

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ

2/2012

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф.Мигачев

Зам. главного редактора Н.И.Назарова

Б.И.БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э.К.БУРЕНКОВ
В.И.ВАГАНОВ
С.С.ВАРТАНЯН
Ю.К.ГОЛУБЕВ
В.С.ЗВЕЗДОВ
П.А.ИГНАТОВ
С.Г.КРЯЖЕВ
В.В.КУЗНЕЦОВ
Н.К.КУРБАНОВ
Г.А.МАШКОВЦЕВ
Г.В.РУЧКИН
Ю.Г.САФОНОВ
Г.В.СЕДЕЛЬНИКОВА
В.И.СТАРОСТИН

УЧРЕДИТЕЛЬ

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
РОСНЕДРА МИНИСТЕРСТВА ПРИРОДНЫХ
РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Издается при участии
Международной академии минеральных ресурсов,
Фонда им. академика В.И.Смирнова

Редакция: Н.И.Назарова, Г.В.Вавилова
Компьютерный набор, верстка и оригинал-макет: Т.В.Лукина

Сдано в набор 26.03.12 г.
Подписано в печать 02.04.12 г.
Тираж 400 экз.

Формат 30×42 1/2
Бумага листовая
Печать офсетная

Адрес редакции: 117545, Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1, ЦНИГРИ
Телефон: 315-28-47
Факс: 315-43-47
E-mail: rudandmet@yandex.ru
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129, корп. 1

© «Руды и металлы», 2012

Недропользование**Subsoil use***Иванов А.С., Рыбин В.П., Иванов М.А.*

К вопросу оценки эффективности затрат федерального бюджета на геологоразведочные работы по твердым полезным ископаемым в системе лицензирования

5

Ivanov A.S., Rybin V.P., Ivanov M.A.

Evaluation of the federal budget's cost effectiveness for non-fuel minerals exploration in a licensing system

Прикладная металлогения**Applied metallogeny**

Варгунина Н.П., Кулаков Ф.В., Данильченко В.А.
Перспективы золотоносности Яно-Колымской провинции по результатам региональных геохимических работ

10

Vargynina N.P., Kulakov F.V., Danilchenko V.A.
Regional geochemical factors gold-bearing Jano-Kolyma provinces

Савельев Д.Е., Сначев В.И.

Бедновкрапленные хромовые руды Южного Урала и перспективы их практического использования

36

Saveliev D.E., Snachev V.I.

Deposits of poor chromite-ores of the South Urals and prospects of their use

Черненко М.Ю.

Минерагенический потенциал субформаций каменноугольных отложений Донецкого угленосно-горнорудного бассейна

40

Chernenko M.Yu.

Mineralogical potential of coal deposits' subformations at Donetsk coal-and-ore mining basin

Рафаилович М.С., Шевчук С.И.

Золото-вольфрамовые месторождения Центральной Азии

47

Rafailovich M.S., Shevchuk S.I.

Gold-tungsten deposits of Central Asia

Дискуссии**Discussions***Остапенко Л.А.*

Минералого-геохимические признаки вертикальной зональности золото-полиметаллического парагенезиса на месторождениях золото-кварцевой формации Центральной Колымы

61

Ostapenko L.A.

Mineralogical and geochemical indications of the vertical zonal pattern inherent in au-base metal assemblage of the gold-quartz style deposits, Central Kolyma area, Russia

Данковцев Р.Ф., Симкин Г.С.

Основные особенности глубинно-плотностной инфраструктуры литосферы Северо-Востока России

69

Dunkovtsev R.F., Simkin G.S.

Main features of the deep density lithospheric infrastructure of North-East Russia

Поздравляем с юбилеем**Our congratulations**

Н.К.Курбанова, Ю.М.Щепотьева, А.А.Фельдмана

80

N.K.Kurbanov, Yu.M.Schepotev, A.A.Feldman

Памяти

В.И.Пономаренко, Б.В.Рогачева

83

In memoriam

V.I.Ponomarenko, B.V.Rogachev

Журналу «Руды и металлы» в декабре 2012 г. исполняется 20 лет

За это время в нем было опубликовано более 1300 статей по многим насущным проблемам минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых России и сопредельных стран. Обсуждались проблемы недропользования, прикладной металлогении, экономики и конъюнктуры минерального сырья, методов прогноза, поисков и оценки месторождений, их строения, аппаратурно-технических средств и технологий геолого-разведочных работ и др.

Специальные номера журнала посвящались стратегии развития геологической отрасли в рыночных условиях, различным аспектам переоценки месторождений, в том числе золоторудного гиганта Сухой Лог, обсуждению критериев выявления месторождений карлинского типа, памяти выдающихся ученых-геологов, результатам научного и прикладного развития их творческого наследия. Публиковались тезисы докладов научно-практических конференций, материалы совещаний и симпозиумов, касающихся тематики журнала. В разделе «Дискуссии» авторы отстаивали свои убеждения по спорным вопросам. Интересные публикации из других изданий по обсуждаемым в журнале проблемам получали отклик в колонке «Рецензии». В рубрике «Зарубежный опыт» освещались достижения и задачи геологической отрасли в других странах.

Рубрикация нашего издания менялась по мере появления новых актуальных проблем недропользования, таких как стоимость геологоразведочных работ, цена геологической продукции и информации, юридическое оформление интеллектуальной собственности, факторы инвестиционной привлекательности резервного фонда месторождений цветных и благородных металлов, комплексная переоценка крупных и уникальных месторождений с использованием инновационных технологий на новой нормативно-правовой основе, перспективы развития компьютерных информационных технологий при поисках твердых полезных ископаемых.

Журнал «Руды и металлы» входит в Перечень ведущих рецензируемых изданий, в которых публикуются научные результаты на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (по наукам о Земле). Все публикации передаются в Электронную Библиотеку (ООО «РУНЭБ») для включения в систему индекса научного цитирования.

Мы надеемся, что сложившиеся традиции многопрофильного существенно прикладного журнала будут и дальше развиваться и укрепляться с помощью наших авторов и подписчиков.

Уважаемые коллеги! Просим присылать отклики о работе журнала, предложения и замечания, которые дадут новый импульс для его развития.

Редколлегия журнала

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ



УДК 550.8:338 (088.27)

© А.С.Иванов, В.П.Рыбин, М.А.Иванов, 2012

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАТРАТ ФЕДЕРАЛЬНОГО БЮДЖЕТА НА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ ПО ТВЕРДЫМ ПОЛЕЗНЫМ ИСКОПАЕМЫМ В СИСТЕМЕ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ

А.С.Иванов, В.П.Рыбин, М.А.Иванов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

На примерах расчетов разовых и регулярных платежей и налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) для лицензионных участков рудного золота предложен подход к расчету экономической эффективности геологоразведочных (поисковых и оценочных) работ за счет федерального бюджета. Эффективность рассчитывается как отношение совокупности всех налогов и сборов, поступивших в бюджет за весь период освоения лицензионного участка, к затратам федерального бюджета на проведение геологоразведочных (поисково-оценочных) работ.

Ключевые слова: твердые полезные ископаемые, лицензирование пользования недр, поисково-оценочные работы, эффективность, налог на добычу полезных ископаемых, федеральный бюджет, доход.

Иванов Александр Сергеевич, ivanovas08@yandex.ru, Рыбин Владимир Петрович, license@tsnigri.ru, Иванов Михаил Александрович, license@tsnigri.ru.

EVALUATION OF THE FEDERAL BUDGET'S COST EFFECTIVENESS FOR NON-FUEL MINERALS EXPLO- RATION IN A LICENSING SYSTEM

A.S.Ivanov, V.P.Rybin, M.A.Ivanov

An approach to calculate cost effectiveness of exploration (prospecting-evaluation) activities at the expense of the federal budget was offered based on calculation of single and regular payments and mineral mining tax for ore gold leases. Effectiveness is calculated as the ratio of total taxes and fess, which entered the budget for the entire period of lease development, to federal budget expenditure on exploration (prospecting-evaluation) activities.

Key words: Non-fuel minerals, subsoil use licensing, prospecting-evaluation activities, effectiveness, mineral mining tax, federal budget, income.

В Законе РФ «О недрах» (ст. 6) установлены следующие виды пользования недрами [2]:

1) региональное геологическое изучение, включающее региональные геолого-геофизические работы, геологическую съемку, инженерно-геологические изыскания;

2) геологическое изучение, включающее поиски и оценку месторождений полезных ископаемых;

3) разведка и добыча полезных ископаемых, в том числе использование отходов горнодобывающего и связанных с ним перерабатывающих производств.

Пользование недрами в вышеуказанных целях реализуется в рамках лицензионного процесса как за счет федерального бюджета (государственный контракт по п.п. 1, 2), так и за счет недропользователей через аукционы и конкурсы (по п.п. 2, 3).

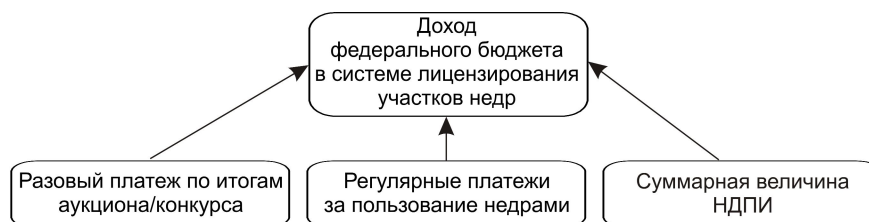


Рис. 1. Виды платежей в федеральный бюджет в системе лицензирования участков недр твердых полезных ископаемых

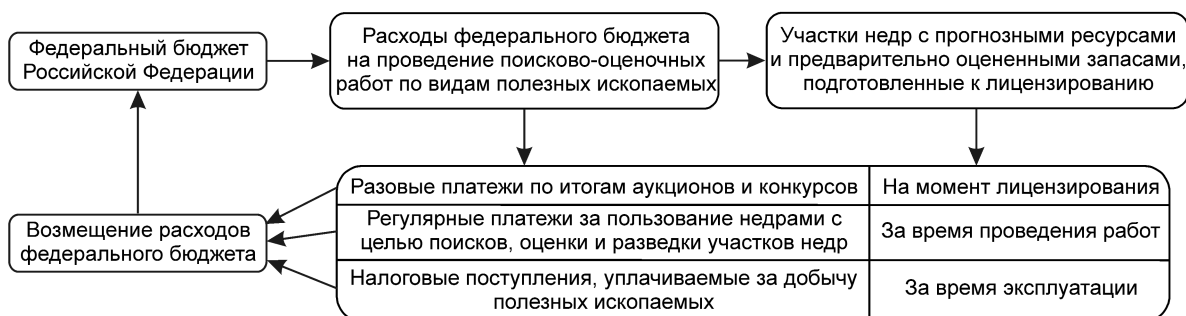


Рис. 2. Поток расходов и доходов федерального бюджета на геологоразведочные работы

При лицензировании участков недр через аукционы и конкурсы за счет внебюджетных источников недропользователь производит в соответствии с действующим законодательством (ст. 39, 40, 42, 43 Закона РФ «О недрах» [2], Налоговый кодекс, главы 25 и 26 и др. [4]) следующие платежи в бюджет:

разовые платежи при наступлении определенных событий, оговоренных в лицензии;

регулярные платежи за пользование недрами (за поиски и оценку полезных ископаемых, за разведку полезных ископаемых);

налог на добычу полезных ископаемых.

Разовый (стартовый) платеж за право пользования недрами составляет не менее 10% от суммы налога на добычу полезного ископаемого (ст. 40 Закона РФ «О недрах» [2]) и определяется в соответствии с утвержденной Минприроды России методикой расчета минимального (стартового) размера разового платежа за пользование недрами [5]. Регулярные платежи за пользование недрами каждый календарный год проведения поисково-оценочных и разведочных работ выплачиваются за всю площадь лицензионного участка по соответствующим ставкам за 1 км². Налог на добычу полезных ископаемых определяется по ставке в соответствии с налоговым законодательством Российской Федерации.

Таким образом, доход федерального бюджета от геологоразведочных и добычных работ в системе лицензионного процесса состоит из трех групп платежей (рис. 1).

Программными документами по изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы России [1] предусматривается положение о том, что федеральный бюджет в среднесрочной перспективе должен принимать на себя инвестиционные риски ранних стадий геологоразведочных (поисковых и оценочных) работ, в результате которых воспроизводится фонд лицензионного недропользования для будущего получения приростов запасов за счет внебюджетных источников. Цель

работ по поискам и оценке — создание поискового задела (прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_1) и частичный прирост запасов по категории C_2 с формированием фонда объектов для проведения оценочных и разведочных работ недропользователями с получением прироста запасов. Для повышения инвестиционной привлекательности нераспределенного фонда допускается доизучение (доразведка) наиболее перспективных его объектов. Таким образом, средства из федерального бюджета направляются в основном на поисковые и оценочные работы, которые выполняются по государственным контрактам по лицензиям на соответствующий вид работ.

Расходы федерального бюджета на проведение поисково-оценочных работ по видам полезных

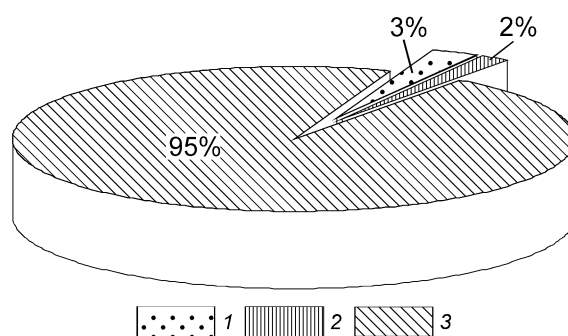


Рис. 3. Распределение размеров платежей за пользование недрами в доходе федерального бюджета в системе лицензирования за период освоения месторождений на примере перспективных объектов рудного золота по данным за 2011 г.:

1 — стартовый размер разового платежа на момент лицензирования участка недр; 2 — регулярные платежи на период проведения поисково-оценочных и разведочных работ — 8 лет; 3 — налоговые платежи на добычу полезного ископаемого за время эксплуатации участка недр — 15 лет

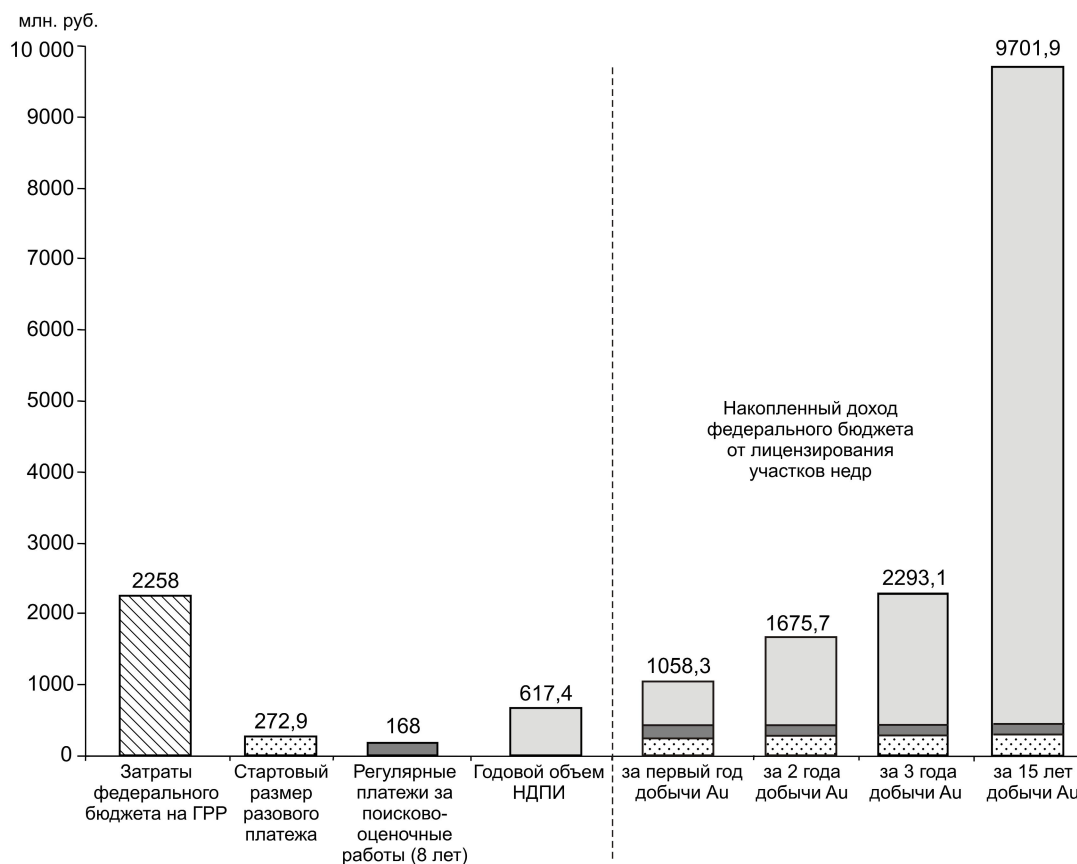


Рис. 4. Пример оценки платежей в федеральный бюджет по этапам освоения лицензионных участков, сформированных на перспективных площадях рудного золота

ископаемых в процессе геологического изучения направлены на выявление прогнозных ресурсов рудных районов, полей и завершаются оконтуриванием с предварительной оценкой прогнозного потенциала или прогнозных ресурсов с различной степенью изученности (P_3 , P_2 , P_1), а в ряде случаев с предварительно оцененными запасами полезных ископаемых по категории C_2 . Эти участки включаются в программы лицензирования и через аукционы (конкурсы) передаются недропользователям. Процедура лицензирования завершается оформлением лицензии недропользователю по результатам торгов (аукционы) или по результатам анализа технико-экономических предложений (конкурсы).

Как оценивать эффективность затрат федерального бюджета на производство геологоразведочных (поисково-оценочных) работ? Ведь при получении лицензии недропользователь выплачивает в федеральный бюджет только разовый платеж за право пользования недрами, сбор за участие в аукционе (конкурсе) и сбор за выдачу лицензии. Совершенно ясно, что указанные разовые платежи не покрывают

затрат бюджета на геологоразведочные (поисковые и оценочные) работы.

Эффективность геологоразведочных работ в общем виде определяется соотношением стоимости разведки и других работ и ценности извлекаемой продукции [3]. Но основной целью геологоразведочных (поисковых и оценочных) работ на средства федерального бюджета является подготовка участков недр к лицензированию, и об извлекаемой продукции речь не идет. В процессе дальнейшего освоения лицензионного участка недропользователь выплачивает в федеральный бюджет соответствующие платежи и налоги. Таким образом, окончание действия государственного контракта на поисково-оценочные работы на участке недр является не завершением работ на этом участке, а только началом его полномасштабного освоения с дальнейшими финансовыми поступлениями в федеральный бюджет. Поэтому в системе лицензионного недропользования под экономической эффективностью геологоразведочных (поисковых и оценочных) работ за счет федерального бюджета, с нашей точки зрения, следует понимать отношение

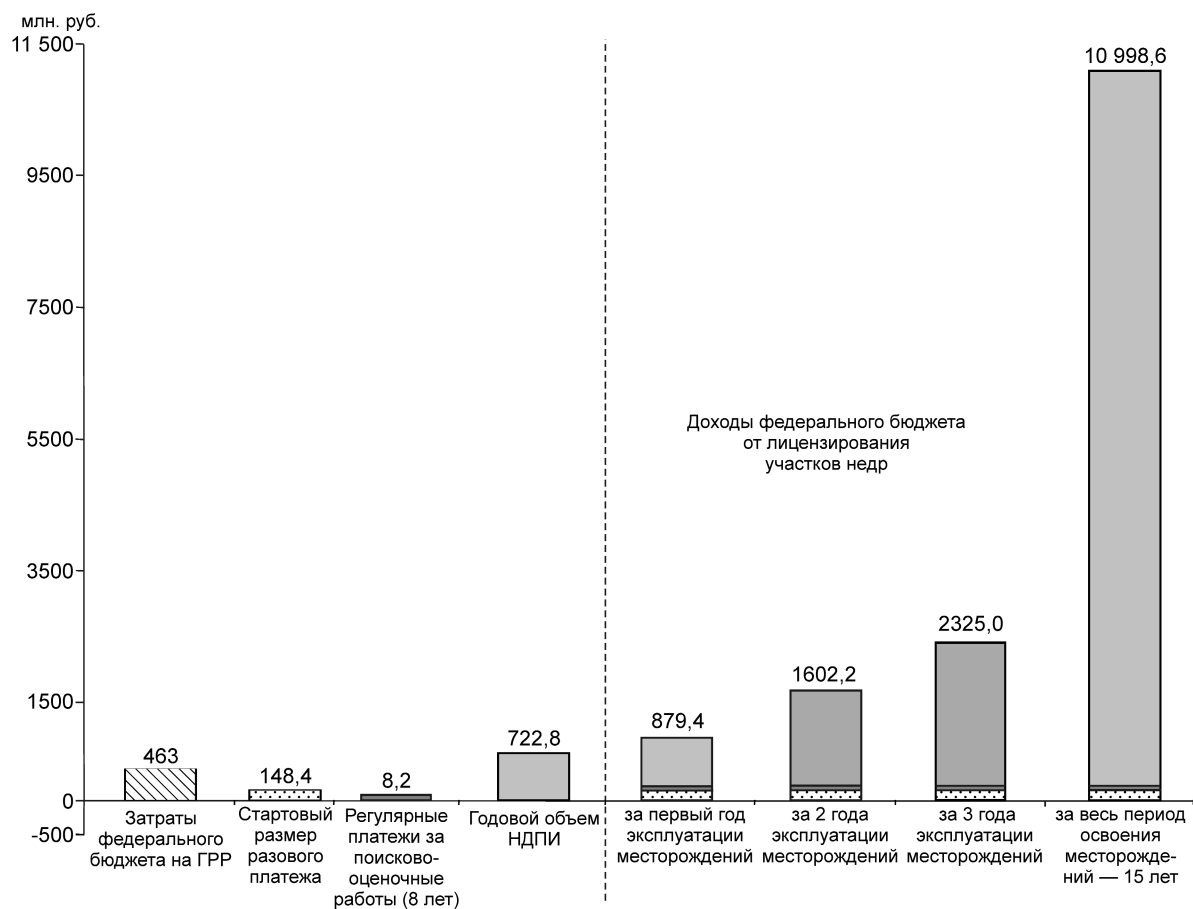


Рис. 5. Сравнение расходов на проведение геологоразведочных работ за счет федерального бюджета и доходов от лицензирования участков недр на Тарынском золоторудном поле

совокупности всех налогов и сборов, поступивших в бюджет за весь период освоения лицензионного участка, к затратам федерального бюджета на проведение геологоразведочных (поисково-оценочных) работ (рис. 2). При этом необходимо учитывать, что между началом геологоразведочных работ и вводом месторождения в эксплуатацию существует длительный временной интервал. Обычно он составляет 7–8 лет для небольших объектов и 12–15 лет для средних и крупных месторождений. Например, геологоразведочные работы на Новогирсовском месторождении рудного золота Алтайского края были начаты в 2003 г., а первые 42 кг золота добыты в 2010 г. На месторождении Купол (Чукотский автономный округ) при весьма благоприятных условиях геологоразведочные работы велись с 1996 по 2002 гг. и только в 2008 г. было добыто 15 т золота.

