАН, 1983, 155 с.
32. *Ян-жин-шин В. А., Шишигин П. Р., Иванов Г. С., Наумов Г. Г., Ситников В. С., Ковалев Л. Н., Кошляк В. С.* Минерально-сырьевые ресурсы – основа развития Республики Саха (Якутия) // *Отечественная геология.* – 1994. – № 8. – С. 3–9.
33. *Ян-жин-шин В. А., Шишигин П. Р.* 40-летие единой геологической службы Якутии // *Ты помнишь, товарищ... – Якутск, 1997. – С. 3–11.*
34. *Ян-жин-шин В. А., Васильев С. П., Мурзов А. И., Седенко С. В. [и др.]* Геоинформационная система Госкомгеологии Республики Саха (Якутия) основа рационального природопользования // *ГИС для устойчивого развития территорий.* – Якутск, 1999. – Ч. 4. – с.
35. *Ян-жин-шин В. А., Кошляк С. В.* 300-летие горно-геологического дела в России и развитие минерально-сырьевого комплекса Якутии // *300 лет спустя.* – Якутск, 2000. – С. 4–14.
36. *Ян-жин-шин В. А., Никитин В. М., Жижин В. И.* Золотоносность зеленокаменных поясов. – Якутск : ЯГУ, 2000. – 50 с.

ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ

37. Ян-жин-шин В. А., Никитин В. М., Жижин В. И., Бирюлькин Г. В., Кравченко В. М. Региональные факторы геологического контроля и прогнозно-поисковые критерии формации сульфидно-никелевых руд. – Якутск : ЯГУ, 2000. – 85 с.
38. Ян-жин-шин В. А., Урзов А. С., Бирюлькин Г. В., Гриненко В. С., Прокопьев В. С. Геологическая карта Якутии масштаба 1 : 1 500 000. Объяснительная записка (Методика составления). – Якутск – СПб., 2001. – 25 с.
39. Ян-жин-шин В. А. Аэрокосмофотометоды в геологических исследованиях // Сборник научных трудов. – Якутск: ЯГУ, 2001. – Вып. 5. – С. 101–114.
40. Ян-жин-шин В. А., Избеков Э. Д. Ю. А. Билибин – великий учёный и организатор геологических исследований // Вестник Госкомгеологии. – Якутск, 2002. – № 1 (2). – С. 3–5.
41. Ян-жин-шин В. А. Лучшие годы, лучшие люди, лучшие... // Вестник Госкомгеологии. – Якутск, 2003. – № 2 (5). – С. 81–90.

Редакция: О. А. Грибовская, Г. В. Вавилова
Вёрстка: В. Ю. Козлова, О. А. Грибовская, А. Г. Давыдова
Оригинал-макет: А. С. Рязанцева
Фото на обложке (крокоит, пироморфит): <https://kimical.ir/kaniha3/>

Подписано в печать 20.07.22 г. Формат 30×42 1/2. Бумага листовая. Печать цифровая
Отпечатано в ФГБУ «ЦНИГРИ»: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1

Адрес редакции:
117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1, ФГБУ «ЦНИГРИ»
Телефон: 8 (495) 315-28-47
Факс: 8 (495) 315-43-47
E-mail: rudandmet@tsnigri.ru, rudandmet@yandex.ru
Сайт: <http://www.tsnigri.ru/ru/informatsionnye-resursy/izdaniya/zhurnal-rudy-i-metally.html>

© «Руды и металлы», 2022