Учитывая сказанное, представляется обоснованным рассматривать эффективность геологоразведочных работ как результат длительного, непрерывного процесса, включающего поисковую, оценочную и разведочную стадии, а также период экс-

плуатации месторождения (добычи полезного ископаемого) с получением соответствующего дохода. Объективная длительность геологоразведочных циклов обуславливает формирование основной части доходов бюджета в процессе освоения лицензионных участков, которое должно считаться продолженным или отложенным во времени финансовым результатом эффективности геологоразведочных работ.

Рассмотрим вклад отдельных видов платежей и налогов в федеральный бюджет в процессе освоения участка недр. В качестве примера проанализируем распределение платежей по этапам освоения лицензионных участков на перспективных объектах рудного золота (рис. 3). Объемы платежей (в %) просчитаны по 54 объектам геологоразведочных работ с прогнозными ресурсами золота, завершаемым в 2011 г. Период освоения лицензионных участков принят для совмещенных лицензий в 25 лет. Среднее время проведения поисково-оценочных и разведочных работ принято с учетом подготовки и утверждения программ и проектов в течение восьми лет от даты государственной регистрации

лицензии. Налоговые платежи определены на основе практики подготовки лицензий в целях разведки и добычи полезных ископаемых или геологического изучения недр, разведки и добычи полезных ископаемых, осуществляемых по совмещенной лицензии. Налог на добычу полезных ископаемых исчислялся с момента начала добычных работ в соответствии с расчетным периодом от даты государственной регистрации лицензии. Он и составил основную часть «отложенной» эффективности геологоразведочных работ (см. рис. 3).

Выполнена количественная оценка платежей в федеральный бюджет по этапам освоения лицензионных участков, сформированных на перспективных объектах рудного золота (рис. 4). Затраты на геологоразведочные работы, завершённые в 2011 г., и доходы федерального бюджета подсчитаны по 54 объектам. Как видим, накопленный доход федерального бюджета за первый год эксплуатации лицензированных участков рудного золота включает окончательный по итогам аукциона (конкурса) стартовый разовый платеж, суммарные регулярные платежи недропользователей за пользование недрами при поисковых и оценочных работах, годовой объем НДС (рис. 4). Из приведенных данных следует, что только после третьего года добычи накопленный доход федерального бюджета превысит его затраты на проведение работ по геологическому изучению объектов.

В расчете для крупного Тарынского золоторудного поля, включенного в программу лицензирования 2012 года, учитывались затраты федерального бюджета на поисково-оценочные и разведочные работы по пяти объектам: месторождения — Мало-Тарынское, Дразное, Тан, Пиль, участки — Зона Левобережья, Центральная часть рудного поля (рис. 5). На этих объектах уже после первого года эксплуатации суммарный накопленный доход федерального бюджета почти в два раза превысит суммарные затраты на геологоразведочные работы. Будущий доход включает суммарный стартовый разовый платеж по всем участкам, суммарные регу-

лярные платежи недропользователем за пользование недрами при поисковых и оценочных работах, годовой объем НДС при начале добычи. При этом накопленный доход федерального бюджета через 15 лет превысит затраты федерального бюджета на геологоразведочные работы в 24 раза.

Таким образом, полнота и объективность оценки эффективности бюджетных затрат на геологоразведочные работы должна оцениваться не только размерами разовых платежей по результатам торгов на аукционах или конкурсах, но, что особенно важно, и суммарным налогом на добычу полезных ископаемых, получаемым государством за весь срок отработки месторождения, а также поступлениями от налога на прибыль при реализации товарной продукции и вывозных таможенных пошлин при экспорте минерального сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Долгосрочная* государственная программа изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья (утверждена Приказом Минприроды России от 16.07.2008 г. № 151).
2. Закон Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. № 2395-1 «О недрах» (в редакции Федерального закона от 06.12.2011 № 401-ФЗ, с изменениями от 07.12.2011 № 417-ФЗ).
3. *Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Морозов И.В.* Термины и понятия отечественного недропользования. Словарь-справочник. — М.: ЦНИГРИ, 2008.
4. *Налоговый* кодекс Российской Федерации от 05.08.2000 г. № 118-ФЗ (в редакции от 28.12.10 № 425-ФЗ).
5. *Приказ* Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30 сентября 2008 г. № 232 «Об утверждении Методики расчета минимального (стартового) размера разового платежа за пользование недрами» (регистрация в Министерстве юстиции Российской Федерации 22 декабря 2008 г., регистрационный № 12914, с изменениями и дополнениями, утвержденными приказом МПР России от 14 мая 2009 г. № 128, регистрация в Минюсте России от 18 июня 2009 г. № 14109) // Бюл. нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 2009. № 3.



ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ЯНО-КОЛЫМСКОЙ ПРОВИНЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ*

Н.П.Варгунина, Ф.В.Кулаков, В.А.Данильченко (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

В итоге анализа и обобщения результатов региональных геохимических работ установлены особенности состава и строения ореолов с признаками латеральной концентрической геохимической зональности. Выявлены крупные ореолы выноса золота вдоль северной и южной границ территории, подчеркивающие значительную роль процессов перераспределения рудного вещества при формировании золотого оруденения. Дальнейшие перспективы провинции связываются с вновь выявленными аномалиями на площадях с благоприятной геолого-структурной обстановкой.

Ключевые слова: региональные геохимические ореолы, рудные районы, рудные узлы, геохимическая зональность, факторы золотоносности, перспективы.

Варгунина Надежда Павловна, Кулаков Филипп Викторович, Данильченко Виктор Александрович, blagmet@tsnigri.ru

REGIONAL GEOCHEMICAL FACTORS GOLD-BEARING JANO-KOLYMA PROVINCES

N.P.Vargynina, F.V.Kulakov, V.A.Danilchenko

As a result of the analysis and generalization of results of regional geochemical works features of composition and structure of auras with signs of lateral concentric geochemical ash value are established. Large auras of carrying out of gold along northern and southern borders the territories underlining a considerable role of processes of redistribution of ore substance in formation gold mineralization are revealed. The further prospects of a province are assumed in connection with again revealed anomalies with favorable geology-structural conditions.

Key words: regional geochemical auras, ore areas, ore knots, geochemical ash value, factors gold-bearing, prospects.

В основу проведенных исследований положены аналитические данные многолетних региональных геохимических работ м-ба 1:200 000 (на отдельных участках м-ба 1:50 000) по потокам рассеяния (донное опробование) в южной части Яно-Колымской золоторудной провинции Магаданской области. Работы проводились разными исследователями (Э.Г.Абиссалов, Н.С.Бирюков, В.В.Вовненко, В.Г.Вовненко, С.А.Григоров, В.Н.Ковалев, А.В.Кузовкин, А.И.Лихачев, Р.Ю.Нургалеев, В.Ю.Одынцев, Г.М.Пешкова, В.В.Уманцев, Е.В.Федорова, Г.И.Хорин) начиная с 70-х годов прошлого века, главным образом коллективами СВТУ и Геохимической экспедиции ЦГТ г. Александров.

Наряду с отбором проб и обработкой аналитических данных, в эти годы были разработаны новые методические приемы интерпретации и прогнозной оценки геохимических аномалий.

Э.Г.Абиссаловым обоснован структурно-геометрический подход к интерпретации и оценке вторичных ореолов рассеяния [1], который можно применять к региональным и локальным базам геохимических данных, и с его помощью переходить на машинный вариант расчета прогнозных ресурсов золота. С.А.Григоровым предложен структурный метод [3], основанный на наличии системной связи между химическими элементами в структуре геохимической зональности. Модель аномальной геохимической структуры имеет концентрическое строение и состоит из трех зон. Центром структуры является ядерная зона концентрирования, окруженная областью пониженных содержаний элементов (зона транзита). Из зоны транзита химические элементы выносятся и переотлагаются в ядерной и фронтальной зонах. Фронтальная зона концентрирования окружает первые две зоны. Автором рас-

* Учитывая высокую информативность приводимых материалов и целесообразность их сопоставления, редколлегия журнала приняла решение опубликовать статью с превышением установленного объема.

смотрено применение структурного метода на примере иерархической структуры геохимического поля: Сусуман-Тенькинский рудный район→Омчакский рудный узел→Наталкинское рудное поле→Наталкинское месторождение [4]. Многолетние исследования А.П.Куклина в области автоматизированного геопрогнозирования [7] позволили оценить металлогенический потенциал территории Северо-Востока, в том числе Яно-Колымской складчатой области, на золото и другие металлы. Путем построения региональных прогнозных карт им выделены новые районы, перспективные на золотое оруденение. Автор постоянно совершенствует систему математического обеспечения геолого-геохимической информации. Его прогнозы в ряде случаев подтверждены результатами поисково-съемочных работ.

Яно-Колымская провинция прослеживается в северо-западном направлении более чем на 1000 км при ширине 200 км и характеризуется высокой золотоносностью [2]. В ней обнаружено 56 месторождений, 411 рудопроявлений, множество точек минерализации коренного золота и 1541 промышленное месторождение россыпного золота. Концентрация рудных коренных и россыпных месторождений неравномерная. Вмещающие терригенные породы охватывают стратиграфический интервал от ранней перми до средней юры включительно. Для пород региона характерно пространственное совмещение продуктов метаморфизма разного генезиса. В формировании, размещении и преобразовании золотой минерализации существенная роль принадлежит процессам регионального дислокационного и термического метаморфизма, раннеорогенного гранитоидного магматизма (в том числе дайкового типа) и вулканоплутоническим. Последние связаны с положением Яно-Колымской провинции в перивулканической зоне влияния Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП). Перечисленным процессам свойственны последовательность развития, специфика металлогенических и минералого-геохимических особенностей, унаследованность формирования рудовмещающих структур. Для более корректной интерпретации геохимических аномалий авторы сочли необходимым включить в состав изучаемой территории фрагменты перивулканической зоны и ОЧВП, прилегающие к рудным районам Яно-Колымской провинции.

Большая часть коренных месторождений золота относится к жильному типу золото-кварцевой формации с относительно высоким содержанием (10–15 г/т) крупного золота и хорошо обогащаемыми рудами. Золотоносные минерализованные зоны

дробления и смятия осадочных пород характеризуются бедными (3–5 г/т Au), но значительными по общему объему рудами, имеют меньшую распространенность и содержат около половины ресурсов золота провинции. По вещественному составу руды обоих типов представлены преимущественно кварцем при резко подчиненном количестве сульфидов (пирита и арсенопирита), полевых шпатов, слюд, карбонатов и хлорита. Ввиду отсутствия или слабого проявления вертикальной минеральной зональности предполагается значительная глубина распространения промышленного оруденения. Практически все золоторудные месторождения сопровождаются продуктивными россыпями. Большинство рудных объектов слабо разведаны и не эксплуатировались.

Золото-кварцевые объекты расположены в пределах крупных структурных элементов Яно-Колымской складчатой области — Иньяли-Дебинском синклинии (Берелехский рудный район) и Аян-Юряхском антиклинории (Тенькинский рудный район). Морфология, контрастность проявления и размеры геохимических ореолов на территории рудных районов зависят от соотношения жильного (в том числе дайкового) и прожилково-вкрапленного типов оруденения в минерализованных метасоматически измененных породах. В Берелехском рудном районе доминирует жильный тип, в Тенькинском — на ряде объектов он сопровождается прожилково-вкрапленным (Наталкинское месторождение).

Распределение Au и ряда наиболее информативных элементов-спутников на изучаемой площади довольно широкое, но неравномерное. В приводимой ниже характеристике распределения элементов нами использовались термины: «аномалия», подразумевающий отклонение содержания элемента от фона в большую или меньшую стороны, «ореол» — частный случай аномалии, когда источником над- и нижефоновых содержаний элементов являются рудные объекты разных иерархических уровней — рудный узел, рудное поле, месторождение, «ареал» — крупные площади распространения сближенных аномалий с участками фоновых концентраций. Последние сосредоточены преимущественно в двух металлогенических зонах, локализованных в ядерной части Аян-Юряхского антиклинории и на территории Иньяли-Дебинского синклинии. Они разделены площадью овальной формы с преобладанием фоновых концентраций Au.

Путем сравнения местного геохимического фона с кларком осадочных пород [5] установлено, что концентрации As, Bi, Zn, Pb, Sn в 2–3 раза превышают кларк в осадочных породах, W, Nb, Mo —

в 1,3–2 раза, Li, Y, Ba, Cu, Cr, Mn, Co, Ag, V — близкларковые. Наиболее низкие концентрации имеют Ni, Au, Hg, что свидетельствует об интенсивных процессах их перераспределения в ходе магматогенных, метаморфогенных и рудно-метасоматических процессов и выносе из рудовмещающих толщ. Коэффициенты корреляции в выборке по фоновым содержаниям показывают отсутствие значимых как положительных, так и отрицательных связей Au, W, Bi, Mo, Sn с другими элементами. Установлена положительная корреляция следующих пар и групп элементов: As–Cu–Pb–Zn, Pb–Cu–Ni, Cu–Ni–Co, Cr–V–Ni–Co, Ba–Cu–Ni, Nb–Pb–Zn–V, Ag–Pb, Mn–Co, Hg–Nb и др. Выделенные геохимические ассоциации включают элементы, характеризующие полиметаллическую минерализацию, а также сидерофильные и некоторые редкие, и обусловлены, скорее всего, регионально-метаморфогенными процессами.

Обобщенная геохимическая характеристика рудовмещающих пород с повышенным содержанием Au (>0,2 г/т) выражена рядом элементов со следующими кларками концентрации (кларк концентрации — отношение среднего содержания химического элемента к кларку в земной коре [2]): Au (35) – As (20) – Bi (10) – Ag (5,6) – Pb (4) – W, Zn (4) – Sn, Mo (2) – Cu, Nb (1,4) – Co, Mn, Ba (1,1) – Li, Cr (0,8) – V, Y (0,7) – Ni (0,4) – Hg (0,07). Исходя из этого ряда к типоморфным элементам рудного процесса отнесены Au, As, Bi. Привнос в рудную зону характерен для элементов с кларком концентрации 2 и более, вынос — с кларком концентрации <1. Положительные корреляционные связи установлены для Au–Sn. Выделены следующие группы взаимокоррелируемых элементов: Pb–Zn–Mn, As–Zn–Cu, Sn–W–Bi, Sn–Bi–Ba, Co–Ni–Cr, Nb–Y–V. Подобные корреляционные связи — следствие пространственного совмещения на изучаемой площади золоторудной, оловянной, вольфрамовой, свинцово-цинковой минерализации и других ее типов, а также проявления на золоторудных объектах минеральных парагенезисов, включающих эти металлы. На металлогеническую связь Au–Sn указывалось в работе [8], на возможные парагенетическую и генетическую их связи — в работах [9, 10].

При геологической интерпретации геохимических ореолов нами использована геологическая карта и карта полезных ископаемых Охотско-Колымского региона м-ба 1:500 000 (Н.Г.Манфоров и др., 1999).

Геохимические ореолы Au (рис. 1) на площади Тенькинского рудно-россыпного района отличаются четкой структурной приуроченностью к Аян-Юряхскому антиклинорию и ориентированы в

северо-западном направлении. Для района характерны ореолы выноса Au, достигающие максимальных размеров на северо-востоке площади. Положительные ореолы Au наиболее крупных размеров достигают в Омчакском рудном узле, включающем крупнообъемное месторождение.

Для Берелехского рудного района характерны рассеянные по площади мелкие и точечные ореолы, сопровождающие преимущественно коренные месторождения жильного типа, рудопроявления и точки минерализации. Их распространение ограничено с юго-запада Чай-Юрьинским разломом, с востока и юго-востока — крупными гранитоидными плутонами. Ореолы выноса Au в этом районе не выявлены.

Наиболее крупный субмеридиональный ореол Au сопровождает россыпь вдоль р. Челбанья и коренное Челбаньинское месторождение. Ряду золоторудных объектов не сопутствуют ореолы Au, особенно это относится к объектам на правом борту р. Берелех. Крупное золото-кварцевое месторождение Светлое с густо расположенными вокруг него рудопроявлениями фиксируются лишь в виде точечных ореолов Au. Их малый размер, по-видимому, связан со структурно-морфологическим типом оруденения — преимущественно жильным и дайковым. Кроме того, геохимические пробы не отбирались из плотиков россыпей, что сократило общее число проб, отобранных в Берелехском районе.

Восточнее Берелехского района в межинтрузивном пространстве, в эндо- и экзоконтактных зонах гранитоидных массивов выявлены ореолы Au в южной части Бурхалинского рудного узла, а также на площади коренных золото-кварцевых рудопроявлений Сепия и Стрелка. В расположенном южнее Верхне-Сусуманском рудном узле ореол Au сопровождает только рудопроявление Бас, а в Джелгалинском — окружает золото-кварцевое рудопроявление Сукмар. Батолитовый пояс, представленный широкой полосой крупных гранитоидных массивов и отделяющий Берелехский рудный район от Ягоднинского, изредка содержит локальные и точечные ореолы Au как в гранитоидах, так и в межинтрузивном пространстве.

Ягоднинский рудный район расположен вдоль полосы развития терригенных юрских отложений близширотного простирания и ограничен ее распространением с севера, юга и востока, а с запада — плутонами батолитового пояса. В западной части района небольшие ореолы Au сопровождают золото-кварцевые объекты (месторождения Гольцовское, Надеждинское, Рыбное и ряд рудопроявлений), а также оловянные рудопроявления, приуроченные к юрским терригенным отложениям

Дебинского синклиория. Южнее в левом борту р. Дебин ореолы Au ассоциируют с золото-кварцевым рудопроявлением Правая Укразия, скоплением золото-кварцевых рудопроявлений (Юглер, Подошва и др.). Юго-восточная часть района отделена от западной широкой долиной р. Колыма и характеризуется весьма значительным развитием ореолов Au в связи с большим количеством золоторудных коренных и россыпных объектов. В районе крупной излучины р. Колыма со стороны правого борта р. Оротукан отмечаются два небольших ореола Au, связанных с золото-кварцевыми объектами. Месторождения Утинское (дайковый тип), наиболее богатое на данной территории, и мелкое — Разведчик с двумя рудопроявлениями сопровождаются небольшими потоками рассеяния золота. На территории, включающей Среднеканский рудный узел с месторождениями Среднеканское, Встречное, Маристое и более десятка близко расположенных рудопроявлений, ореолы Au не установлены.

Наиболее крупные на изученной площади аномалии Au в терригенных образованиях обнаружены к югу и юго-востоку от Ягоднинского рудного района. Южная группа сближенных аномалий приурочена к околотрузивной зоне, охватывающей юрские и триасовые терригенные породы, с юга перекрытые вулканитами ОЧВП и пересекаемые субширотными, северо-западными и северо-восточными разломами. Юго-восточная аномалия локализована в пермских отложениях с преобладающей северо-восточной ориентировкой тектонических нарушений. На площади развития аномалий в небольшом количестве отмечаются золото-кварцевые, золото-серебряные, серебряные и оловянные рудопроявления.

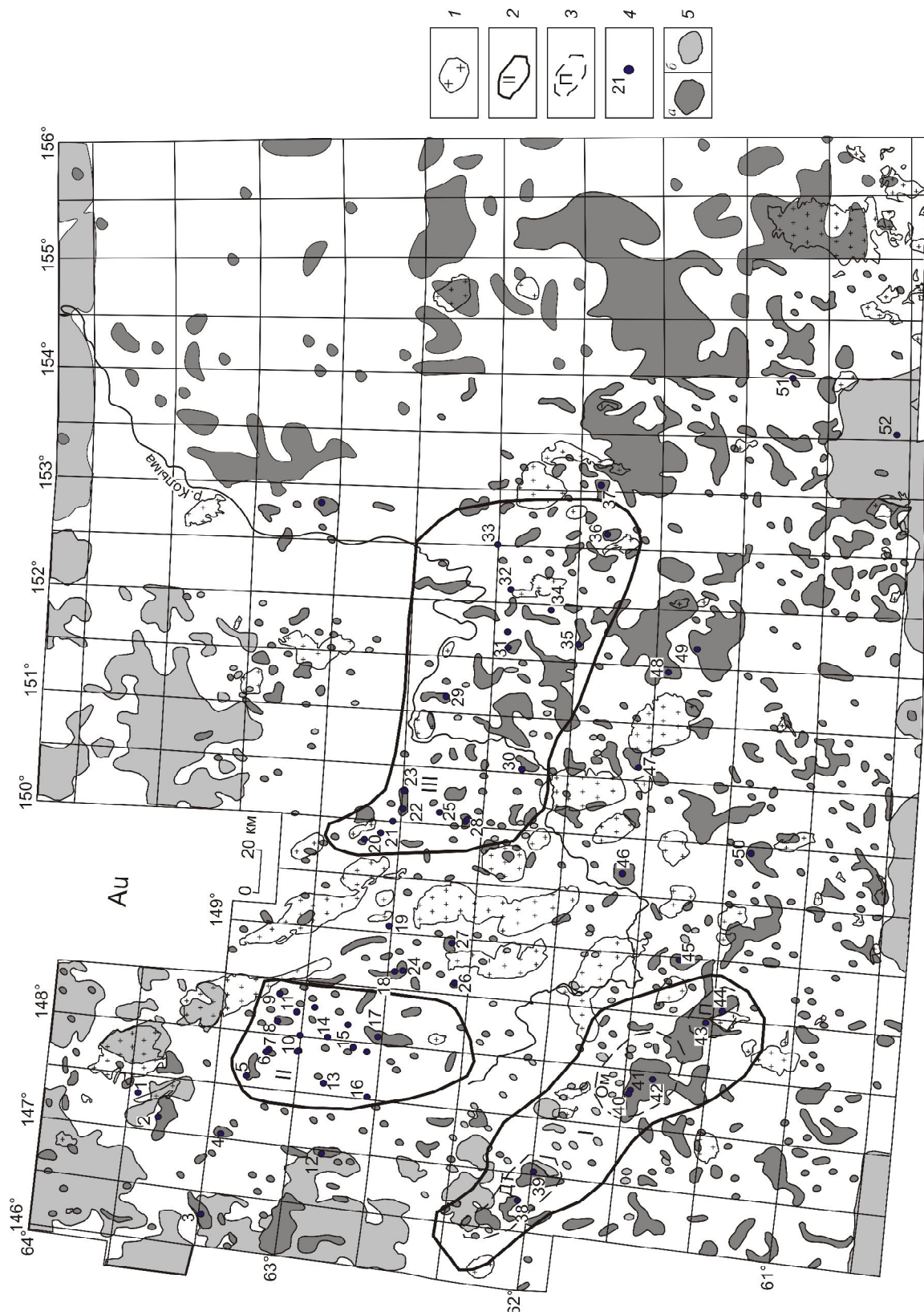
Вблизи южной границы изучаемой площади триасовые, юрские и пермские терригенные образования перекрыты крупными заливообразными фрагментами вулканитов ОЧВП. Породы пересечены серией субпараллельных широтных разломов, к востоку сменяющих простирание на северо-восточное. Широко развиты дайковые пояса тех же направлений и группы разноориентированных даек. Ореолы Au ассоциируют с оловянными, олово-вольфрамовыми, золото-серебряными и золото-кварцевыми объектами. Наиболее крупная на изученной площади аномалия Au имеет неправильную форму с извилистыми контурами и общую северо-восточную ориентировку. Она заключена в рамках координат $61^{\circ}20' - 62^{\circ}20'$ с.ш. и $154^{\circ}00' - 155^{\circ}30'$ в.д. Большая часть аномалии приурочена к триасовым и пермским терригенным породам перивулканической зоны, прорванным крупными и мелкими гранитоидными массивами и разбитым непротяжен-

ными разноориентированными разломами. В контактово-метаморфизованных породах содержится золоторудная, редко золото-серебряная, серебряная, цинковая, медная и оловорудная минерализация. Северо-восточный фрагмент аномалии приурочен к Балыгычано-Сугойской минерагенической зоне ОЧВП с Дукатским серебряным рудным районом и оловорудными Останцовской и Невской зонами. Непосредственно вдоль южной границы в полосе влияния вулканогенного пояса и в самих вулканитах отмечаются крупные площадные ореолы выноса Au, контролируемые субширотными разломами. Структурно-геохимический анализ территории Яно-Колымской металлогенической провинции позволил выделить в аномальной структуре ореола Au область «транзита» в связи с ОЧВП, которая пространственно согласуется с ореолами выноса [6].

На северном фланге изучаемой площади за пределами описанных выше металлогенических зон установлены небольшие ореолы Au вокруг мелких золото-кварцевых рудопроявлений. На северо-западном замыкании главных складчатых структур — Аян-Юрхского антиклинория и Иньяли-Дебинского синклиория — в зоне влияния крупного поперечного Брюгандинского разлома отмечается широкая полоса ореолов выноса Au, которые прослеживаются в восточном направлении за пределы изучаемой площади на 500 км вплоть до 162° в.д. Они окаймляют с севера рудные районы и протягиваются в юго-восточном направлении в Тенькинский рудный район, значительно уменьшаясь в параметрах. Ореолы выноса фактически служат геохимическим ограничением Яно-Колымской провинции с севера и юга.

В результате проведенного исследования выявлены некоторые различия в строении ореолов Au на площадях Аян-Юрхского антиклинория с крупнообъемными месторождениями и Иньяли-Дебинского синклиория с преобладанием месторождений жильного типа. В Аян-Юрхском антиклинории ореолы Au имеют более крупные размеры и лучше структурированы. На северном фланге Тенькинского рудного района отмечается довольно крупный ореол выноса Au, локальные ореолы выноса рассеяны на площади Омчакского рудного узла, вокруг рудных узлов и Тенькинского рудного района. Подавляющее большинство золоторудных объектов на территории антиклинория находятся в пределах ореолов Au. Кроме того, за пределами известных рудных объектов выявлены ореолы Au, имеющие иногда крупные размеры, соответствующие по масштабу рангу рудных узлов.

В Иньяли-Дебинском синклиории ореолы Au имеют значительно меньшие размеры, структурно



различно ориентированы. Наблюдается несоответствие параметров рудных объектов и околорудных ореолов. Так, крупные месторождения (Светлое, Утинское) сопровождаются локальными ореолами Au, в то время как некоторые мелкие объекты — значительно более крупными. Выявлены новые ореолы Au за пределами известных золото-кварцевых проявлений. Установлено также, что ореолы Au характерны не только для золоторудных объектов, но и для объектов других металлов (олова, вольфрама, полиметаллов и др.).

Геохимические ореолы As (рис. 2) пространственно и генетически тесно связаны с ореолами Au в рудных узлах Тенькинского рудного района. За его пределами недалеко от юго-западной границы отмечается цепочка довольно крупных ореолов As, ассоциирующих преимущественно с оловянными объектами. Ореол As фиксирует золото-полисульфидно-кварцевое месторождение Школьное с сопровождающими его рудопроявлениями. Серия небольших ореолов As у северной границы площади приурочена к гранитоидному массиву и околоинтрузивному пространству с золото-кварцевыми и золото-сурьмяным рудопроявлениями и несколькими мелкими ореолами Au. Крупный ореол As совпадает с северным ореолом выноса Au и сопровождает оловянное рудопроявление Скалистый, приуроченное к небольшому гранитоидному массиву.

В Берелехском рудном районе ореолы As сопутствуют месторождению Светлое и большому количеству золото-кварцевых рудопроявлений. Между Тенькинским и Берелехским рудными районами ореолы As сопровождают золото-кварцевые рудопроявления (Петух и др.) и расположенное южнее в околоинтрузивном пространстве оловянно-вольфрамовое рудопроявление Плутный. В северной половине этого ореола развит небольшой ореол Au.

Между Берелехским и Ягоднинским рудными районами расположен крупный субмеридиональный ореол As длиной 85 км и шириной от 20 до

42,5 км, в северной части которого находится Кучеканское золоторудное месторождение. Ореол охватывает площади отдельных гранитоидных массивов и приконтактные зоны, сопровождает большое количество золото-кварцевых рудопроявлений, несколько золото-вольфрамовых рудопроявлений, приуроченных к межинтрузивному пространству. К востоку от него отмечается субширотный ореол As, включающий золото-кварцевые рудопроявления Сепия и Стрелка.

В Ягоднинском рудном районе ореолы As сопутствуют золото-кварцевым месторождениям Штурмовское и Утинское, рудопроявлениям Пологий, Пляшущий, Дубач, золото-мышьяковому рудопроявлению Оспа и золото-оловянным объектам Кинжал и др. Довольно крупный ореол As сопровождает группу оловянных рудопроявлений, а также свинцово-цинковое, железорудное, золото-серебряное в междуречье Среднекан – Оротукан.

Большое количество крупных ореолов As преимущественно субмеридиональной ориентировки наблюдается в перивулканической зоне и вулканитах ОЧВП на юге, востоке и юго-востоке изучаемой площади. Они сопровождают оловянные, полиметаллические, оловянно-полиметаллические, золото-серебряные, серебряные и золото-кварцевые объекты. Ширина ореолов As существенно возрастает в Балыгычано-Сугойском прогибе с оловянной и серебряной металлогенической специализацией. По мере удаления от золоторудных районов тесные пространственные связи ореолов As с ореолами Au утрачиваются, появляется ассоциация As–Sn.

Таким образом, для ореолов As характерна двойственная позиция. С одной стороны, они типоморфны для золото-кварцевых объектов. Занимают доминирующее положение в известных золоторудных узлах, имеют большие размеры и плотность на площади. С другой стороны — широко проявлены в перивулканической зоне и в связи с вулканитами ОЧВП по периферии площади, сопровождают месторождения и рудопроявления олова, серебра, золото-серебряные и других металлов, некоторые

Рис. 1. Региональные геохимические ореолы Яно-Колымской золоторудной провинции:

1 — контуры батолитов; 2 — рудные районы (I — Тенькинский, II — Берелехский, III — Ягоднинский); 3 — рудные узлы Тенькинского района (ДТ — Дегдекан-Токичанский, Ом — Омчакский, П — Пионерский); 4 — золоторудные месторождения (1 — Перевальное, 2 — Ветренное, 3 — Верхне-Хакчанское, 4 — Контрандинское, 5 — Хатакчанское, 6 — Буровое, 7 — Стахановец, 8 — Скрытое, 9 — Табога, 10 — Короты, 11 — Мальдяк, 12 — Петух, 13 — Чирок, 14 — Дорожное, 15 — Светлое, 16 — Холодное, 17 — Челбаньинское, 18 — Сепия, 19 — Кучеканское, 20 — Штурмовское, 21 — Восточное, 22 — Гольцовское, 23 — Туманинское, 24 — Стрелка, 25 — Веселое, 26 — Бас, 27 — Сукмар, 28 — Надеждинское, 29 — Утинское, 30 — Юглер, 31 — Хищник, 32 — Левотахтинское, 33 — Встречное, 34 — Ларюковское, 35 — Питерский, 36 — Затесное, 37 — Буюндинское, 38 — Боец, 39 — Дегдекан, 40 — Наталкинское, 41 — Омчакское, 42 — Павлик, 43 — Игуменовское, 44 — Родионовское, 45 — Школьное, 46 — Ветренское, 47 — Экспедиционное, 48 — Колдун, 49 — Надежда, 50 — Детринское, 51 — Джульетта, 52 — Нявленте); 5 — геохимические ореолы (*a* — положительные, 0,01 г/т и более для Au; *b* — ореолы выноса, 0–0,0006 г/т для Au)

гранитоидные массивы и зоны регионально-контактового метаморфизма.

Геохимические ореолы Ag (рис. 3) развиты преимущественно по периферии изучаемой площади, контрастно проявлены на Верхне-Хакчанском месторождении, в Тенькинском рудном районе, на юге и востоке изучаемой площади. Они практически отсутствуют на площади Берелехского и слабо проявлены в юго-восточной части Ягоднинского рудных районов.

В Тенькинском рудном районе довольно крупный ореол Ag охватывает Тигрецкий рудный узел и северный фланг Дегдеканского, сопровождая комплексные месторождения Sn-Ag-Pb Тигрец, Sn-Ag-Zn Токичанское, Au-Ag и золото-кварцевые рудопроявления. Локальный ореол Ag установлен вблизи месторождения Дегдекан. Извилистые лентообразные ореолы Ag субширотной ориентировки пересекают центральную часть Омчакского рудного узла, отмечаются около месторождения Павлик и серебряного рудопроявления Порфиоровое. Месторождения Наталкинское и Омчакское находятся за пределами этого ореола. Довольно крупные площадные ореолы Ag охватывают территории золото-кварцевых месторождений Игуменовское и Родионовское, ряда золото-кварцевых рудопроявлений, а также оловянного, молибденового, вольфрам-молибденового, золото-серебряного и других, расположенных в около- и межинтрузивном пространстве. У юго-восточной границы района к северу и югу от крупного золото-полисульфидно-кварцевого месторождения Школьное мелкие ореолы Ag сопровождают небольшой гранитоидный массив и образуют узкую оторочку вокруг соседнего более крупного массива.

Вдоль южной и восточной границ изучаемой площади в перивулканической зоне и вулканитах ОЧВП наблюдаются наиболее крупные ореолы Ag. Один из них шириной 40 км прослежен на 80 км в центральной части южной границы. Площадь здесь сложена пермскими и триасовыми терригенными породами с фрагментами вулканитов ОЧВП и небольшими позднемеловыми гранитоидными массивами. Породы разбиты многочисленными разломами с преобладанием субширотных, реже северо-западных и северо-восточных направлений. К ним приурочены серебряные, золото-серебряные, свинцово-цинковые и оловянные рудные объекты. Далее к востоку протяженная полоса ореолов Ag прослежена от юго-восточного угла Ягоднинского рудного района на юг. Она сопровождается Среднебуюндинский, Тенкелинский, Иваньинский, Верхнекилганинский рудные узлы с оловянными, серебряными, золоторудными и золото-

серебряными месторождениями. Еще восточнее протяженный субмеридиональный ореол Ag расположен на площади Балыгычано-Сугойского прогиба с большим количеством оловянных, серебряных и золото-серебряных рудных объектов. В терригенных породах перивулканической зоны и вулканитах ОЧВП серебро образует кольцевую геохимическую структуру, не замкнутую с севера. Серия довольно крупных ореолов Ag сопровождает золото-кварцевые, Au-Ag, Au-Bi, Ag, Pb-Zn, Pb, Sn, W объекты, локализованные в зонах регионально-контактового метаморфизма. Два наиболее крупных ореола Ag (в средней части у южной границы и в юго-восточном углу) пространственно совпадают с ореолами As.

Геохимические ореолы Bi (рис. 4) максимально проявлены в Тенькинском рудном районе, на южной и восточной периферии изучаемой территории. Они установлены вблизи месторождения Дегдекан, по периферии Омчакского и в Пионерском рудном узле. Ореолы Bi смещены к западу и востоку от наиболее крупных месторождений Яно-Колымской провинции (Омчакское, Наталкинское и Павлик). Причем на западе ореолы Bi пространственно совмещены с положительными ореолами Au, а на востоке — с ореолами его выноса. Крупный ореол Bi на южном фланге Тенькинского района занимает почти всю площадь Пионерского рудного узла с золото-кварцевыми месторождениями Игуменовское и Родионовское, молибден-кварцевым Танкист, золото-кварцевыми, оловянными и молибденовыми рудопроявлениями, расположенными в околоинтрузивной области в зоне контактового метаморфизма. Этот ореол прослеживается к югу за пределами рудного района на площади гранитоидного массива и в его экзоконтактовой части. Группа ореолов Bi отмечается к западу и юго-западу от Тенькинского района в связи с оловянными объектами.

В Берелехском рудном районе локальные ореолы Bi отмечаются на площади золото-кварцевого рудопроявления Сылгытар и за пределами золоторудных объектов. К востоку от этого района ореолы Bi ассоциируют с ореолами Au на площади золото-кварцевых рудопроявлений Сепия и Стрелка, а также локально проявлены в гранитоидах и межинтрузивном пространстве.

В Ягоднинском рудном районе ореолы Bi отмечаются в экзоконтактах гранитоидных массивов. На западе района они связаны с золото-кварцевым рудопроявлением Последний, на востоке — со свинцово-цинковым и оловянными рудопроявлениями. К юго-востоку от Ягоднинского района крупный ореол Bi оконтуривает преимущественно

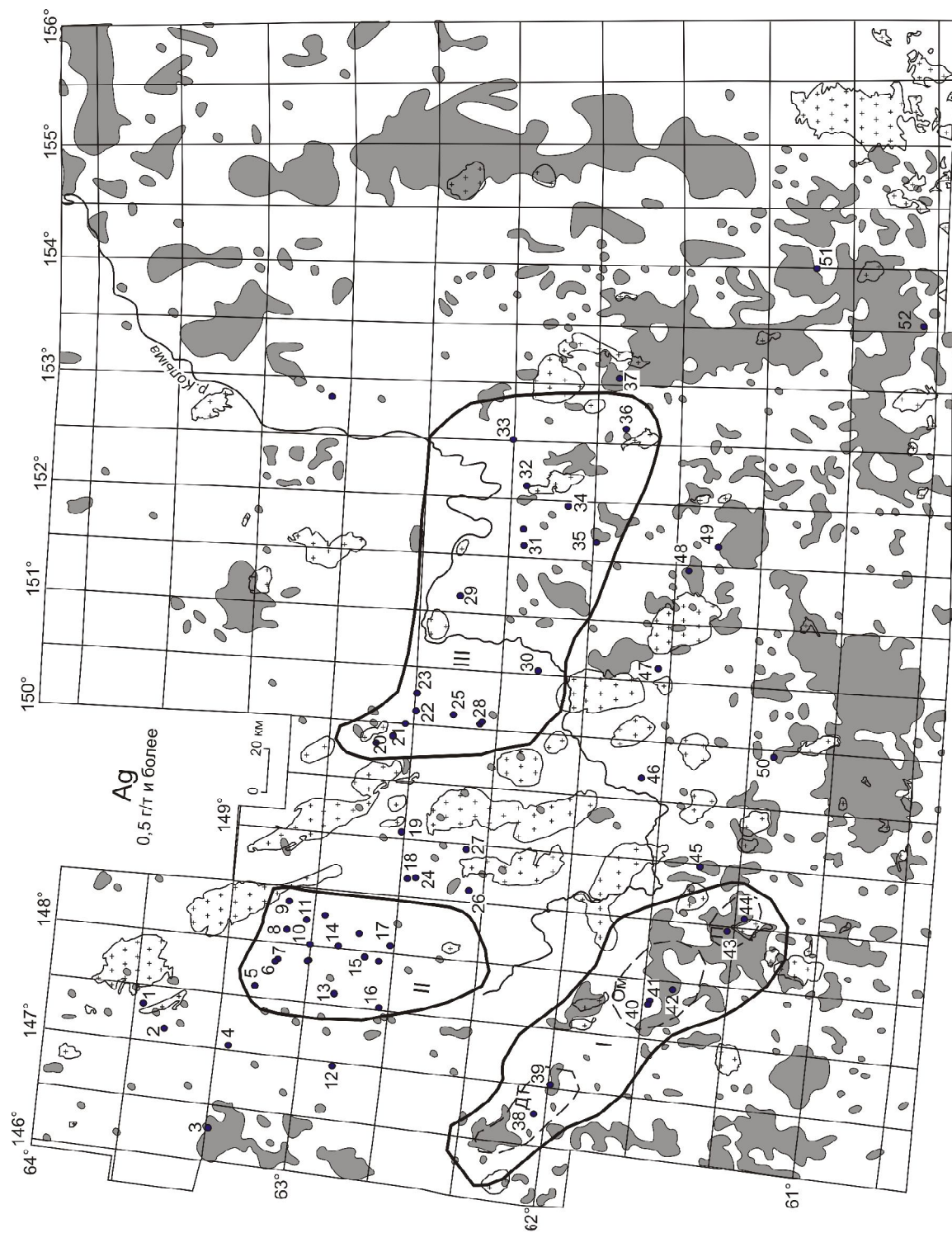


Рис. 3: усл. обозн. см. рис. 1



Рис. 4: усл. обозн. см. рис. 1

оловянные объекты, а также золото-висмутовое, золото-кварцевое и серебряное рудопоявления.

На севере изучаемой площади вблизи золото-висмутовых, реже золото-кварцевых и в одном случае золото-сурьмяно-кварцевых объектов довольно крупные пространственно сближенные ореолы Vt совпадают с положительными и отрицательными ореолами Au , а также отмечаются за их пределами. Вдоль южной границы площади крупные ореолы Vt сопровождают преимущественно оловянные, реже свинцово-цинковые и в одном случае золото-серебряный объекты.

В строении ореолов Vt отчетливо выражена кольцевая геохимическая структура, не замкнутая на севере. Восточная ветвь структуры пространственно совмещается с ореолами Ag и приурочена к вулканитам ОЧВП. По площади распространения ореолы Vt занимают промежуточное положение между максимально распространенными ореолами As и ореолами Ag , занимающими меньшую площадь. Отмечается как совмещение, так и довольно значительное разобщение в пространстве ореолов этих элементов, что свидетельствует о проявлении геохимической зональности в их распределении. Мышьяк характерен для площадей с собственно золоторудными объектами, Vt и Ag — для их флангов.

Геохимические ореолы Pb (рис. 5) в Тенькинском рудном районе развиты в основном за пределами известных месторождений. В южной части района они сопровождают Родионовское и Игуменовское месторождения Пионерского рудного узла и прослеживаются за его пределы, увеличиваясь в размерах. К западу от района на площади золото-кварцевого рудопоявления и вблизи вольфрамового и оловянного объектов они имеют форму извилистых близрасположенных полос субмеридиональной ориентировки.

Наиболее крупные ареалы Pb с содержаниями 50 г/т расположены на некотором удалении от рудных районов. Самый крупный ареал Pb прямоугольной формы (80×25 км) на севере у западной границы площади приурочен преимущественно к триасовым, в меньшей степени пермским терригенным отложениям северного замыкания Аян-Юряхского антиклинория, на западе не оконтурен. Вблизи северной границы в контуре ареала размещается Верхне-Хакчанское золото-кварцевое месторождение с ореолами Au . На всей остальной его площади рудные объекты не выявлены, кроме нескольких мелких россыпей золота. К северо-востоку от крупного ареала Pb в непосредственной близости от него находится подковообразный ореол Pb , приуроченный к пермским, триасовым и юрским отложениям и включающий большое коли-

чество золото-кварцевых объектов (Контрандинское месторождение, рудопоявления Средне-Хакчанское, Перспективное и др.), часть из которых сопровождается ореолами Au .

Узкий ореол Pb меридиональной ориентировки у юго-восточной границы района в значительной своей части пространственно совпадает с ореолами Au вблизи крупного золото-полисульфидно-кварцевого месторождения Школьное.

Ореолы Pb в непосредственной близости от юго-западной границы Тенькинского рудного района и вдоль западной и южной границ изучаемой площади приурочены к зонам контактового метаморфизма в пермских и триасовых отложениях. Они развиты на площадях преимущественно с оловянными объектами, иногда с примесью Pb , Zn , Ag , в большинстве случаев пространственно ассоциируют с ореолами Au .

В Берелехском рудном районе мелкие ореолы Pb рассеяны практически по всей его площади главным образом за пределами известных золоторудных объектов. Они отмечаются между Берелехским и Ягоднинским рудными районами в экзо- и эндоконтактах гранитоидных интрузий.

Довольно крупные ореолы Pb отмечаются преимущественно в восточной части Ягоднинского рудного района с золото-кварцевыми объектами, а также в околосинтектонической области с золото-оловянными, золото-сурьмяными, оловянными, свинцово-цинковым и золото-серебряным проявлениями. Они приурочены к зонам контактового метаморфизма в триасовых терригенных отложениях.

Вдоль южной границы изучаемой площади локализованы наиболее крупные ореолы Pb . Один из них в южном замыкании Аян-Юряхского антиклинория в центральной части территории расположен на площади пермских отложений, пересеченных большим количеством даек и окруженных полосой триасовых отложений. Северная часть ореола ассоциирует с вольфрамовым, свинцово-цинковым, оловянным, золото-кварцевым и серебро-золотым рудопоявлениями, южная — с большим количеством рудных объектов, среди которых преобладают свинцово-цинковые и оловянные, имеется золото-серебряное рудопоявление. Все рудные объекты тяготеют к зонам эндо-, экзо- и регионально-контактового метаморфизма.

Северо-восточнее на незначительном удалении от крупного гранитоидного массива батолитового пояса субмеридиональный ореол Pb размером 80×(10–30) км приурочен к пермским, триасовым и юрским отложениям, прорванным мелкими гранитоидными интрузиями. У северной границы ореола в пермских отложениях находится золото-кварце-

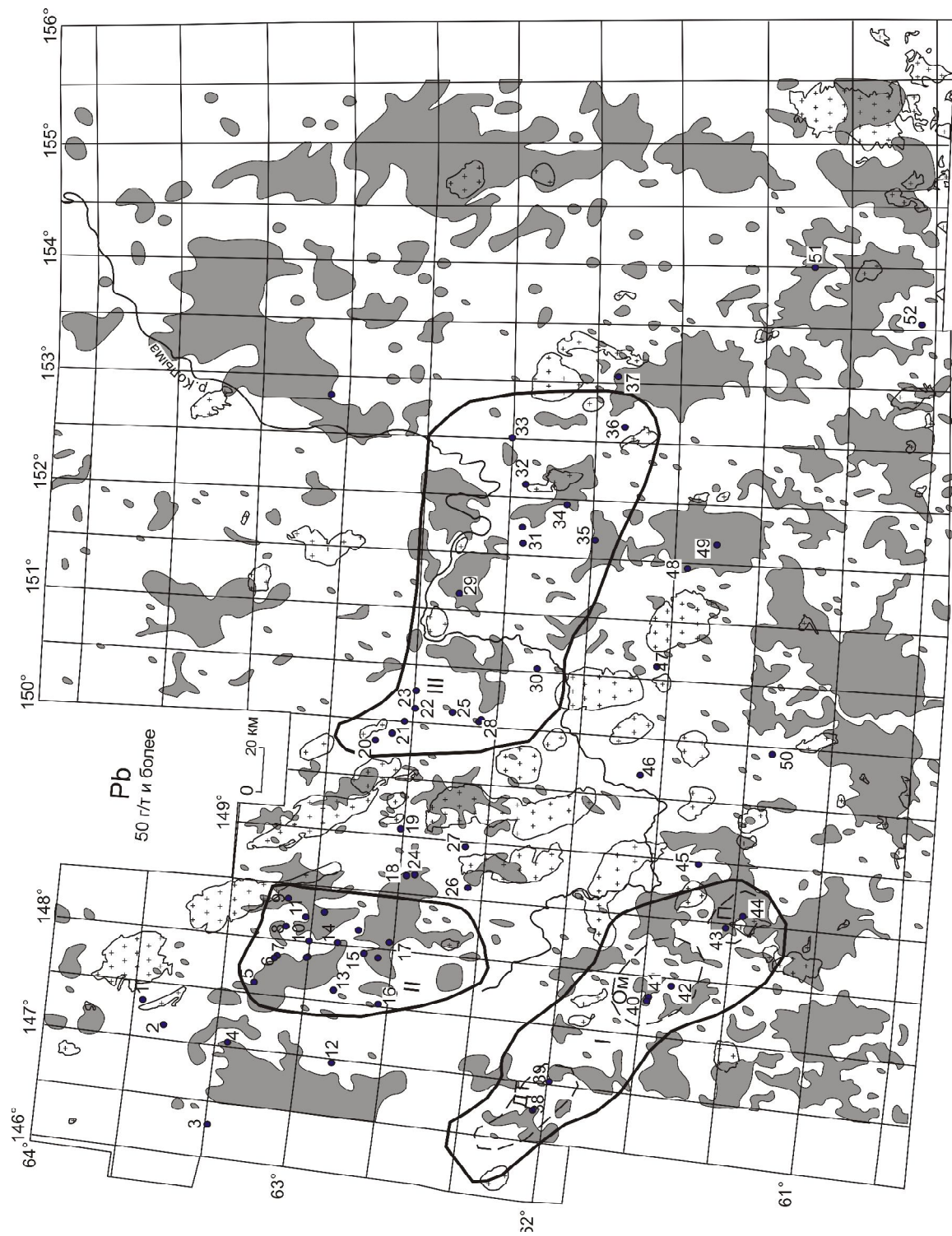


Рис. 5: усл. обозн. см. рис. 1

вое рудопроявление Питерский. На юге площади в зонах регионально-контактового и околотрузивного контактового метаморфизма, а также в дайковом поясе триасовых отложений сосредоточены вольфрамо-золотое, золото-кварцевое, свинцовое, золото-висмутное, оловянные месторождения. Здесь ореолы Pb отмечаются в связи с Ag, Au-Bi, Ag, золото-кварцевыми, Zn-Pb, Sn, Mo объектами.

На севере изучаемой площади на замыкании металлогенических зон ореолы Pb ассоциируют с положительными ореолами Au на золоторудных объектах, а также встречаются в поле ореолов выноса Au.

На восточном фланге территории протяженный (340 км) субмеридиональный ореол Pb практически совпадает с ореолом Ag.

Таким образом, ореолы Pb за пределами золоторудных районов или на их периферии сопровождают оловянные, свинцово-цинковые, золото-кварцевые и золото-серебряные объекты, обычно связаны с зонами околотрузивного метаморфизма и часто пространственно ассоциируют как с положительными, так и с отрицательными ореолами Au. Максимальное развитие ореолов Pb отмечается в пределах кольцевой геохимической структуры, восточная ветвь которой характеризуется комплексным проявлением ореолов Pb, Ag и Bi в вулканитах ОЧВП и перивулканической зоне.

Геохимические ореолы Zn (рис. 6). В большинстве случаев рудные объекты находятся в пределах слабоконтрастных ореолов (200–299 г/т), высококонтрастные расположены в непосредственной близости или на некотором удалении от них. Это подтверждается результатами крупномасштабной геохимической съемки. По данным работы [2], ореолы Zn на большей части Омчакского рудного узла характеризуются низкими содержаниями (125–250 г/т).

В отличие от ореолов Pb и Ag ореолы Zn более развиты в Берелехском рудном районе, чем в Тенькинском. Слабоконтрастные ореолы густо расположены на его площади, часто ассоциируя с ореолами Au и подчеркивая границы района. Они образуют единое поле вокруг золото-кварцевых месторождений Чай-Юрьинское, Светлое, Челбаньинское, сопровождающих их рудопроявлений и крупных россыпей вдоль рек Чай-Юрья и Нижний Нексикан с ее притоками. По обоим бортам р. Беличан с крупной россыпью и мелкими золото-кварцевыми месторождениями и рудопроявлениями они частично совмещаются с ореолами Au. Отмечается также серия ореолов Zn, не связанных с рудными объектами. К северо-западу от Берелехского района Г-образный ореол Zn сопровождает Хатак-

чанское, Контрандьинское и Верхне-Хакчанское золоторудные месторождения и к югу от последнего пространственно ассоциирует со слабоконтрастным ореолом Pb.

В Тенькинском рудном районе мелкие слабоконтрастные ореолы Zn расположены на северном фланге Дегдекан-Токичанского рудного узла, где они частично совмещаются как с положительными, так и с отрицательными ореолами Au, локальный ореол сопровождает месторождение Дегдекан. Непрерывный слабоконтрастный ореол Zn отмечается между Дегдекан-Токичанским и Омчакским рудными узлами и прослеживается в восточную часть Омчакского рудного узла. Крупный контрастный ореол охватывает южный фланг рудного района и распространяется к югу за его пределы. Группа мелких ореолов Zn окаймляет Тенькинский рудный район с запада. Один из них связан со свинцово-цинковыми, оловянными, олово-свинцово-серебряными, олово-свинцово-цинковыми рудопроявлениями, приуроченными к зонам контактового метаморфизма в пермских отложениях, прорываемых гранитоидными интрузиями. К востоку от Омчакского рудного узла узкий субмеридиональный контрастный ореол Zn пространственно совмещен с ореолом Au на золоторудном месторождении Школьное.

В Ягоднинском рудном районе у западной его границы слабоконтрастные ореолы Zn связаны с золото-кварцевыми рудопроявлениями Последний и Медведь, а в юго-восточном углу — с золото-кварцевыми рудопроявлениями Встречное, Затесное и полиметаллическими объектами.

Серия крупных контрастных ореолов Zn отмечается вдоль южной границы изучаемой площади. В юго-западном углу они приурочены к пермским терригенным отложениям, включающим оловянные рудопроявления. Восточнее в структуре с пермскими отложениями в ядерной части и триасовыми образованиями на крыльях наблюдается крупный площадной ареал Zn (75×35 км). Восточная часть ареала характеризуется преобладанием высококонтрастных ореолов Zn. Часть из них сопутствует ореолам Au на золото-кварцевых месторождениях Детринское, Вилка и серии близко расположенных рудопроявлений. Центральная часть ареала Zn не связана с рудными объектами, кроме золото-кварцевого и серебро-золотого рудопроявлений на восточном фланге, последнее находится вблизи восточной границы довольно крупного ореола Au. В южной части ареала находятся свинцово-цинковые, оловянные и золото-серебряное рудопроявления. Несколько мелких ореолов Zn расположены в поле регионально-контактового



Рис. 6: усл. обозн. см. рис. 1

метаморфизма преимущественно в пермских терригенных отложениях. Далее к востоку в юрских отложениях, прорванных в северной части гранитоидными интрузиями, расположен ореол Zn с извилистыми контурами протяженностью 32 км. Северо-восточная граница ореола связана с цепочкой рудопроявлений вдоль зоны контактового метаморфизма. Их состав с севера на юг — оловянные, серебряные, золото-висмутовое и золото-кварцевое. Все объекты сопровождаются ореолами Au.

Крупный ореол Zn преимущественно в терригенных триасовых образованиях, на отдельных участках, перекрытых юрскими отложениями и нижнемеловыми вулканитами ОЧВП, прослежен от юго-восточного угла Ягоднинского района на юго-восток. Его протяженность 135 км, ширина 30–45 км. С перекрытыми участками связаны серебряные и золото-серебряные объекты. Триасовые породы прорваны гранитоидными интрузиями и пересекаются серией субпараллельных северо-восточных разломов.

Вдоль западной и южной границ площади меньшие по размерам ореолы Zn связаны преимущественно с оловянными и свинцово-цинковыми объектами или же с участками, не содержащими рудных проявлений, часто ассоциируют с ореолами Au. Весьма малое количество ореолов Zn расположено на севере площади на замыкании рудовмещающих структур.

Наиболее протяженный (320 км) ореол Zn распространен с перерывами вдоль восточной границы площади, пространственно ассоциирует с ореолами Ag, Bi и Pb и сопровождает область проявления вулканитов ОЧВП. Ореолы Zn в отличие от других элементов доминируют в Берелехском районе в сравнении с Тенькинским и Ягоднинским. Подобно ореолам As, Ag, Pb их размеры существенно возрастают в южной части площади в перивулканической зоне и в породах ОЧВП. Они часто ассоциируют с ореолами Au на золото-кварцевых объектах и проявлениях других металлов.

Геохимические ореолы Cu (рис. 7) наиболее интенсивно проявлены в Тенькинском рудном районе. Они пространственно совмещены с ореолами Au в Дегдекан-Токичанском рудном узле, увеличиваясь в размерах в северной части и выходя за пределы узла в северном направлении. К югу от рудного узла в субмеридиональном направлении на 60 км протягивается извилистая полоса безрудных ореолов Cu, выходящая за пределы рудного района. К юго-западу от рудного района ореольная полоса Cu протяженностью >75 км сопровождает оловянные месторождения и рудопроявления (Харан, Отечественное, Охотничье и др.), оловянно-свинцово-цинковые и

оловянно-свинцово-серебряные рудопроявления, часто с ореолами Au. Еще южнее отмечается ореол Cu с группой оловянных рудопроявлений.

В Омчакском рудном узле небольшой ореол Cu отмечается вокруг Наталкинского и Омчакского месторождений. В южной части узла размеры ореола увеличиваются, он охватывает месторождение Павлик, рудопроявления Атас, Скальный и непрерывно прослеживается в северной части Партизанского рудного узла с молибденовым месторождением Танкист и золото-кварцевыми Игуменовское и Родионовское. Золото-полисульфидно-кварцевое месторождение Школьное расположено в поле ореола Cu неправильной формы, имеющего общую субширотную ориентировку.

В межинтрузивном пространстве батолитового пояса группа ореолов Cu связана с золото-кварцевыми объектами (месторождение Ветренское и сопровождающие его рудопроявления, рудопроявление Честь) и оловянным рудопроявлением Ночевка. Наиболее крупный изометричный ореол Cu в триасовых отложениях, прорванных мелкими гранитоидными интрузиями, включает большое количество рудопроявлений: золото-кварцевых, золото-вольфрамовое, золото-серебряное, висмутовое, вольфрамовое. Южнее ореолы Cu связаны с оловянными, свинцовыми, золото-кварцевыми, серебро-золотыми, золото-серебряными (Порожистый) рудопроявлениями.

На большей части площади Берелехского района рассеяны редкие точечные ореолы Cu. Небольшие ореолы Cu связаны с месторождениями Чирок, Светлое, Чай-Юрьинское и несколькими золото-кварцевыми рудопроявлениями. Крупный ореол Cu находится вблизи южной границы за пределами района.

В Ягоднинском рудном районе крупные ореолы Cu сосредоточены в юго-восточной части и включают редкометальное месторождение Приискатель, золото-кварцевые рудопроявления Ветвистое (при отсутствии ореола Au), Правая Укразия (частично совмещается с ореолом Au), Штурмовской и Хатыннахский рудные узлы, группу золотых, часто оловосодержащих объектов (Арик, Кинжал и др.). К югу от Ягоднинского рудного района отмечается самый крупный по размерам ареал Cu, северные части которого захватывают Нижне- и Лево-Оротуканский рудные узлы. Этот ареал имеет неправильную форму, извилистые контуры, максимальную ширину 90 км и прослеживается в юго-восточном направлении на 130 км вплоть до южной границы изучаемой площади. Западная ветвь ареала приходится на межинтрузивное пространство крупных гранитоидных массивов батолитового пояса. В эн-

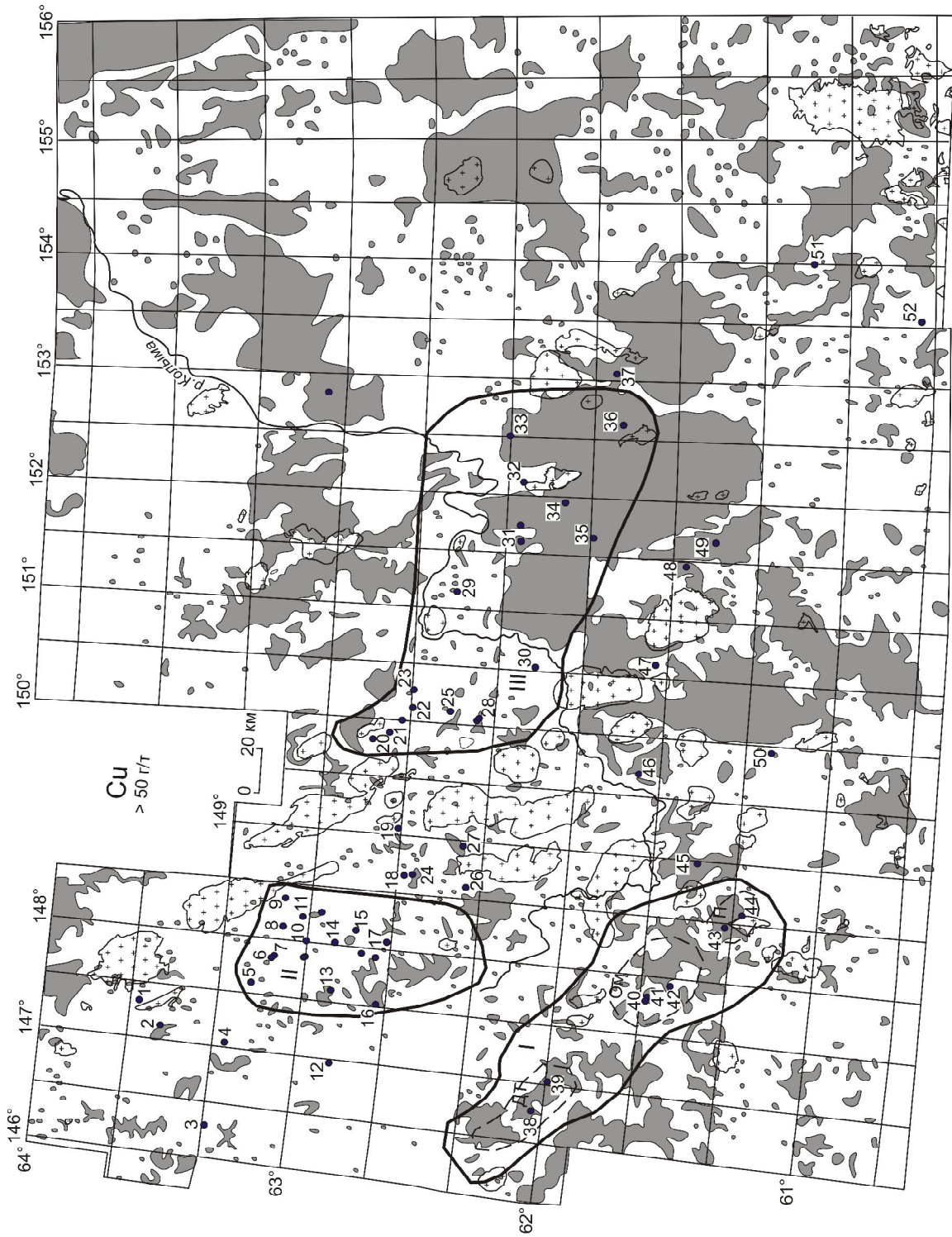


Рис. 7: усл. обозн. см. рис. 1

доконтактной части одного из массивов в приграничной части ореола Cu расположены вольфрамовое Бохапчинское месторождение, на некотором удалении от массивов в триасовых терригенных отложениях — несколько золото-кварцевых рудопроявлений (Ваня, Такыр, Коханный и др.). В центральной ветви ареала фиксируются редкие значительно разобщенные рудные объекты, количество которых увеличивается на юге при приближении к ОЧВП. В юрских вулканогенно-осадочных отложениях это золото-кварцевые рудопроявления Оротукан, в пермских терригенных породах — редкометальное месторождение Приискатель, золото-кварцевое рудопроявление Питерский, в триасовых — золото-кварцевое месторождение Казак, в небольшом гранитоидном массиве — золото-кварцевое рудопроявление Нетчен-Хая, золото-вольфрамовые рудопроявления. Восточная ветвь ареала Cu в пермских, триасовых и юрских терригенных породах, прорванных гранитоидными интрузиями, на севере включает среднеканскую группу золото-кварцевых месторождений и рудопроявлений, на некотором удалении от массивов — золото-серебряные, оловянные объекты, золото-кварцевое месторождение Ларюковое, свинцово-цинковые рудопроявления, золото-кварцевые объекты и рудопроявление вольфрама Балу. На площади данного ареала Cu отмечаются ореолы Au разных размеров в связи с рудными объектами различных металлов и безрудными участками. К востоку от ареала в непосредственной близости от него в пермских и триасовых образованиях, прорванных на севере крупным гранитоидным массивом и по всей площади редкими мелкими массивами, отмечается крупный ореол Cu неправильной формы с извилистыми контурами протяженностью 55 км и шириной от 3 до 40 км. На площади ореола расположены золото-кварцевые, оловянные, серебряный, золото-висмутовый объекты.

На северо-восточном фланге изучаемой площади ореолы Cu сопровождаются медное, серебро-золотое, оловянное, редкоземельно-оловянные и сурьмяное рудопроявления, в южной части — молибденовые, золото-серебряные и золото-кварцевое рудопроявления при отсутствии положительных ореолов Au.

На замыкании рудоконтролирующих структур отмечается группа сближенных ореолов Cu, один из которых включает золото-кварцевое рудопроявление, остальные не содержат рудных объектов. Ореолы Cu, приуроченные к околоинтрузивному пространству, совмещены как с крупным положительным ореолом Au, так и с ореолом выноса Au.

В целом ореолы Cu тяготеют преимущественно к южной и восточной частям площади, значительно

увеличиваясь в размерах в восточном направлении, слабо проявлены на севере, сопровождают золото-кварцевые, оловорудные, свинцово-цинковые и золото-серебряные объекты, во многих случаях ассоциируются с ореолами Au. Из золоторудных районов они наиболее характерны для Тенькинского.

Геохимические ореолы Hg (рис. 8) характеризуются существенно пониженными значениями в сравнении с кларком осадочных пород (0,068 г/т), но в четыре раза превышают значение местного фона. Надрудное положение в ряду зональности и закономерности в распределении на площади рудных районов определили их использование при геохимической характеристике данного региона. В то же время, интерпретация Hg аномалий осложняется возможностью их техногенного происхождения в связи с применением амальгамирования золота на аффинажных фабриках при отработке россыпей и рудных объектов, в том числе и мелких. Для отличия техногенных аномалий Hg от природных следует учитывать обязательное присутствие в первых золота. При этом могут быть утрачены аномалии, ассоциирующие с ореолами Au в надрудной области или же имеющие комплексное природно-техногенное происхождение.

В Тенькинском рудном районе ореолы Hg проявлены слабо. Узкая их полоса прослеживается на 130 км от Наталкинской фабрики вдоль рек Омчак и Тенька. Вероятно, они техногенные, хотя и не исключено наличие в них аномальных концентраций Hg природного происхождения, обусловленных присутствием примеси Hg в рудном золоте. Небольшие ответвления от этого ореола связаны с Игуменовским и Родионовским месторождениями. По-видимому, тот же ореол после небольшого прерыва продолжается вдоль р. Теньки до ее устья. Узкие линейные ореолы Hg могут маркировать широко распространенные, но не зафиксированные в геологических фондах отработки «хищников», поэтому они могут представлять интерес в поисковом отношении. К подобным ореолам, нуждающимся в геологической заверке, можно отнести ореолы по ручьям Дарныкы, Дудыкан, Хинике и др., для которых отсутствуют сведения о наличии рудных или россыпных проявлений золота.

Расположенный к северу от Тенькинского рудного района ореол Hg находится в пределах крупного ореола выноса Au, включает мелкую россыпь вдоль р. Петеникан и два мелких положительных ореола Au. Далее к северу отмечается крупный ореол Hg, у северной границы включающий золото-кварцевое Верхне-Хакчанское месторождение с ореолом Au. Восточнее последнего находится ореол Hg, северная часть его совпадает с ореолами

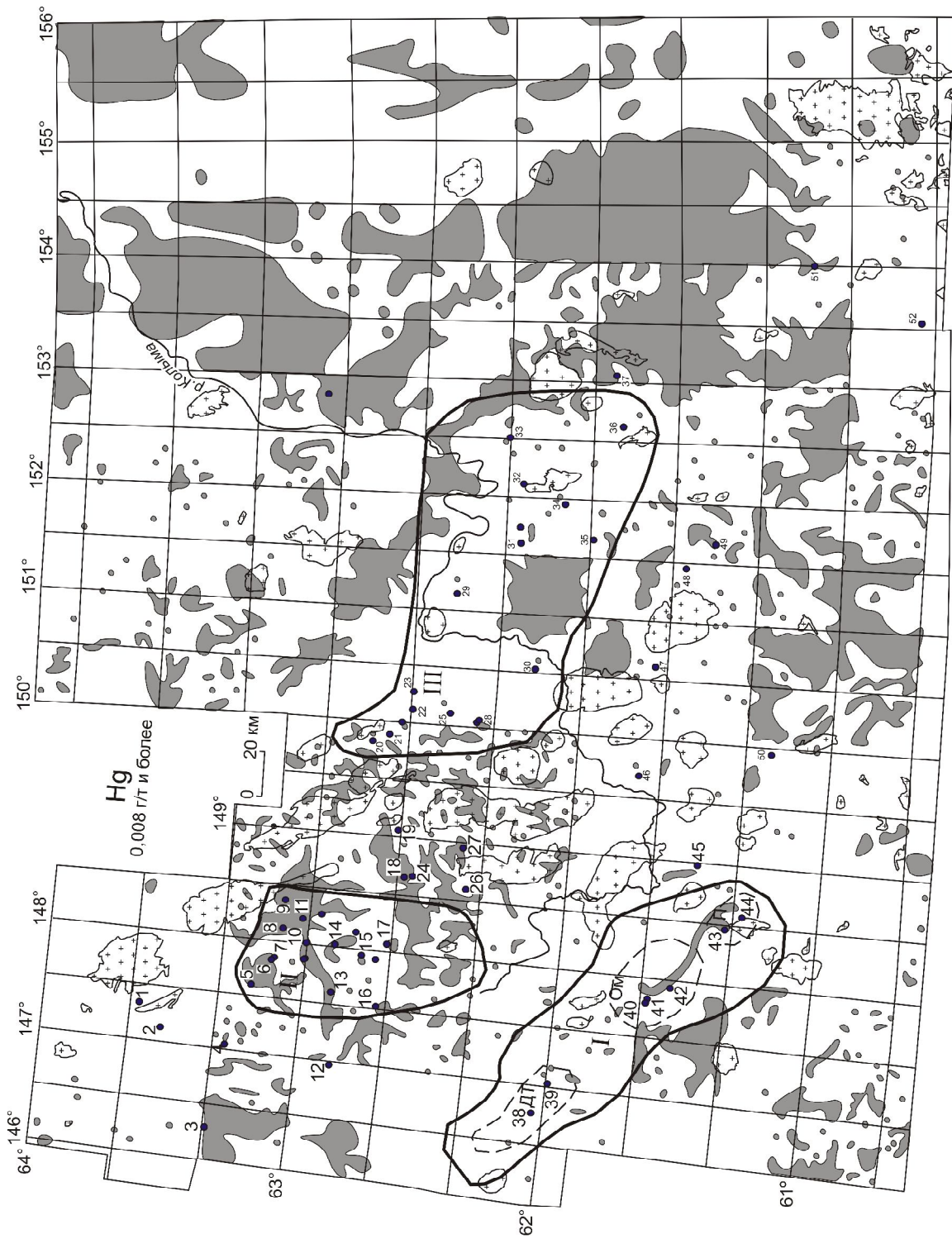


Рис. 8: усл. обозн. см. рис. 1

Au на золото-кварцевых рудопрооявлениях. Западнее Тенькинского района отмечается группа ореолов Hg, не связанных с рудными объектами, но иногда ассоциирующих с ореолами Au.

В Берелехском рудно-россыпном районе ореолы Hg проявлены широко. Они имеют крупные размеры, извилистые очертания, неправильную форму. Из всех элементов, включая Au, они наиболее выразительно подчеркивают пространственное положение границы района. Ореолы также могут иметь частично техногенное происхождение. Между Берелехским и Ягоднинским рудными районами большое количество ореолов Hg приурочены к гранитоидам батолитового пояса, их эндо- и экзоконтактовым зонам.

В Ягоднинском рудном районе ореолы Hg сосредоточены вблизи западной и северной границ. Крупный изометричный ореол Hg с извилистыми контурами пространственно совпадает с ореолом Cu, включает крупные россыпные месторождения, рудопрооявления золота Оротукан и Нечаянный и редкометальное месторождение Приискатель. Частично он совпадает с положительными и мелкими отрицательными ореолами Au. Южнее отмечается ореол Hg, на площади которого находится группа золото-кварцевых рудопрооявлений (Ваня, Такыр, Южное и др.) с ореолами Au. Ряд мелких ореолов Hg находится на восточной периферии Ягоднинского района. Один из них включает несколько золото-кварцевых рудопрооявлений, в том числе Ерника и Бейча с ореолом Au. Несколько ореолов Hg окаймляют с севера Ягоднинский район; в одном из них находятся золото-сурьмяные рудопрооявления.

Группа ореолов Hg сосредоточена у южной границы на востоке площади. Самый восточный и наиболее крупный ореол Hg имеет неправильную форму с извилистыми границами. Он приурочен к пермским и триасовым терригенным породам, прорванным гранитоидными интрузиями и на юге перекрытым вулканитами ОЧВП. Включает Среднебуяндинский и Тенкелинский рудные узлы с оловянными месторождениями и рудопрооявлениями, золото-висмутовым, золото-кварцевыми, олово-серебряными и серебряными рудопрооявлениями. В северном направлении ореол разветвляется, ширина его уменьшается. Он пересекает крупное поле юрских терригенных пород, разбитых серией субпараллельных северо-восточных разломов и включающих редкие мелкие золото-кварцевые и оловянные объекты. В северо-западной части ореола в крупном гранитоидном массиве локализован Куранахский оловорудный узел. В северном направлении прерывистые ореолы Hg пересекают северную границу площади.

Группа ореолов Hg трассирует ОЧВП в районе Балыгычано-Сугойского прогиба.

Таким образом, ореолы Hg широко проявлены в центральной части площади, охватывают Берелехский рудный район, гранитоиды батолитового пояса, околотрузивное пространство и западную приграничную периферию Ягоднинского района. Максимальных размеров они достигают на юге и востоке территории в перивулканической зоне.

Геохимические ореолы Sn (рис. 9) в небольшом количестве развиты на севере площади в гранитоидных массивах и контактово-метаморфизованных породах. В северо-западной части они включают рудопрооявление олова Скалистый. Субширотная цепочка аномалий Sn к югу от Верхне-Хакчанского и Контрандинского золоторудных объектов приурочена к области пересечения пермских, триасовых и юрских терригенных образований поясом даек, контролирующим положение большого количества точек золотой минерализации. Южнее вдоль западной границы территории субмеридиональная цепочка аномалий Sn отмечается в аналогичной минералого-геологической ситуации. Широкая аномальная полоса окаймляет с юго-запада северную часть Тенькинского рудного района. На площади ее развития крупные гранитоидные массивы и вмещающие их триасовые терригенные породы пересечены серией северо-восточных разломов. К межтрузивному пространству приурочено Харанское оловянное рудопрооявление.

В Тенькинском районе ореолы Sn отмечаются на площади Дегдеканского месторождения. К северу от Омчакского рудного узла они включают олово-вольфрамовое рудопрооявление Полоз и оловянное Барачный, к востоку — оловянные, олово-вольфрамовые (Товарищ, Порфиоровое), серебряные и золото-серебряные объекты, к западу от Наталкинского месторождения — оловянное рудопрооявление Невозвратный. Крупные ореолы Sn южной части Тенькинского района и на юго-западе изученной площади включают Игуменовское золоторудное месторождение и оловянные объекты (Ветвистое и Северный). К югу от района в гранитоидах перивулканической зоны, пермских и триасовых контактово-метаморфизованных породах ореол Sn связан с большим количеством оловянных объектов (Ложа, Верхний Маяк, Вопрос, Пострел Левый Рог, Гнилой и др.)

В Берелехском рудном районе небольшие ореолы Sn отмечаются по его периферии за пределами рудных объектов. Субмеридиональная полоса аномалий Sn между Берелехским и Ягоднинским рудными районами охватывает практически безрудные гранитоиды батолитового пояса.



Рис. 9: усл. обозн. см. рис. 1

В Ягоднинском рудном районе аномалии Sn находятся за пределами золоторудных объектов. Довольно крупная аномалия в юго-восточной части района приурочена к гранитоидному массиву, триасовым и юрским контактово-метаморфизованным терригенам. В западной части аномалии отмечаются золоторудные объекты (Кинжал, Веселое, Туманный и др.), в восточной — оловянные (Звериное, Перевальное Коллективное, Июньское и др.), свинцово-цинковое (Восточное), золото-серебряное (Печальное). Крупная аномалия Sn, ассоциирующая с ореолами Au, расположена южнее Ягоднинского района, включает оловянные объекты (Нерегинский, Днепровское), золоторудные и золото-серебряные проявления. К востоку от нее извилистая северо-восточная аномалия олова, приуроченная к породам перивулканической зоны и ОЧВП, включает в южной части золото-серебряные (Лунная, Предсъездовская и др.), свинцово-цинковые и оловянные проявления. От юго-восточного окончания Ягоднинского рудного района до границы изученной площади прослеживается крупная аномалия Sn, северная часть которой расположена в юрских и триасовых терригенах перивулканической зоны, южная — преимущественно в вулканитах ОЧВП. Вмещающие породы прорваны большим количеством гранитоидных интрузий (наиболее крупная на южном фланге), пересечены крупными разломами преобладающей северо-восточной ориентировки. Разломы пересекают и смещают рудоносные северо-западные нарушения. У северо-западного окончания аномалии в триасовых отложениях расположено Буондинское золото-серебряное рудопроявление, южнее — оловянные объекты (Осолоньинское и др.). В вулканитах ОЧВП имеются серебро-оловянные рудопроявления. На границе аномалии в ее южной части находится золото-серебряное месторождение Джульетта. Южнее последнего с небольшим гранитоидным массивом связаны оловянные, олово-свинцовое и олово-вольфрамовое рудопроявления. Вдоль восточной границы изученной площади отмечается широкая аномальная полоса Sn субмеридиональной ориентировки, охватывающая вулканиты ОЧВП и терригенные породы перивулканической зоны. Пространственно она близка к положению аномалий As и Zn и совместно с аномалиями Ag, Bi, Pb служит восточной геохимической границей Яно-Колымской провинции.

Таким образом, особенность пространственного положения ореолов Sn — их широкое развитие за пределами золоторудных месторождений на флангах Тенькинского рудного района, Омчакского и Партизанского рудных узлов, в гранитоидах бато-

литового пояса и зонах контактового метаморфизма, перивулканической зоне и породах ОЧВП. Совместно с ореолами As, Ag, Bi, Pb, Zn они фиксируют кольцевую геохимическую структуру, оконтуривающую Яно-Колымскую золоторудную провинцию с запада, юга и востока.

В результате анализа закономерностей распределения Au и элементов-спутников на площади Яно-Колымской золоторудной провинции установлено, что их аномалии сопровождают как золоторудные объекты, так и объекты других металлов (олова, молибдена, вольфрама, полиметаллов и проч.) разного возраста и структурной приуроченности. Их пространственное совмещение способствует образованию полиформационных ореолов и ассоциации в пределах одного геохимического поля элементов, характерных для разных уровней ореолов (верхнерудных — Ag, Pb, As и др., нижнерудных для золотого оруденения — Sn, W, Mo), что затрудняет интерпретацию вновь выявленных аномалий — определение их минерально-геохимического типа и степени эродированности.

Структурная ориентировка ореолов отражает наличие крупных долгоживущих рудоносных структур. Северо-западные связаны с главными структурами Яно-Колымской складчатой системы, а поперечные (субмеридиональные, субширотные и северо-восточные) — с древними региональными долгоживущими разломами, контролирующими положение ОЧВП. Узлы сопряжения их часто определяют положение крупнообъемных объектов. Долгоживущие разломы характеризуются унаследованной металлогенической специализацией (А.А.Сидоров и др., 1987). Карамкенко-Утеснинская рудоносная структура служит структурным и металлогеническим продолжением Тенькинской золотоносной полосы. Наличие крупных аномалий золота за пределами известных рудных районов на продолжении северо-западных разломов свидетельствует о потенциальных перспективах флангов территории на золотое оруденение.

В Берелехском и Ягоднинском рудных районах рудные объекты (от рудных узлов до месторождений) сопровождаются комплексными геохимическими ореолами. На некоторых золоторудных объектах ореолы Au, а иногда и элементов-спутников отсутствуют, что частично связано с огрехами опробования. При отсутствии ореолов Au золоторудные объекты фиксируются крупными аномалиями As, включающими большое количество рудных объектов, а также ореолами Cu, Zn, Hg и других элементов.

Тенькинский рудный район не выделяется в виде единого геохимического поля, а распадается на три рудных узла — Дегдекан-Токичанский,

Омчакский и Пионерский. Первые два узла разделены крупным участком фоновых концентраций Au, а также средними по размерам и точечными ореолами его выноса.

Наиболее изучен Омчакский рудный узел, главное месторождение которого Наталкинское рассматривается в настоящее время как крупнообъемное. В его пределах проведен комплекс крупномасштабных научно-исследовательских работ по геолого-структурному, минералого-геохимическому и геохимическому направлениям [2]. С учетом этих данных и результатов региональных геохимических работ Омчакский рудный узел предлагается в качестве эталона при интерпретации геохимических аномалий.

Омчакский рудный узел характеризуется обширными и почти непрерывными положительными ореолами Au в потоках рассеяния, продолжающимися за пределы рудного узла в западном и южном направлениях, где они сливаются с ореолами Au Пионерского рудного узла. Небольшая полоса фоновых концентраций Au отделяет площади с крупными месторождениями от мелких (Атас и Скальный). На северном и восточном фланге рудного узла рассеяны точечные ореолы выноса Au. К восточному флангу приурочены мелкие рудопоявления Mo-W, Mo, W, Ag, Au-Ag и сопровождающие их ореолы Ag, As, Pb, Bi, Sn, в меньшей степени Zn. Довольно крупный по размерам ореол As связан с крупнообъемными месторождениями — Наталкинским, Омчакским и Павлик. Через всю площадь рудного узла прослеживается узкий ореол Hg, имеющий, как указывалось выше, техногенное происхождение. Ореолы Cu сопровождают месторождения Омчакское, Атас и Скальный, локальные ореолы Ag — Павликовское, Атас, Скальный, Акиль. На мелких золоторудных месторождениях выделены ореолы Bi и Zn. За пределами ореолов Au по периферии рудного узла или в непосредственной близости от него расположены ореолы Pb, Bi, Ag, Zn, Sn.

Таким образом, наиболее характерными геохимическими признаками Омчакского золоторудного узла с крупнообъемными золото-кварцевыми месторождениями являются площадные положительные ореолы Au, As, Cu, Ag. По периферии и за пределами рудного узла фиксируются ореолы выноса Au, а также положительные ореолы As, Pb, Bi, Sn, Zn, Ag, часть из которых отсутствует на площади золоторудных полей.

Ряд элементов, составленный по кларкам их концентрации, характеризует роль отдельных элементов в рудном процессе: As (5,5) – Bi (3,3) – Au (3) – Sn (2,4) – Pb, W (2) – Zn, Nb (1,8) – Mo, Ag (1,4) – Li (0,9) – Y (0,8) – Cr, Mn, Ba (0,7) – Cu, V,

Co (0,6) – Ni (0,3) – Hg (0,03). Доминирующее положение As и Bi, а также присутствие Pb и Sn обусловлены их повышенным фоном в регионе относительно кларка осадочных пород, что отмечалось в работе [2]. Минимально-аномальные концентрации Bi, Sn в два раза превышают средние содержания в рудном узле и распространены преимущественно по его периферии, изредка присутствуя и на рудных полях месторождений. Индикаторная роль Bi и Sn при геохимических исследованиях мелких масштабов (1:200 000 и мельче) второстепенна. Элементы, определяющие геохимическую специфику рудного узла, — Au, As, Cu, Ag. Корреляционные связи Au со всеми изученными элементами незначимы. Выделены геохимические ассоциации взаимно коррелируемых элементов, наиболее характерные для редкометальной и полиметаллической минерализации: As-Pb-Zn-Sn и W-Sn-Cu-Co-Mn-Y. Как указано в работе [2], эти элементы образуют повышенные концентрации во вмещающих породах и служат геохимическим индикатором осадочных пород Омчакского рудного узла.

Дегдекан-Токичанский рудный узел оконтурен довольно широкой полосой фоновых концентраций Au, отделяющей его от других золоторудных площадей. Характерны ореолы Au, Cu, As, фиксирующие положение золоторудного узла. Крупный ореол Bi сопутствует месторождению Дегдекан, на остальной площади узла ореолы Bi не установлены. Локальный ореол Ag отмечается на южном фланге узла и более крупный в совокупности с мелким ореолом Zn — на северном. За пределами узла вблизи северо-восточной границы фиксируется крупный ореол выноса Au, в западной части которого наблюдаются значительные по размерам ореолы As, Cu и более мелкие Ag и Zn, которые сопровождают мелкие рудные объекты разного состава — Au, Au-Ag, Sn-Ag-Pb. Здесь же в пределах ореола выноса Au имеется его локальный положительный ореол, сопровождающий мелкое Au месторождение Индустрия и Au-Ag объект Бодрый. Локальный ореол выноса Au отмечается к югу от месторождения Дегдекан в непосредственной близости от него. В его пределах фиксируется мелкий ореол Hg и ореолы As, Bi, Cu. Ряд по кларкам концентрации элементов Дегдекан-Токичанского рудного узла: As, Bi (15) – Au (8) – Sn (7,5) – W (5) – Zn (4) – Pb (3,6) – Ag (3) – Mo, Nb (1,8) – Cu (1,4) – Li (1,2) – Mn, Ba (0,9) – Co, Cr (0,8) – V (0,7) – Ni (0,4) – Hg (0,04). Типоморфная геохимическая ассоциация представлена As, Bi-Au-Sn-W-Zn. Геохимические ассоциации с положительными корреляционными связями: Au-Bi-As-W, Au-Bi-Ag-Mo-Ba-Y, As-Cu-Zn, Ni-Co-Cr, Pb-Cu-Mn и др.

Наиболее сильные положительные связи Au установлены с Bi, Ba, Ag.

Берелехский рудный район сопровождается серией небольших положительных ореолов Au, густых по его периферии, и мелкими ореолами выноса Au на некотором удалении от северо-восточного фланга. Типоморфные элементы ореолов — Au, As, Hg, Zn, иногда Cu. Ореолы Sn отмечаются вокруг и в меньшей мере в пределах района. Из рудных узлов Берелехского рудного района наиболее крупные ореолы Au отмечаются в Мальдякском, для которого характерен следующий ряд элементов по кларкам концентрации: Au (6) – Zn (4) – As, Bi (3) – Pb (2,8) – W (2,6) – Nb (2,2) – Mo (2) – Sn (1,9) – Co (1,4) – Cu, Li (1,1) – Y (1) – V, Ba (0,9) – Ag (0,75) – Cr (0,7) – Mn (0,6) – Ni (0,56) – Hg (0,05). К типоморфной геохимической ассоциации отнесены Au, Zn, As. Не вошли в ее состав Bi и Pb, так как их средние содержания ниже минимально-аномального значения. По коэффициентам корреляции значимые положительные связи Au с другими элементами не установлены, отрицательные связи Au — с Cu, Sn, Ni, Nb, Y. Выделены геохимические ассоциации, характерные для свинцово-серебряной минерализации, — Ag-Pb-As, Ag-Pb-Bi и ряд других.

В итоге проведенного исследования выявлены следующие региональные факторы золотоносности Яно-Колымской золоторудной провинции.

Площади Берелехского, Тенькинского и Ягоднинского рудных районов не выделяются единым непрерывным геохимическим полем Au и элементов-спутников в выбранных нами грациях ореолов, а могут быть оконтурены по сгущению ореолов рудных узлов.

Тенькинский район с крупнообъемными месторождениями характеризуется крупными размерами и закономерной ориентировкой ореолов вдоль главной геологической структуры — Аян-Юряхского антиклинория в пределах рудных узлов (Дегдекан-Токичанский, Омчакский, Пионерский). Ореолы в Берелехском районе меньше по размеру, не имеют единой структурной ориентировки; площадь выделяется по сгущению разноориентированных ореолов преимущественно в северо-восточной и южной частях района. Рудные узлы Тенькинского района сопровождаются ореолами выноса Au, практически отсутствующими в Берелехском районе. К типоморфным элементам Тенькинского района отнесены Au, As, Cu, Ag, Берелехского — Au, As, Zn, Hg.

В строении геохимических ореолов Яно-Колымской провинции установлено проявление региональной концентрической латеральной зональности. В центре площади наблюдается оваль-

ная область, охватывающая бассейны рек Колыма и Аян-Юрях. Эта приразломная область разделяет крупные геологические структуры — Аян-Юряхский антиклинорий и Инъяли-Дебинский синклинорий. Она выделяется в виде белого пятна по резкому обеднению геохимическими аномалиями. В ней отмечаются единичные небольшие ореолы Au (положительные и отрицательные), Ag, Cu, Hg. С северо-востока и юго-запада она окружена поликомпонентными геохимическими ореолами, сопровождающимися Тенькинский и Берелехский золоторудные районы. По периферии изученной площади фиксируется вторая волна поликомпонентных ореолов в виде кольца, не замкнутого на севере, где наблюдается полоса, обедненная геохимическими аномалиями Au.

Геохимические элементы различаются по характеру проявления зональности. Центростремительная зональность выражена в тенденции накопления в пределах рудных районов Au, As, Cu, Ag в Аян-Юряхском антиклинории и Au, As, Zn — в Инъяли-Дебинском синклинории. Центробежная зональность наиболее характерна для Pb, Bi, Sn, образующих ореолы максимальных размеров за пределами золоторудных районов по периферии изученной площади. Многие элементы занимают двойственную позицию. С одной стороны, они характерны для ядерных частей рудоносных структур (центростремительная зональность), с другой — в них проявлены элементы центробежной зональности, и их ореолы отмечаются в периферической кольцевой геохимической зоне. Подобное размещение характерно для ореолов Au, As, Ag, Zn, Cu, Hg. Ореолы с центробежной зональностью элементов, по мнению В.К.Политова, подчеркивают пространственное положение бассейна, в котором проявлен интрузивный магматизм пестрого состава от основного до кислого.

Особенность металлогенической провинции — наличие ореолов выноса Au, образующих на севере и юге площади на замыкании рудовмещающих геологических структур крупные близко расположенные поля, прослеживающиеся в восточном направлении и контролируемые на севере Брюгандинским разломом, на юге — тектоническими структурами, связанными с ОЧВП. Ореолы выноса частично отмечаются вдоль западной границы площади, вблизи рудных узлов Тенькинского рудного района и изредка вблизи отдельных рудных объектов. Они свидетельствуют о значительном перераспределении рудного вещества в процессе формирования золотого оруденения.

Положение изученной площади в перивулканической зоне ОЧВП нашло отражение в составе и

строении геохимических ореолов. Вблизи контактов с вулканитами фиксируются крупные площадные аномальные геохимические поля многих элементов, значительно превышающие размеры геохимических ореолов вблизи золоторудных объектов (Pb, Zn, Sn, Cu, As, Ag, Hg). Они иногда охватывают поля вулканитов, но большей частью распространены в терригенных отложениях перивулканической зоны. Это группы сближенных аномалий неправильной формы на западе, юге и востоке территории. Наиболее пространственно сближены аномалии Pb, Bi, Zn и Sn. Несколько смещены по отношению к ним ореолы Hg.

На основании установленных геохимических факторов золотоносности определены дальнейшие перспективы провинции. Они предполагаются в пределах вновь выявленных геохимических аномалий Au, не содержащих золоторудных объектов или включающих мелкие рудопроявления, но имеющих крупные размеры и комплексный состав ореолов, не соответствующие этим рудным объектам.

Большинство аномалий Au приурочены к пермским, триасовым и юрским отложениям, часто к зонам контактового метаморфизма, изредка к гранитоидным массивам. Всего выделено >70 геохимических аномалий Au шириной от 2 до 10–12 км, протяженностью 25–30 км. Часть аномалий моноэлементна, многие пространственно совмещены с аномалиями элементов-спутников. Значительное число аномалий Au, особенно в южной и восточной частях площади, пространственно совмещены с аномалиями элементов, типоморфных для полиметаллических и оловянных объектов.

Все выявленные аномалии нуждаются в заверке более крупномасштабными геохимическими работами на тех участках, где они не были проведены ранее.

Из вновь выявленных аномалий в качестве первоочередных для постановки более детальных работ рекомендуются аномалии, расположенные на севере изучаемой площади, а также на флангах или вблизи известных золоторудных районов. К ним относятся следующие аномалии.

На северном фланге провинции, по результатам работ Р.Ю.Нургалева, выделена крупная аномалия Au северо-западной ориентировки размером 15×35 км², по масштабу соответствующая рангу рудного узла, включающая золото-кварцевые рудопроявления Лесной и Золотой Рог вблизи ее северо-восточной границы и ряд средних и мелких россыпных объектов. Аномалия приурочена к верхнетриасовым терригенным отложениям, пересеченным крупным рудоконтролирующим разломом северо-западного простирания. На ее площади

установлены две мелких аномалии As, об аномалиях других элементов сведений не имеется.

Представляют интерес аномалии Au к югу от предыдущей, также установленные работами Р.А.Нургалева. Аномалия, включающая золото-кварцевое месторождение Хангалас и рудопроявление Двойной, приурочена к триасовым и пермским терригенным отложениям на некотором удалении от гранитоидного массива (г. Ала-Чубука), пересеченным разломом северо-западного направления.

Мелкая аномалия Au, ассоциирующая с аномалией As в верховьях р. Хангалас, расположенная в пределах аномалии Ag.

Три мелких аномалии Au в юрских терригенных отложениях между двумя крупными северо-западными разломами, расположенные в пределах более крупных аномалий Ag и As в экзоконтакте интрузивного массива горы Хуламин.

Серия мелких аномалий Au в триасовых терригенных отложениях на некотором удалении от крупного гранитоидного массива в бассейнах рек Баягал и Дубровый, также расположенных в пределах крупной аномалии As.

Аномалия Au размером 12×32,5 км², соответствующая рангу рудного узла, запад–северо-западной ориентировки, расположенная между 146° и 146°35' з.д. вдоль 63° с.ш., не содержит рудных объектов, исключая несколько мелких россыпушек. Приурочена к пермским терригенным отложениям, включающим на восточном фланге большое количество даек и перекрытым нижнетриасовыми образованиями. Геохимические особенности аномалии сходны с расположенным севернее ореолом Au, сопровождающим Верхне- и Средне-Хакчанские крупнообъемные месторождения. Она локализована в пределах крупного ореола Pb, окружена ореолом выноса Au, включает два крупных ореола Ag, ореол As и локальный ореол Zn. Перекрытие на ее площади пермских отложений триасовыми позволяет предположить возможность обнаружения скрытого оруденения. Типоморфная геохимическая ассоциация аномалии — Au–As–W–Ag. Кроме того, для нее характерны повышенные концентрации Hg, в два раза превышающие среднефоновое значение. По коэффициентам ранговой корреляции выделены группы взаимокоррелируемых элементов — Au–As–W–Ag, Au–Hg–As, Pb–As–W, Pb–As–Bi, Pb–Mo–Sn, Ni–Co–Cr, As–Ba, служащие дополнительным прогнозно-поисковым критерием. Наличие положительных корреляционных связей между элементами, относимыми к типоморфной ассоциации, и верхнерудными элементами характерно для ореолов слабо эродированного оруденения.

Аномалия Au на западном фланге Омчакского рудного узла в контактовой области пермских и триасовых терригенных отложений включает два золото-кварцевых рудопоявления. На севере и юге аномалия приурочена к гранитоидным массивам с зонами контактового метаморфизма. Ее протяженность 30 км, ширина от 7 до 12 км. Помимо Au, отмечаются ореолы As, Ag, Pb, Bi, Sn. Доминирующее положение в типоморфной геохимической ассоциации с учетом местного фона занимают Au и As. По коэффициентам ранговой корреляции установлено, что Au не коррелирует ни с одним из элементов, выделены следующие группы взаимокоррелируемых элементов: Pb–As–Ni, Cu–Ni–Co–Mn, Cu–Sn–Y–W, Ag–Pb–As–Mo и др. Аналогичные корреляционные связи отмечаются в Омчакском рудном узле. Геологическая ситуация (погружение пермских отложений под триасовые) в сочетании с ореолами Au и Hg, содержания которых почти в два раза превышают среднефоновые, позволяет предположить возможность обнаружения скрытого месторождения.

Западный фланг ореола Au, включающего золоторудные месторождения Игуменовское и Родионовское с прожилково-вкрапленным оруденением (крупнообъемное), выделен в качестве перспективного. Геолого-структурная ситуация в прогнозируемой части аналогична позиции данных месторождений: наличие гранитоидного массива, прорывающего пермские терригенные отложения, с зонами контактового метаморфизма, присутствие большого количества даек и перекрытие пермских отложений триасовыми. К геохимическим признакам относится комплексный элементный состав ореолов (Au, As, Ag, Pb, Zn, Bi, Cu).

Аномалия Au размером (5–15)×20 км юго-западнее Омчакского рудного узла вблизи гранитоидного массива приурочена к надвиговой зоне тектонического контакта пермских и триасовых отложений. Надвиг ориентирован в северо-западном направлении и ограничен северо-восточными поперечными разломами. В аномалии отмечаются лишь четыре пробы с содержанием Au 0,01–0,055 г/т. Из элементов-спутников фиксируются ореолы Ag, Pb, Sn, Hg. С запада она окаймляется цепочкой из четырех мелких золотых аномалий, также локализованных в благоприятной геологической позиции.

На юго-восточном замыкании Аян-Юрхского антиклинория аномалия Au шириной от 3 до 9 км и протяженностью 22 км в пермских отложениях, прорванных гранитоидными массивами с зонами контактового метаморфизма, вытянута вдоль тектонических нарушений запад–северо-западного на-

правления, являющихся продолжением рудоконтролирующих структур. На северном фланге аномалии расположены оловянно-вольфрамовое и оловянное рудопоявления, сопровождаемые ореолами Au, Bi, Pb. Сопряжение рудоконтролирующего разлома с поперечным восток–северо-восточным нарушением в западной ее части может служить благоприятным фактором прогнозирования крупнообъемного золотого оруденения. Аномалия охарактеризована рядом элементов по кларкам концентрации, выделена ее типоморфная геохимическая ассоциация — Au–Bi–As. По коэффициентам ранговой корреляции установлено наличие положительных связей у следующих пар и групп элементов: Au–As, Au–Ag, As–Pb–V, Pb–Zn–V, Pb–Zn–Cu, Sn–Bi, Zn–Co, Zn–Ni, Cr–Ni, Mo–Y. Отрицательные связи отмечаются у следующих пар элементов: Au–Li, Au–Nb, As–Li, Pb–Li, Ag–Sn, Cu–Mo.

Восточнее в сходной геологической обстановке расположена аномалия Au размером 3×9 км². Повышенные концентрации Au ассоциируют с аномалией Sn, имеющей более крупные размеры. К северу находится крупный ореол выноса Au.

Аномалия Au к западу от группы золото-кварцевых рудопоявлений (Омчуг и др.) в пермских терригенных отложениях локализована южнее рудоконтролирующего северо-западного разлома в области субширотного тектонического нарушения. Аномалия практически моноэлементная, содержит пять проб с повышенными концентрациями Au. Центральная часть аномалии расположена на площади перекрытия пионерской свиты породами наиболее поздней старательской свиты, что позволяет предположить наличие скрытого оруденения.

Аномалия Au в междуречьи Колыма и Оротукан со стороны их правых бортов имеет подковообразную форму. Площадь в пределах аномалии сложена ниже-, среднеюрскими породами бюченнахской и моржовской свит, пересеченными субширотными разломами. Аномалия включает мелкие и средние россыпные проявления и 11 проб с повышенными содержаниями Au. Она располагается в пределах крупного ареала Hg, со стороны юго-восточного фланга к ней примыкает мелкий ореол выноса Au. Аномалия практически моноэлементна, среднеаномальное содержание Au превышает местный фон в 18 раз, другие элементы типоморфной ассоциации имеют близфонные концентрации. По коэффициентам ранговой корреляции установлено отсутствие у Au и Hg значимых положительных и отрицательных связей с другими элементами. Наличие положительных связей выявлено у следующих групп и пар элементов: Ag–Bi–Zn–Cu–Ba–Cr–Li–Y, Ag–Bi–Zn–Cu–Mo–Cr–V, As–Sn, W–Sn,

Mn–Ba, Mo–Ni, Mn–Co, Ni–Hg. Отрицательные связи отмечаются у As со многими элементами (Ag, Bi, Zn, Ba, Cr, Nb, V, Li, Y), у Pb с Mn, Ba, Li, у Bi и Ba с Sn. Подобные корреляционные связи геохимических элементов, скорее всего, можно объяснить обусловленностью ореолов Au и Hg рудно-метасоматическими процессами, а ореолов большинства других элементов — регионально-метаморфогенными.

Аномалия Au субширотной ориентировки на южном фланге Ягоднинского района (к югу от редкометального месторождения Приискатель) размером 7×17 км локализована в пермских отложениях с проявлением регионально-контактового метаморфизма, на западе и востоке перекрытых триасовыми отложениями. Породы пересечены надвигом запад–северо-западного направления и упирающимся в него разломом. Сопряжение двух разломов является позицией, благоприятной для рудоотложения. Аномалия Au находится в пределах крупных аномалий Cu, частично Hg и As.

Группа сближенных аномалий Au к югу от Ягоднинского рудного района и к востоку от крупного гранитоидного массива в области регионально-контактового метаморфизма в зоне влияния вулканитов ОЧВП приурочена к юрским и триасовым отложениям, пересеченным северо-западными, северо-восточными и широтными тектоническими нарушениями и дайковыми поясами той же ориентировки. На площади аномалий фиксируются ореолы As, Ag, Pb, Zn, Cu, Sn. Редкие рудные объекты представлены золото-серебряной, золото-кварцевой, серебряной и оловянной минерализацией.

Итак, перспективы золотоносности изученной площади не исчерпываются известными золоторудными объектами. Наличие многочисленных аномалий Au, находящихся в благоприятной для рудоотложения геолого-структурной обстановке и обладающих геохимическими характеристиками, сходными с таковыми эталонных объектов, позволяет

предположить возможность обнаружения новых объектов, в том числе крупнообъемных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абиссолов Э.Г.* Интерпретация и оценка вторичных литохимических ореолов рассеяния (структурно-геометрический подход) // Разведка и охрана недр. 2008. № 4–5. С. 41–46.
2. *Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А.* Наталкинское золоторудное месторождение. – Магадан: Дальневосточное отделение СВКНИИ РАН, 2002.
3. *Григорьев С.А.* Основы структурной интерпретации геохимических полей рудных объектов для целей их локализации и прогноза // Отечественная геология. 2007. № 4. С. 45–52.
4. *Григорьев С.А.* Структурный метод интерпретации геохимических данных применительно к локализации ресурсов P3 и P2 // Разведка и охрана недр. 2008. № 4–5. С. 58–66.
5. *Григорьев Н.А.* Средние содержания химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. 2003. № 3. С. 785–792.
6. *Константинов М.М., Григорьев С.А.* Элементы прогнозно-поисковой системы. Геохимическое моделирование // Золоторудные месторождения России. М., 2010. С. 308–323.
7. *Куклин А.П.* Теория и методология автоматизированного прогноза минеральных ресурсов (на примере Северо-Востока СССР): Автореф. дис... д-ра геол.-минер. наук. – Л., 1989.
8. *Макеев Б.В., Политов В.К.* Закономерности размещения оловорудных месторождений мезозойского Северо-Востока СССР // Геология рудных месторождений. 1972. № 3. С. 19–30.
9. *Некрасов И.Я.* О причинах совмещения оловянной, серебряной и золотой минерализации в месторождениях Тихоокеанского рудного пояса // Геология рудных месторождений. 1990. № 1. С. 98–104.
10. *Соловьев Л.И.* О соотношении олова и золота оловяноносных магматических и рудных формаций Восточной Якутии // Сб. научных трудов. Якутск, 1989. С. 78–90.

УДК 552.321.6+553.46

© Д.Е.Савельев, В.И.Сначев, 2012

БЕДНОВКРАПЛЕННЫЕ ХРОМОВЫЕ РУДЫ ЮЖНОГО УРАЛА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Д.Е.Савельев, В.И.Сначев (ИГ УНЦ РАН, г. Уфа)

Месторождения бедновкрапленных руд Южного Урала представляют собой перспективный источник сырья для хромовой промышленности. Значительными ресурсами руд обладают четыре массива — Иткульский, Хабарнинский, Нуралинский и Крака. Все рассмотренные месторождения и рудопоявления сложены высокохромистыми шпинелидами с содержанием Cr_2O_3 50–60%, что позволит при обогащении получить высокосортные концентраты.

Ключевые слова: ультрабазиты, офиолиты, хромититы, месторождения бедновкрапленных хромовых руд, Южный Урал.

Савельев Дмитрий Евгеньевич, savl71@mail.ru, Сначев Владимир Иванович, SAVant@inbox.ru

DEPOSITS OF POOR CHROMITE-ORES OF THE SOUTH URALS AND PROSPECTS OF THEIR USE

D.E.Saveliev, V.I.Snachev

Deposits of poor chromite-ores of the South Urals are one of the perspective source for the chromic industry. These four massifs have much those ores: Itkul, Chabarny, Nurali and Kraka. All described deposits have the high-chrome spinel (50-60% Cr_2O_3). It does possible the extraction of a high-grade concentrate at enrichment.

Key words: ultramafic rock, ophiolite, chromitite, deposits of poor chromite-ores, South Ural.

Хромовая промышленность России на протяжении последних 20 лет испытывает острый дефицит в сырье, большая часть которого в бывшем СССР поступала из месторождений Кемпирсайского массива (Казахстан). В настоящее время потребность в хромитах покрывается за счет импорта. В 1990–2000 гг. на Урале и в некоторых других регионах России активно велись поисковые работы на хромиты, но значительного прироста запасов руд получено не было. Связано это как с недостаточным финансированием работ, так и с отсутствием четких поисковых критериев на хромиты, локализованные в офиолитовых комплексах. Открытые в последние годы небольшие месторождения в пределах Уфалейского (В.Н.Зиновьев, 2006 г.), Татищевского и Варшавского (А.Г.Иванушкин, 2002 г., 2006 г.) массивов отрабатывались в течение короткого периода и не могли решить существующую проблему в долгосрочной перспективе.

Поисковые и разведочные работы на хром в течение нескольких десятилетий ведутся на месторождениях массивов Полярного Урала (Рай-Из), в расслоенных интрузиях Карелии (Аганозерское) и Кольского полуострова (Сопчеозерское). Но даже при разработке этих объектов потребность в хромитовом сырье полностью не будет решена. Значительная часть руд указанных месторождений относится к вкрапленному типу и требует обогащения. Таким образом, поиск месторождений хромитов на Урале, вблизи заводов-потребителей, является актуальной задачей.

Для решения поставленной проблемы можно указать два главных направления исследований. Во-первых, разработка поисковых критериев с учетом нового понимания механизма формирования месторождений хрома в офиолитах [5]. Во-вторых, вовлечение в эксплуатацию месторождений бедновкрапленных руд и их комплексное использование. Если практическая отдача от работ по первому направлению может ожидать лишь в отдаленной перспективе, то второе направление может быть реализовано уже в настоящее время.

Для Южно-Уральского региона характерно широкое распространение потенциально хромитоносных массивов альпинотипных гипербазитов. Месторождения и проявления в них относятся к типам: 1) южнокрайскому (в небольших дунитовых телах среди гарцбургитов); 2) хабарнинскому (в крупных обособлениях дунитов, краевых дунитах); 3) халиловскому (в перидотитах с маломощной дунитовой оторочкой); 4) кемпирсайскому (крупные залежи сложной морфологии в дунитах, а также среди гарцбургитов с дунитовой оторочкой) [3]. Последний тип известен только в пределах Кемпирсайского массива. Первые три широко распространены на большинстве массивов Урала.

В третьем типе преобладают массивные и густовкрапленные руды, по составу хромшпинелидов месторождения сильно различаются. К типичным их представителям относятся месторождения Халиловского массива, метаморфизованные их аналоги известны на Верблюжьегорском, Татищевском и ряде других массивов. Эти объекты

всегда привлекали интерес и сегодня являются предметом поисков и добычи.

Рудопрооявлениям первых двух типов до настоящего времени в России не уделялось должного внимания, вместе с тем, данные объекты обладают достаточно высоким практическим потенциалом. На площади многих южноуральских массивов вкрапленные руды образуют протяженные зоны рудообразующего шпинелида высокохромистого состава (табл. 1, рис. 1). Это выгодно отличает их от мелких месторождений, сложенных массивными рудами.

На Южном Урале можно выделить ряд массивов, перспективных на наличие вкрапленных руд — Иткульский, Крака, Нуралинский, Хабарнинский. Иткульский массив находится в северной части Ильменогорско-Вишневогорского метаморфического комплекса [1]. В его пределах на площади <3 км² разными авторами выделяется от 12 до 31 рудопрооявления. На большинстве из них рудные тела представлены небольшими линзами и гнездами густовкрапленного хромитита в дунитах, но на некоторых (в частности на месторождении Большая Яма) оруденение прослежено горными выработками до глубины 60 м, площадь сечения рудных тел достигает 15 м² при средней 5 м². На большинстве проявлений руды густовкрапленные мелкозернистые, в центральных частях тел до массивных, на периферии переходящие в бедновкрапленные. Вкрапленные руды содержат 20–30% Cr₂O₃, в массивных его концентрация возрастает до 40% и более. Запасы хромититов по состоянию на 1936 г. оценивались в 100–150 тыс. т руды с содержанием >20% Cr₂O₃.

В пределах Нуралинского массива, включая зону серпентинитового меланжа, известны пять месторождений, 23 рудопрооявления и множество точек минерализации. Наиболее перспективна на вкрапленный тип оруденения зона

Средние составы рудообразующих шпинелидов из месторождений бедновкрапленных руд Южного Урала

Массив	n	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	MnO
Хабарнинский	51	11,89	54,21	11,64	6,12	16,20	0,04	0,01
Нуралинский	6	14,45	55,42	14,20	3,14	12,49	0,11	0,12
Крака	38	14,59	54,50	12,72	3,26	14,55	0,27	0,16
Иткульский	12	7,48	60,08	11,73	5,15	14,92	0,16	0,35

Примечание. Использованы данные работ [1, 2, 4]; n — число анализов.

«краевых дунитов», трассирующая контакт мантйных перидотитов и габброидного комплекса. К северу данная зона ответвляется от основного тела массива к северо-востоку, образуя отдельный удлиненный блок среди вмещающих пород. К этой зоне приурочена цепочка однотипных месторождений, среди которых Курманкульское, Атгестинское, Нуралинское. Месторождения изучались в 70-е годы XX в. Е.А.Шумихиным. Хромовые руды залегают в серпентинизированных дунитах и аподунитовых серпентинитах. Хромититы образуют серию маломощных жил средне- и бедновкрапленных руд, длина отдельных тел достигает 50 м, мощность

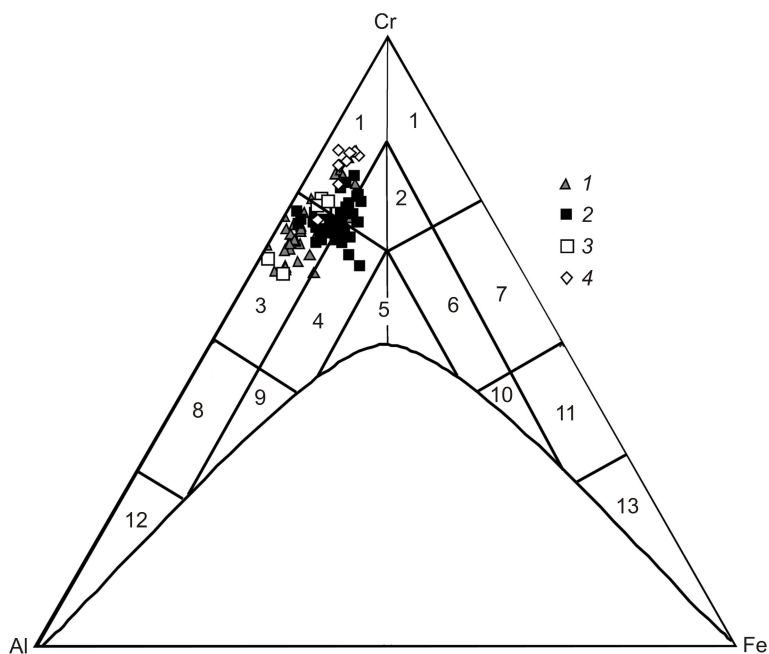


Рис. 1. Состав рудообразующих хромшпинелидов из месторождений бедновкрапленного типа:

массивы: 1 — Крака, 2 — Хабарнинский, 3 — Нуралинский, 4 — Иткульский; поля составов шпинелидов: 1 — хромит, 2 — субферрихромит, 3 — алюмохромит, 4 — субферриалюмохромит, 5 — ферриалюмохромит, 6 — субалюмоферрихромит, 7 — феррихромит, 8 — хромпикотит, 9 — субферрихромпикотит, 10 — субалюмохроммагнетит, 11 — хроммагнетит, 12 — пикотит, 13 — магнетит

изменяется от 3 до 8,5 м. Для хромитов также характерны полосчатая текстура и мелкозернистая структура. Отдельные тела подсечены бурением на глубине 50 м. Прогнозные ресурсы руды составляют на Курманкульском месторождении 2,7 млн. т, Нуралинском — 1,6 млн. т со средним содержанием Cr_2O_3 5–13%.

В пределах Хабарнинского массива месторождения хромитов сосредоточены в северо-восточной части в краевых дунитах. Они образуют протяженную зону северо-западного простирания. Наиболее крупный объект — месторождение 5/II. Руды с полосчатой текстурой представлены мелкозернистыми вкрапленниками. Общие запасы хромитов на объектах Хабарнинского массива оценены в ~700 000 т [3], из которых ~500 000 т сосредоточены на месторождении 5/II. Больше половины от общего объема запасов (60%) составляют средне- и бедновкрапленные руды со средним содержанием Cr_2O_3 около 20%, остальные 40% приходятся на сплошные и густовкрапленные типы хромитов, содержащих 35–40% Cr_2O_3 . Рудообразующие хромшпинелиды проявлений Хабарнинского массива высокохромистые и относятся к алюмохромиту (50–56% Cr_2O_3). В рудных минералах несколько повышены содержания FeO (11,17–18,48%) и Fe_2O_3 (4,2–10,1%).

В пределах массивов Крака большинство хромитопроявлений локализованы в породах дунит-гарцбургитового комплекса, который представлен двумя типами разреза — с преобладанием гарцбургитов (Южный Крака) и с преобладанием дунитов (юго-запад Среднего Крака). Положение хромитовых объектов в разрезе первого типа практически не зависит от величины дунитовой составляющей. Оруденение сосредоточено внутри дунитовых тел мощностью от 20 до 100 м. Протяженность рудных тел составляет от 30–50 до 1000 м, часто они разбиты серий разломов на блоки длиной 40–100 м.

Для внутреннего строения большинства подобных проявлений характерны наличие нескольких параллельных рудных тел, небольшая мощность отдельных хромитовых жил (0,1–0,5 м), пестрый сортовой состав руд. Среди текстур руд преобладает полосчатая, менее распространена пятнистая. Структура обычно неравномернозернистая — от мелкозернистой до пегматоидной, преобладают средне-крупнозернистые руды.

Наиболее крупный объект данного типа — месторождение им. Менжинского. Общая протяженность рудной зоны 1 км, хромиты образуют несколько жил небольшой мощности, в среднем ~0,5 м. Минерализация прослежена скважинами на глубину до 100 м. Запасы составляют 200 тыс. т при

среднем содержании Cr_2O_3 в рудах 40%, рудообразующий хромшпинелид содержит 50–55% Cr_2O_3 (Фарафонтъев, 1937 г.).

Второй тип разреза дунит-гарцбургитового комплекса наиболее полно представлен в южной части массива Средний Крака. Для площади развития ультрабазитов нами была составлена карта дунитовой составляющей с отображением относительной распространенности дунитов [4]. Выявлено несколько участков с высокими ее значениями (>80%). Один из них — Правосаксейская хромитовая зона — включает небольшое одноименное месторождение. Внутри второй — Шатранской полосы — известно месторождение бедновкрапленных руд. Внутри некоторых из вновь выявленных аномалий дунитовой составляющей с максимальной распространенностью дунитов на площади хромитовые объекты пока неизвестны. Эти участки, на наш взгляд, перспективны для постановки поисковых работ.

На простирании Правосаксейской зоны оконтурен с поверхности ряд новых проявлений хромитов. В их строении обычно участвуют до шести маломощных рудных тел с содержанием Cr_2O_3 20–40%, разделенных безрудными дунитами и зонами с редкими вкраплениями. Простирание рудных тел меридиональное, падение субвертикальное. По всей рудной зоне хромититы характеризуются мелкозернистой структурой и полосчатой текстурой. Состав рудообразующих шпинелидов высокохромистый (50–59% Cr_2O_3).

На участках Ключевской и Шатранский поисковыми работами (Е.А.Шумихин и др., 1979 г.) выявлены одноименные рудопроявление и месторождение бедновкрапленных руд. Рудопроявление Ключевское расположено в северной части Саксей-Ключевской площади вблизи границы дунит-гарцбургитового комплекса с габброидами. Хромовое оруденение приурочено к дунитам и представлено большим числом пластообразных и линзовидных тел с простиранием $310\text{--}330^\circ$ и крутым до вертикального падением, иногда изменяющимся в пределах одного тела с северо-восточного на юго-западное. Выделяются три наиболее крупные зоны — западная, центральная и восточная. Протяженность их варьирует от 300 до 1700 м, мощность — от 3 до 15 м. По падению оруденение прослежено до глубины 100 м. Прогнозные ресурсы составляют 2,7 млн. т при содержании Cr_2O_3 5,65–6,84% (Е.А.Шумихин и др. 1979 г.).

Месторождение Шатран расположено в юго-восточной части Саксей-Ключевской площади, рудовмещающими породами здесь также служат дуниты. Рудные тела представлены жилами, линза-

ми и пластообразными телами. Мощность сильно варьирует, достигая в отдельных случаях 60 м, в среднем составляет 10 м. По протяженности рудные тела приблизительно равны (в среднем ~650 м). Прогнозные ресурсы вкрапленных хромититов составляют >10 млн. т при содержании Cr_2O_3 5–11% (Е.А.Шумихин и др. 1979 г.).

Таким образом, хромовое оруденение Саксей-Ключевской зоны представлено бедновкрапленными хромититами со значительными ресурсами руд. Месторождения аналогичны таковым Ревдинско-Первомайской группы южной части Ключевского массива (Средний Урал), для которых институтом «Уралмеханобр» разработана технология обогащения, позволяющая получать хромитовый концентрат с содержанием Cr_2O_3 50–58% (Е.А.Шумихин и др., 1979 г.). После обогащения в хвостах содержится 2,35% Cr_2O_3 , общая извлекаемость полезного компонента около 70%.

Более рационально обогащение руд подобных месторождений может проводиться с применением радиометрических методов крупнокусковой сепарации, когда сортировке подвергается фракция -100...+40 мм, а предварительная оценка концентрата оценивается при статистическом штучном опробовании разведочных выработок. Данные о составе рудных образцов указанной фракции для Апшакской площади свидетельствуют о преимущественном распространении на хромитопроявлениях массивов Крака средневкрапленных руд и достаточно пестром их качественном составе в пределах отдельных объектов (рис. 2). На большинстве из них в кусковой концентрат с содержанием >35% Cr_2O_3 будет идти в среднем около 25% (В.И.Сначев и др., 2003 г.), остальная масса требует дальнейшего обогащения.

Опыт работы на кракинских рудопроявлениях показал, что наиболее приемлема следующая схема переработки вкрапленных руд. Исходная горная масса с содержанием 5–20% Cr_2O_3 после предварительного дробления и грохочения подвергается рентгенорадиометрической сепарации. В результате образуются: кусковой концентрат (не менее 35% Cr_2O_3); хвосты, представленные дунитами, которые могут служить сырьем для производства огнеупоров; промежуточный продукт (15% Cr_2O_3), подвергающийся дальнейшему дроблению и гравитационному обогащению с получением хромитового концентрата, содержащего >50% Cr_2O_3 .

Итак, решение «хромовой проблемы» в России возможно при реализации двух основных направлений — выработке поисковых критериев с учетом новых представлений о генезисе руд в

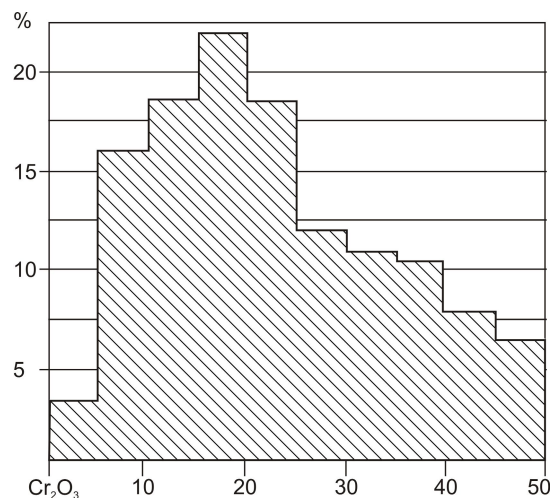


Рис. 2. Гистограмма распределения содержаний Cr_2O_3 в рудных образцах Апшакской площади, массив Южный Крака

результате тектонического течения и твердофазной сегрегации и вовлечении в эксплуатацию месторождений вкрапленных руд, что предполагает разработку наиболее рациональных методов обогащения и комплексного использования добываемого сырья.

Низкое содержание оксида хрома в руде может быть компенсировано высоким содержанием его в рудном хромшпинелиде (50–60%), более значительными объемами и большей выдержанностью оруденения по сравнению с известными месторождениями богатых руд. Тела бедновкрапленных руд пластообразные, плоско-линзовидные, их протяженность 50–1000 м, ширина 50–200 м мощность 1–30 м.

Для оценки и технологического опробования руд наиболее перспективны территории месторождений Иткульского массива, Саксей-Ключевской площади массива Средний Крака, восточной части массива Нурали и северо-восточной части Хабарнинского массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бажин Е.А., Савельев Д.Е., Сначев В.И. Габбро-гипербазитовые комплексы зоны сочленения Магнитогорской и Тагильской мегазон: строение и условия формирования. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010.
2. Кашин С.А., Федоров В.Л. Хромитовые месторождения Хабарнинского ультраосновного массива // Хромиты СССР. М.-Л., 1940. Т. 2. С. 199–285.
3. Савельев Д.Е., Сначев В.И., Бажин Е.А., Романовская М.А. К проблеме типизации хромитовых месторождений Южного Урала // Руды и металлы. 2009. № 5. С. 5–12.

4. Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромитоносность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008.
5. Савельев Д.Е., Федосеев В.Б. Сегрегационный механизм формирования тел хромитов в ультрабазитах складчатых поясов // Руды и металлы. 2011. № 5. С. 35–42.

УДК 553.4 (470.6)

© М.Ю.Черненко, 2012

МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СУБФОРМАЦИЙ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДОНЕЦКОГО УГЛЕНОСНО-ГОРНОРУДНОГО БАСЕЙНА

М.Ю.Черненко (ОАО «Южгеология», г. Ростов-на-Дону)

Проанализированы существующее стратиграфическое расчленение терригенных отложений складчатого Донбасса, данные по литологии, петрографии, геохимии и минералогии. С учетом проанализированных материалов предложено субформационное деление ранее единой каменноугольной угленосной формации. Описана минерагеническая специализация выделенных субформаций.

Ключевые слова: минерагения, субформации, Донецкий угленосно-горнорудный бассейн.

Черненко Михаил Юрьевич, chernenko-misha@mail.ru

MINERALOGICAL POTENTIAL OF COAL DEPOSITS' SUBFORMATIONS AT DONETSK COAL-AND-ORE MINING BASIN

M.Yu.Chernenko

Current stratum differentiation analysis of terrigenous deposits at folded Donbass is presented. Taking into account lithological, petrographical, geochemical and mineralogical data, subformation stratification division of previously unified coal-bearing carbon formation is introduced. Mineragenic qualities of the specified subformations is described.

Key words: minerageny, subformations, Donetsk coal-and-ore mining basin.

Одним из геологических регионов, нуждающихся в минерагенической переоценке, является Донецкое складчатое сооружение, которое служит основой крупного угленосно-горнорудного бассейна с развитой инфраструктурой [11]. Накопленные негативные итоги реструктуризации угольной отрасли, а также связанные с ними социальные факторы ставят среди неотложных задач проблему возможной переориентации деятельности горных предприятий. Необходимо отметить, что в настоящее время нет объективных оснований делать выводы о бесперспективности дальнейших поисково-разведочных работ на уголь, но следует учитывать, что перспективы развития горной отрасли в Донбассе могут быть связаны как с рудным, так и нерудным сырьем.

При минерагенической оценке территорий традиционно учитывается общепринятый набор факторов — тектоническое строение, формационное расчленение осадочных, метаморфических и магматических комплексов и выявленные полезные ископаемые. В тектоническом плане Донецкое

складчатое сооружение представлено герцинской складчатой структурой, которая сопровождается ограниченным числом малых интрузивных тел и в разной степени проявленной рудной минерализацией (ртуть, золото, полиметаллы) [2, 4, 5, 7, 9].

Среди основных этапов истории формирования ключевой для изучения — позднепалеозойский. В течение каменноугольного и раннепермского периодов происходило опускание фундамента на обширной площади прогиба, затрагивающее и платформенные склоны. Большая амплитуда и дифференцированность колебательных движений способствовали компенсированному накоплению морских и континентальных фаций. В разрезе отложенный выделяются карбонатная толща (турнейский и нижняя часть визейского яруса), гумидная угленосная формация (верхняя часть визейского яруса – верхнекаменноугольная система, свиты $C_1^2-C_3^3$), красноцветная терригенная (никитовская свита) и эвапоритовая (славянская и краматорская свиты) формации нижней перми. Таким образом, мощная каменноугольная толща состоит из циклически

построенных параллельных отложений и представляет собой единую угленосную формацию. Отмечается также, что нижней ее части (свиты $C_1^2-C_1^5$) свойственны специфический состав и ограниченная площадь распространения. Вследствие этого угленосная формация Донбасса условно разделяется на две подформации: верхневизейско-серпуховскую и средне-верхнекаменноугольную [7]. Приведенное формационное расчленение, с одной стороны, объективно отражает имеющиеся данные, с другой — явно недостаточно для дальнейшего комплексного минерагенического анализа.

Цель данной работы — попытка более подробно расчленения каменноугольных отложений на субформационные комплексы пород, которые отражают основные циклы осадкообразования, коррелируют со сменой режимов тектонической активности территории, а также являются углевмещающими, рудовмещающими, а возможно, и рудогенерирующими толщами при дальнейшей тектономагматической активизации [6, 12]. Для решения поставленной задачи проведен анализ существующего стратиграфического расчленения толщ с учетом накопленных за последнее время данных по литологии, петрографии, геохимии и минералогии на описываемой территории.

В Донецкой серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации м-ба 1:200 000 был издан лишь один лист L-37-V, составитель Ю.В.Неваленный [3]. Легенда к Донецкой серии листов прошла контрольную апробацию в Научно-редакционном совете министерства природных ресурсов России и утверждена протоколом № 6 от 25 марта 1999 г. Авторы легенды — А.В.Зайцев, В.А.Лихачев, Е.Н.Федоренко, Г.В.Зеленчиков, Е.В.Мовшович, С.П.Терещенко, редакторы — В.М.Власов, Е.В.Мовшович. В итоге для складчатого Донбасса используется следующая региональная стратиграфическая схема отложений каменноугольной системы. Описание и мощности местных стратиграфических подразделений приводятся в последовательности от более древних к молодым. Одновременно при анализе состава толщ целесообразно учесть особенности распространения тонштейнов и туфогенных прослоев, представляющих интерес для корреляции толщ. Отметим, что при генетической интерпретации тонштейнов и туфогенных прослоев Донецкого бассейна авторами [8] отдается предпочтение вулканогенной гипотезе, согласно которой пепел поступал в торфяники эоловым путем из удаленных источников.

Нижний отдел каменноугольной системы турнейского (C_1t), визейского (C_1v) и серпуховского (C_1s) ярусов представлен следующими свитами.

Мокроволновахская свита (C_1^1) подразделена на три подсвиты. Нижняя сложена темно-серыми и серыми детритово-шламовыми, мелкозернистыми, внизу глинистыми, опесчаненными известняками (до 80 м), средняя — серыми и темно-серыми глинистыми, окремнелыми, детрито-шламовыми известняками (116–340 м), верхняя — органогенными детритовыми, перекристаллизованными известняками (34–75 м).

Межевская свита (C_1^2) состоит из аргиллитов, глинистых известняков, алевролитистых маломощных песчаников в верхней части свиты и маркирующих известняков (435–456 м).

Самарская свита (C_1^3) представлена аргиллитами и песчаниками с тонкими прослоями скрытокристаллических, глинистых, реже детритовых известняков (до 340 м).

Кальмиусская свита (C_1^4) сложена известняками, аргиллитами, в кровле и основании — песчаниками (до 790 м).

Вышележащая дьяковская серия среднего карбона (C_2dk) состоит из трех свит. *Амвросиевская свита* (C_2^0) — аргиллиты, алевролиты с редкими прослоями песчаников, известняков и углей в верхней части. В нижней части свиты (краснополянский горизонт) количество известняков увеличивается. Известняки серые, вверху глинистые, в нижней части детритусовые, коралловые, оолитовые (до 660 м). *Мандрыкинская свита* (C_2^1) сложена переслаиванием аргиллитов, алевролитов с редкими прослоями песчаников и глинистых известняков (565 м). Известен только один туфогенный прослой в известняке F_1 , по которому проводится граница между свитами C_1^5 и C_2^1 . *Мостинская свита* (C_2^2) — аргиллиты, алевролиты с редкими прослоями песчаников, углей и известняков (до 820 м). Известны тонштейны в угольных пластах g_1^4 и g_2 .

Строение разреза *смоляниновской свиты* (C_2^3) определяется чередованием литологических пачек, сложенных переслаивающимися пластами аргиллитов, алевролитов и песчаников, с пачками, состоящими в основном из аргиллитов и алевролитов. Песчаники аркозо-граувакковые, полевошпат-кварцевые разнозернистые. В разрезе фиксируются маркирующие горизонты известняков. Известняки маломощные, редко превышают 0,5 м, в нижней части разреза шламовые и глинистые, часто замещаются по простиранию карбонатными аргиллитами, обогащенными органическими остатками; в верхней части — органогенно-детритовые, водорослевые. В составе свиты от 33 до 46 угольных пластов и прослоев, локализованных главным образом

в верхней ее части. Промышленное значение имеют угли пяти пластов. Отмечаются туфогенный прослой в известняке H_4 , туфогенный прослой из междупластья угольных пластов $h_6^H-h_6^B$ и тонштейн в угольном пласте h_{11} . Мощность отложений свиты достигает 1800 м.

Отложения *белокалитвенской свиты* (C_2^4) представлены переслаиванием темно-серых аргиллитов и алевролитов с песчаниками, прослоями маломощных известняков, часть из которых являются маркирующими. Пласты известняков сложены водорослевыми, водорослево-детритовыми, реже фораминиферовыми разностями. Их мощность колеблется от нескольких сантиметров до 1,71 м. Свита отличается высокой угленосностью, в ней около 24 угольных пластов, из которых семь промышленные. Известны тонштейны в угольных пластах i_2^1 и i_3^1 . Характерны мощные (до 40–50 м) мелко-среднезернистые аллювиально-дельтовые песчаники, представляющие собой захороненные отложения дельтовых протоков. В их составе отмечается примесь вулканогенного материала. Мощность свиты до 850 м.

Разрез *каменской свиты* (C_2^5) отличается широким развитием средне-крупнозернистых песчаников и алевролитов. Песчаники полимиктовые и полевошпат-кварцевые, иногда содержат обломки эффузивных пород. Большинство из них относятся к фациям подводных выносов рек и аллювия. Аргиллиты составляют до 23% объема свиты. В состав свиты входит до 23 пластов известняков мощностью от 0,08 до 5,77 м. Среди известняков преобладают донецелловые. Свита характеризуется высокой угленосностью, содержит до 59 угольных пластов, из которых 18 представляют промышленный интерес. Общая мощность некоторых пластов достигает 3 м, но, как правило, не превышает 2 м. Мощность свиты изменяется от 580 м до 1480 м.

Каменская свита — пограничная между башкирским и московским ярусами, граница проводится по подошве известняка K_3 . В свите прослеживаются туфогенный прослой над известняком K_1 , туфогенный прослой известняка K_1^2 , тонштейны из угольных пластов k_2 и $k_3-k_3^B$, туфогенный прослой между угольным пластом k_3^1 и известняком K_3^2 , тонштейны в угольных пластах k_4 , k_5^1 , k_6 , k_7^1 , туфогенный прослой в известняке K_9 , тонштейн в угольном пласте k_8 .

В разрезе *алмазной свиты* (C_2^6) московского яруса преобладают алевролиты и песчаники, аргиллиты составляют до 32% объема. В свите установле-

но до 15 пластов известняков, которые, как правило, выдержаны по простиранию. Их мощность достигает 8,5–9 м, в большинстве случаев не превышает 2 м. Среди известняков преобладают донецелловые и органогенно-детритовые разности. Угленосность свиты сравнительно невысокая. В разрезе присутствуют до 37 угольных пластов, 12 из которых промышленные. Пласты песчаников сложены в нижней части крупнозернистыми разностями, сменяющимися вверх по разрезу средне- и мелкозернистыми. По составу они полевошпат-кварцевые и относятся к отложениям подводных выносов рек. Известны тонштейны из угольных пластов l_3 , l_3^1 , туфогенный прослой между известняком L_7 и угольным пластом l_7 , тонштейн в угольном пласте l_8^1 . Мощность свиты колеблется от 430 до 870 м.

В составе *горловской свиты* (C_2^7) существенную роль играют мелко-среднезернистые песчаники (26–42%), алевролиты (29–38%) и аргиллиты (22,5–35%). Насчитывается от 22 до 37 пластов известняков. Характерная черта известняков — отсутствие водорослевых разностей, большинство из них детритовые (детритово-фораминиферовые, детритово-шламовые) мощностью 2–6,7 м. Из 48 угольных пластов к промышленным относятся десять в верхней части разреза. Полезная мощность пласта m_8^1 на востоке Сулино-Садкинской синклинали иногда превышает 3 м. Пласты песчаников мощностью 5–10 м ритмично переслаиваются с алевролитами, аргиллитами и известняками. Наиболее характерны олигомиктовые и полевошпат-кварцевые разности. Отмечаются тонштейн в угольном пласте m_3 , туфогенный прослой в известняке M_4 , тонштейны в угольных пластах m_5 и m_7 . Мощность свиты варьирует от 680 до 1590 м.

Отложения *исаевской свиты* (C_3^1) — переходные от московского к касимовскому ярусу распространены в центральных частях крупных синклиналей. Представлены чередованием темно-серых аргиллитов (24%), алевролитов (35%), пестроокрашенных и темно-серых полевошпат-кварцевых и кварцевых мелко-среднезернистых песчаников (39%) с многочисленными маломощными прослоями известняков. Известняки детритовые фораминиферовые, иногда с существенной примесью терригенного материала. В свите установлено до 18 угольных пластов. Лишь три пласта в единичных скважинах достигают мощности 0,6 м. Известны туфогенный прослой известняков N_1 и $N_1^3-N_1^4(?)$, тонштейн в угольном пласте n_1 , туфогенный прослой известняка $N_2(?)$. Мощность свиты колеблется от 700 до 1000 м.

Авиловская свита (C_3^2) касимовского и гжельского ярусов распространена в северо-восточной части Донбасса. Представлена темно-серыми аргиллитами с прослоями алевролитов, редко песчаников и непромышленных пластов углей. Встречаются многочисленные пласты известняков. Мощность свиты от 400 до 875 м.

Араукаритовая свита (C_3^3) гжельского яруса замыкает стратиграфический разрез каменноугольной системы. Состоит из чередования зеленовато-серых аргиллитов и алевролитов с серыми песчаниками и известняками. Мощность отложений до 150 м.

Приведенное краткое описание стратиграфических подразделений угленосной формации Донбасса можно дополнить петрографическими и минералогическими данными, полученными В.А.Ефановой, К.Х.Зеленщиковой и А.А.Незамаевой при изучении вещественного состава и особенностей гидротермально-метасоматического преобразования средне-каменноугольных пород южной части Восточного Донбасса (ЦЛ ЮПГО, Ростовская ГРЭ, 1988 г.).

В литологическом составе *смоляниновской свиты* (C_2^3), изученной по разрезам Кадамовской площади, на северном крыле Несветаевской котловины и на Аютинском участке, выявлены следующие особенности.

В нижней терригенной пачке песчаники мелкозернистые (0,03 до 0,2 мм), алевритистые, темно-серого цвета, плотные, крепко сцементированные. В составе обломков преобладает кварц 55–60%. Форма обломков неправильная, полуугловатая, часто с извилистыми заливообразными ограничениями. Присутствуют обломки пород (10–15%) — филлитовидные сланцы, микро-мелкозернистые кремнистые породы, сгустовые и хлопьевидные обособления темно-серого цвета вулканогенного происхождения. В алевролитах также присутствуют обломки пород (15–17%) размером 0,01–0,12 мм. Форма обломков неправильная, полуугловатая, мелкооскольчатая. Цементирующий материал имеет гидрослюдисто-хлоритовый состав с примесью включений девитрифицированного вулканического стекла, тонкорассеянного углистого вещества и линейно ориентированных обрывков растительных тканей. Аргиллиты также содержат кластогенную примесь (от 5–7 до 25–30%).

В верхней части терригенной пачки, представленной массивными песчаниками более светлой окраски, характерно увеличение размерности обломочного материала. Обломки пород (до 10%) состоят из филлитовидных сланцев, кремнисто-серицитовых сланцев, эффузивов кислого состава и измененного вулканического стекла среднего

состава. В кровле верхней терригенной пачки возрастает количество тонкоструктурных литотипов пород — мелкозернистых песчаников и алевролитов. В их обломочной части сокращается количество зерен вулканогенного происхождения.

Состав аксессуаров характеризуется рутилцирконовой ассоциацией с примесью анатаз-брукита, сфена, апатита, турмалина. Замещение органического вещества пиритом наблюдается редко.

Белокалитвенская свита (C_2^4) представлена мощной толщей песчано-глинистых отложений, образующих четыре ритмично построенные пачки, разграниченные известняками. В пачках последовательно чередуются песчаники, алевролиты, реже аргиллиты, что отражает периодическую повторяемость условий осадконакопления от прибрежно-морских, лагунных и озерных к континентальным (аллювиальным и болотным) фациям. Среди обломков пород в алевролитах и мелкозернистых песчаниках возрастает содержание эффузивных пород (от 3–5 до 20–25%). Присутствие в песчаниках и алевролитах пирокластического материала весьма характерно для всей свиты с увеличением его содержания в средней части разреза, где описаны туфопесчаники с цементом, представленным стекловатой, изотропной или слабо двупреломляющей, участками перекристаллизованной в хлорит цементирующей массой. Данные породы отличаются плотные, массивные беспорядочные текстуры с неравномернозернистыми псаммитовыми и литокластическими структурами. Они содержат (обычно до 30%) полупрозрачные обломки эффузивного происхождения серой или зеленовато-серой окраски. Последние имеют округлые (оплавленные), реже остроугольные формы. Состав их преимущественно полевошпат-кварцевый, полевошпатовый, полевошпат-хлоритовый. Четко фиксируются структуры эффузивных пород — микрофельзитовая, пилотакситовая, апоинтерсертальная, гиалиновая. По эффузивным обломкам иногда развиваются диагенетические образования карбоната сидеритового ряда. Размеры зерен колеблются в пределах 0,1–0,7 мм. В алевролитах часто отмечаются прослои, содержащие до 25% обломков неправильной формы зеленовато-серого цвета изотропных или слабо двупреломляющих ($N_{cp} \approx 1,550$), состоящих из слабо окристаллизованного вулканического стекла среднего состава. Цементирующая масса в туфопесчаниках и туфоалевролитах представлена стекловатым изотропным базисом, реже слабо двупреломляющим с низкими аномальными цветами интерференционной окраски (раскристаллизация в хлорит). Местами цементом служит тонкоизмельченный и частично перекристаллизованный мате-

риал эффузивных пород, встречаются участки микрофельзита, хлорита и диагенетического карбоната.

Структурные особенности аргиллитовых прослоев связаны с их углисто-пелитовым составом. Тонкочешуйчатый глинистый материал — гидрослюдисто-монтмориллонитовый, смешанослойный со значительной примесью серицита, хлорита, реже биотита. Изредка в глинистых прослоях отмечались микроконкреционные обособления карбоната сидерит-анкеритового ряда. На фоне основной тонкочешуйчатой массы аргиллита выделяются микролинзы углстого вещества. Примесь марказита и пирита содержится в виде тонкорассеянной пыли, реже микрокристаллов кубической и полиэдрической формы. Комплекс тяжелых акцессорных минералов циркон-рутил-лейкоксоновый с примесью незначительных содержаний турмалина, пикотита, анатаза, брукита, монацита, сфена, эпидота. Подобная ассоциация акцессорных минералов типоморфна для вулканогенно-осадочных серий пород.

Каменная свита (C_2^5) сложена чередованием песчаников, алевролитов, аргиллитов, а также известняков и угольных пластов. В нижней части разреза песчаники зеленовато-серые и желто-бурые полимиктовые (в том числе «табачковые»), содержат значительное количество обломков эффузивных пород и пирокластический материал в цементе. Обломки вулканогенного происхождения наблюдались в виде округлых, овальных зерен зеленовато-серого цвета, с витрофировой, перлитовой, пилотакситовой и флюидальной микроструктурой. Некоторые обломки имеют причудливые формы «рогулек», иголок и состоят из стекловатого базиса среднего состава ($N_{cp} \approx 1,550$). Выше по разрезу они сменяются слюдисто-полевошпат-кварцевыми песчаниками с обломками аргиллитов, филлитовидных сланцев и алевролитов.

Отдельные интервалы в цементе песчаников и алевролитов верхней части разреза обогащены (до 15–18%) новообразованиями диагенетического карбоната сидерит-анкерит-кальцитового состава. Широкое развитие в терригенных породах свит C_2^4 и C_2^5 получают сульфиды железа, пирит и марказит, содержание которых в отдельных породах достигает 15–17%. Чаще их концентрации не превышают 2–3%. Обычно встречаются две морфогенетические разновидности — микростяжения округлой, лепешковидной, овальной форм («фрамбоидальные» пириты) и кристаллы (их агрегатные сростки) кубической и полигональной форм. В единичных пробах, кроме пирита и марказита, отмечались халькопирит, галенит и сфалерит. Халькопирит присутствует в виде угловатых изометричных

зерен латунно-желтого цвета с зеленоватым оттенком, а галенит — в виде обломков кубических кристаллов свинцово-серого цвета. Среди акцессориев преобладают циркон, рутил, лейкоксен, анатаз, постоянно присутствуют пикотит, турмалин, апатит. По составу они аналогичны таковым из отложений свиты C_2^4 .

Для вышележащей *алмазной свиты* (C_2^6) характерны четко выраженная цикличность, резкая смена фаций в разрезе и широкое развитие известняков. Песчаники равномерно размещены в разрезе с мощностью слоев до 10 м, лишь в средней части они образуют слои мощностью 20–50 м. Обломки эффузивных пород и полевых шпатов присутствуют в подчиненном количестве. Вверх по разрезу свиты роль песчаников уменьшается, и терригенные литотипы пород представлены тонкоструктурными, переслаивающимися глинисто-алевритовыми породами лагунно-болотных, дельтовых фаций и фаций мелководья морских заливов.

Анализ данных минералого-петрографического состава по терригенным отложениям свиты C_2^6 показывает резкое их отличие от отложений свиты C_2^5 , имеющих более полимиктовый состав обломочной части пород. Олигомиктовость терригенных пород свиты C_2^6 обусловлена преобладанием обломков кварца и силицитов при незначительной примеси полевых шпатов. Содержание кварца в целом возрастает до 85%. Породы кварцитоподобные сливного облика, обычно крупнотектурные, бесцементные или с небольшим развитием серицит-кварцевого цемента. Комплекс акцессорных примесей в свите C_2^6 очень беден и представлен цирконом и оксидами титана.

Вулканогенные образования среди каменно-угольных отложений уверенно прослеживаются на стратиграфических уровнях в смоляниновской свите (C_2^3) на Аютинском и Керчикском участках и каменной (C_2^5) на Керчикском участке. В свите C_2^3 они представлены в нижней части спилитами, в средней — андезитовидными дацитами с пироксеном, в верхней — андезитовидными дацитами без пироксена.

Спилиты темно-зеленовато-серой окраски, плотные, афанитового сложения с миндалекаменной текстурой. Структура апоинтерсертальная с элементами порфировой и гиалопилитовой. Порода состоит из микролейст плагиоклаза, интерстиции между которыми выполнены девитрифицированным вулканическим стеклом, и порфирированных выделений разложенных темноцветных минералов и реже плагиоклаза. Многочисленные миндалины округлой, овальной и эллипсоидной форм выпол-

нены хлоритом, кальцитом, реже кварцем и халцедоном. Присутствуют микростяжения сульфидов железа, титаномагнетит и акцессорные минералы — циркон и апатит. В измененных спилитах плагиоклаз разложен и замещен хлоритом, монтмориллонитом и кальцитом. В интерстициях в породе присутствует девитрифицированное вулканическое стекло (до 20–25%), по которому последовательно развивались хлорит и монтмориллонит, реже кальцит.

Андезитовидные дациты с пироксеном — зеленовато-серая, плотная, крепкая порода с миндалекаменной текстурой. Структура порфировая с пилотакситовой структурой основной массы. Порода сложена в основном кислым плагиоклазом (60–65%) в виде трахитоидно расположенных микролейст размером 0,03–0,15 мм, короткопризматическими кристаллами моноклинного пироксена размером 0,05–0,15 мм. Интерстиции выполнены раскристаллизованным в хлорит вулканическим стеклом (10–12%). Порфиновые выделения представлены моноклинным пироксеном (5–7%), реже роговой обманкой и плагиоклазом. Около 5% составляют микростяжения рудных минералов (магнетита, титаномагнетита, пирита).

Андезитовидные дациты — породы серого и зеленовато-серого цвета, плотные крепкие с порфировой структурой, миндалекаменной текстурой. Структура основной массы пилотакситовая. 70–75% объема породы занимают микролейсты плагиоклаза и незначительное количество раскристаллизованного в хлорит вулканического стекла. Выделяются порфиновые вкрапленники плагиоклаза и роговой обманки, составляющие от 5–7 до 20–25%. Размеры вкрапленников колеблются в пределах 0,5–2,5 мм. Состав фенокристаллов плагиоклаза андезин-лабрадорный. В расположении микролейст отмечается трахитоидность. В участках интенсивного изменения андезитовидного дацита вторичным изменениям подвержены все компоненты породы. Стекловатый базис раскристаллизован в тонкочешуйчатый хлорит, частично монтмориллонитизирован с выделением карбоната сидерит-анкеритового состава, вторичного кварца, рудных минералов (магнетита, пирита).

Наиболее распространенный тип вулканогенных пород, развитых в отложениях каменной свиты (C₂⁵), — *роговообманковые андезиты*. Это темно-серые плотные, массивные породы с порфировой структурой. Структура основной массы микрофельзитовая, микропойкилитовая. Порфиновые выделения (до 60% объема породы) представлены плагиоклазом и роговой обманкой, реже биотитом, размеры их колеблются от 0,2 до 2–2,5 мм. Основ-

ная масса микро-мелкозернистая, кварц-полевошпатового состава с преобладанием плагиоклаза, отвечающего по составу андезин-лабрадору. Редкие минералы — пирит, апатит, магнетит, сфен.

Помимо результатов минералого-петрографических исследований, интересные данные также получены при изучении геохимической специализации каменноугольных отложений и магматических образований Восточного Донбасса [10]. Были сформированы фоновые выборки по интервалам линейно-точечного опробования скважин вне развития полей площадного (крупнообъемного) метасоматоза Керчикского рудного поля: песчаников, аргиллитов, алевролитов и магматических образований несветаевского комплекса. Математической обработке методом главных компонент R-факторного анализа подвергались результаты спектрального полуколичественного на 25 элементов и спектрофотометрического анализов. Для исключения случайных и систематических ошибок с помощью методов математической статистики производился анализ однородности выборок. В итоге сделаны следующие выводы:

более 50% терригенных отложений (песчаников и сланцев) имеют геохимическую специализацию, аналогичную магматическим образованиям основного состава несветаевского комплекса. Данное обстоятельство позволило предположить единый механизм формирования в Восточном Донбассе вулканических структур и сопряженных с ними бассейнов седиментации;

повышенная металлоносность терригенных отложений в полях развития площадного метасоматоза Керчикского рудного поля, по-видимому, явилась результатом действия полихронной долгоживущей гидротермально-метасоматической системы, становление и эволюция которой связаны не только с этапами тектономагматической активизации, но и с особенностями формирования вулканоплутонических структур и сопряженных с ними бассейнов седиментации с повышенными градиентами содержания металлов.

Исходя из приведенных минералого-петрографических и геохимических исследований, а также литературных источников [1], есть основания для пересмотра и уточнения существующей легенды магматических образований, описываемых в рамках несветаевского трахиандезит-андезитового комплекса (*aJ_{1-2ms}*) [3].

С учетом полученных данных ранее единую угленосную формацию [7] на территории складчатого Донбасса можно достаточно уверенно разделить на несколько субформаций. Под термином «субформация» автор традиционно [2] понимает ком-

Субформации каменноугольных отложений складчатого Донбасса и их минерогеническая специализация

Субформации	Свиты	Минерогеническая специализация
Терригенная верхняя, $C_3^1-C_3^3$	Араукаритовая, C_3^3	Нерудное сырье
	Авиловская, C_3^2	
	Исаевская, C_3^1	
Угленосно-терригенная, $C_2^6-C_2^7$	Горловская, C_2^7	Промышленная угленосность, Hg, нерудное сырье
	Алмазная, C_2^6	
Вулкано(?) -угленосно-терригенная, $C_2^3-C_2^5$	Каменская, C_2^5	Промышленная угленосность, Au, Pb (Ag, Zn, As), нерудное сырье
	Белокалитвенская, C_2^4	
	Смоляниновская, C_2^3	
Флишоидная, $C_2^0-C_2^2$	Моспинская, C_2^2	Au, Ag, Pb (Zn, As), нерудное сырье
	Мандрыкинская, C_2^1	
	Амвросиевская, C_2^0	
Терригенная нижняя, $C_1^2-C_1^4$	Кальмиусская, C_1^4	Нерудное сырье
	Самарская, C_1^3	
	Межевская, C_1^2	
Карбонатная (C_1^1)	Мокроволновахская, C_1^1	

плекс отложений, являющихся составной частью формации. Сопоставление выделяемых субформаций с существующими стратиграфическими подразделениями, их возрастные интервалы и минерогеническая специализация приводятся в таблице.

Предложенное субформационное расчленение каменноугольной угленосной формации, безусловно, является дискуссионным. Особое внимание хочется обратить на выделенную вулкано(?) -угленосно-терригенную ($C_2^3-C_2^5$) субформацию. Именно в ней и во флишоидных отложениях ($C_2^0-C_2^2$) локализуется практически все обнаруженное благороднометальное и полиметаллическое оруденение. В свою очередь, учитывая особенности геохимической специализации, наличие типоморфных акцессорных комплексов минералов, породы данных субформаций могут стать источниками регенерирования полезных компонентов в зонах влияния глубинных разломов — межблокового смятия, расланцевания, катаклаза с последующей минерализацией пород в верхних частях структурного яруса, коррелирующего со стратиграфическим уровнем каменной свиты. В тектоническом плане данный уровень соответствует инверсионному этапу в развитии тектонических структур Донбасса. Последующая тектономагматическая активизация приводит к внедрению субсогласных и секущих дайковых комплексов в минерализованные углеродистые породы, что обуславливает формирование минерализованных зон с потенциально промышленным оруденением.

В структурном ярусе, сложенном отложениями угленосно-терригенной субформации ($C_2^6-C_2^7$),

встречаем проявления ртути (Никитовское месторождение). Данный уровень перспективен также на обнаружение гидротермально-метасоматического оруденения в апикальных частях малообъемных интрузивных тел несветаевского комплекса (αJ_{1-2ns}), особенно в морфоструктурах таких тектонических узлов, как периклинальное замыкание антиклинальных складок и центриклинальное — синклинальных.

Промышленно угленосными являются отложения вулкано-угленосно-терригенной ($C_2^3-C_2^5$) и угленосно-терригенной ($C_2^6-C_2^7$) субформаций. Интенсивность катагенетических изменений пород возрастает от более молодых субформаций к древним. Данный фактор необходимо учитывать при оценке и прогнозе метаморфизма углей, их марочного состава и газоносности. Катагенетические изменения осадочных пород также влияют на оценку и прогноз качественных показателей нерудного сырья.

Таким образом, предложенный вариант расчленения каменноугольных отложений складчатого Донбасса на субформации отражает основные циклы осадкообразования, коррелирует со сменой режимов тектонической активности территории и позволяет решать задачи минерогенического плана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутурлинов Н.В. Петрохимические особенности дайково-эффузивных пород Донбасса // Тр. Донецкого политехн. ин-та. 1962. Т. 64. С. 17–28.
2. Геологический словарь. – М.: Недра, 1978. Т. 2.

3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Донецкая. Лист L-37-V (г. Шахты). Объяснительная записка. – М.: ВСЕГЕИ, 2000.
4. Грановская Н.В. Минералогия и термобарогеохимия золотого оруденения в Юго-Восточном Донбассе // Зап. ВМО. 1992. Вып. 4. С. 29–42.
5. Зеленцов Г.В., Курбанов Н.К., Кучеревский П.Г., Радаева Т.П. Перспективы золотоносности Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена // Руды и металлы. 2001. № 2. С. 26–35.
6. Кривцов А.И. Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
7. Структурная геология Донецкого угольного бассейна. – М.: Недра, 1985.
8. Тонштейны и их использование при изучении угленосных формаций / М.Г.Черновьянц. – М.: Недра, 1992.
9. Черненко М.Ю. Металлогенические позиции и ревизионно-экспертная оценка золотоносности южной части Восточного Донбасса // Мат-лы научно-практической конференции «Состояние минерально-сырьевой базы Юга России и перспективы ее развития», 21–22 мая 2009 г. Ростов-на-Дону, 2009. С. 87–99.
10. Черненко М.Ю., Зеленцов Г.В., Радаева Т.П. Особенности геохимической специализации геологических образований Восточного Донбасса // Геология и минерально-сырьевая база Ростовской области. Ростов-на-Дону, 2000. С. 136–149.
11. Черненко Ю.Я., Черненко М.Ю. Влияние глубинных процессов на формирование угленосно-горнорудных провинций и поясов // Мат-лы III Международной научной конференции, посвященной 100-летию А.В.Пека, «Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии Юга России и Кавказа», 7–9 февраля 2002 г. Новочеркасск, 2002. Т. I. С. 95–101.
12. Щеглов А.Д. Основные проблемы современной металлогении (вопросы теории и практики). – Л.: Недра, 1987.

УДК 553.411

© М.С.Рафаилович, С.И.Шевчук, 2012

ЗОЛОТО-ВОЛЬФРАМОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

М.С.Рафаилович, С.И.Шевчук (Институт природных ресурсов ЮГГЕО, Республика Казахстан)

Обсуждаются геологическая и тектоническая позиции, структурно-морфологические и минералого-геохимические особенности, промышленные перспективы золото-вольфрамовых месторождений Центральной Азии. Рекомендуются углубленное изучение и моделирование типовых месторождений, обоснование нетрадиционных источников минерального сырья, перспективная оценка новых площадей.

Ключевые слова: золото-вольфрамовые месторождения, геологическая и тектоническая позиция, интрузивные плутоны, минералогические и геохимические ассоциации, промышленные перспективы.

Рафаилович Михаил Сергеевич, mrafailovich@mail.ru, Шевчук Сергей Иванович, s_shevchuk@list.ru

GOLD-TUNGSTEN DEPOSITS OF CENTRAL ASIA

M.S.Rafailovich, S.I.Shevchuk

The geological and tectonic setting, structural, morphological, mineralogical-geochemical features and commercial perspectives of the gold-tungsten deposits of Central Asia are examined. The profound study and modelling of the typical deposits, basing of non-traditional sources of mineral raw materials, perspective evaluation of new territories are recommended.

Key words: gold-tungsten deposits, geological and tectonic setting, intrusive plutons, mineralogical-geochemical features, commercial perspectives.

Ассоциация золото–вольфрам с различной полнотой проявлена на многих золото-редкометалльных месторождениях Центральной Азии. Рудные месторождения, содержащие Au и W в концентрациях, представляющих практический интерес, фор-

мируются в заключительные стадии тектонических циклов палеозоя и мезозоя, тесно ассоциируя с проявлениями орогенного гранодиорит-гранит-лейкогранитового магматизма. Таковы месторождения Мурунтау и Зармитан в Узбекистане, Кумтор,

Кумбель, Мироновское в Кыргызстане, Джилао в Таджикистане, Таскудук, Жолымбет, Бестобе в Казахстане, Березовское, Гумбейское, Олимпиада, Калгутинское в России и др.

Сравним эталонные золото-вольфрамовые месторождения Центральной Азии, образовавшиеся в обстановке больших и малых глубин (соответственно 2,5–6 и 1–3 км). Основой для написания статьи явились материалы [1–15].

Au-W-содержащие объекты больших (мезотермальных) глубин по структурно-морфологическим особенностям подразделяются на три промышленные группы: зоны эндо- и экзоконтакта интрузивных плутонов (Au-W комбинированный скарновый и жильно-штокерковый джилаоский тип); надинтрузивной зоны (Au-W-кварцевый мегаштокерковый мурунтауский и железокислородно-медно-золоторедкометалльный штокерковый таскудукский протипы); удаленно интрузивной зоны (Au-W-сульфидный кумторский тип минерализованных зон в черносланцевых толщах).

Золото-вольфрамовый комбинированный скарновый и жильно-штокерковый джилаоский тип в интрузивных и карбонатных породах. Особенности данного протипа рассмотрим на примере месторождения Джилао [5, 11, 15]. Данное месторождение (Западный Таджикистан), известное с 50-х годов XX в., находится в складчатой системе Южного Тянь-Шаня, в Зеравшано-Калмаксуской шовной зоне субширотного простирания. Первоначально изучалось и эксплуатировалось как скарново-шеелитовый с сопутным золотом объект (участок Джилао скарновый). С конца

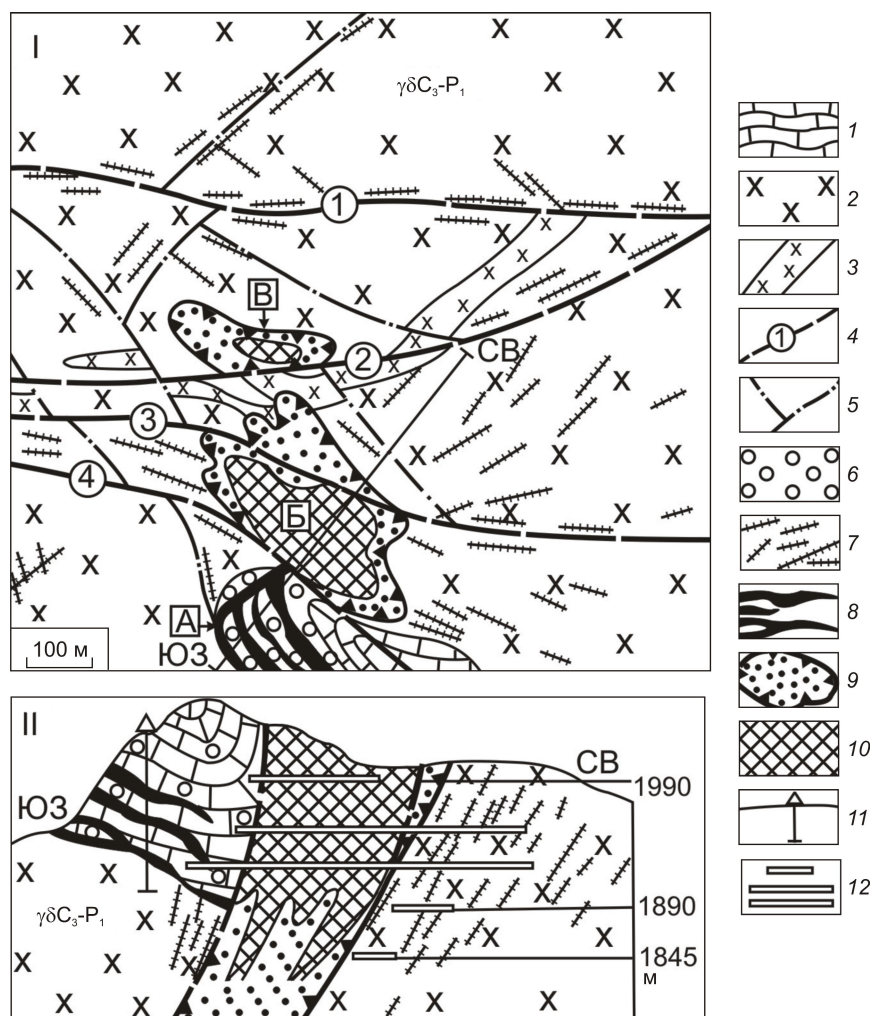


Рис. 1. Геологическая схема (I) и геологический разрез (II) золото-вольфрамового месторождения Джилао в Таджикистане, по материалам [5, 11, 15]:

1 — карбонатная пачка, S_1-D_1 ; 2 — габбро-диориты, гранодиориты Чинорсайского массива, S_3-P_1 ; 3 — малые тела и дайки диоритовых порфиров; 4 — рудоконтролирующие разломы (1 — Дайковский, 2 — Андезакский, 3 — Джилаоский, 4 — Безымянный); 5 — оперяющие разрывы; 6 — скарны, скарнированные карбонатные отложения; 7 — кварцевые жилы, прожилки; 8 — золото-шеелитонесные скарнорудные тела; золоторудные штокерки; 9 — внешняя зона пониженной золотоносности; 10 — внутренняя обогащенная зона; 11 — скважина; 12 — подземные горные выработки; участки: А — Джилао скарновый, Б — штокерк Джилао, В — штокерк Джилао Северный

90-х годов стали осваиваться золото-вольфрамовые кварц-сульфидные штокерки (участки Джилао и Джилао Северный).

Месторождение находится на периклинальном замыкании Чинорсайской брахиантиклинали, ядро которой сложено одноименным массивом позднепалеозойских гранитоидов, крылья — ниже- и среднепалеозойскими карбонатными и терригенно-карбонатными отложениями. Рудное поле приурочено к узлу пересечения разломов северо-западного, северо-восточного и субширотного направле-

ний. Важнейшие рудоконтролирующие разломы — Андезакский, Джилаоский, Дайковский, Безымянный (рис. 1). Разломы фиксируются дайками «пестрого» состава (габброиды, диабазовые и диоритовые порфиры, лампрофиры, гранит- и гранодиорит-порфиры, аплиты, пегматиты). Чинорсайский интрузив размером 8×3 км сложен биотит-амфиболовыми гранодиоритами и монзонитами с подчиненным развитием диоритов, биотитовых гранитов и граносиенитов. Интрузив I-типа, возраст формирования 299±9 млн. лет [15].

Скарново-шеелитовые с золотом рудные тела залегают в повесе кровли Чинорсайского массива в силурийско-девонских карбонатных породах. Скарновые залежи из диопсид-геденбергита и граната подвержены пиритизации, березитизации, окварцеванию. Простираение скарноворудных тел преимущественно северо-западное, падение пологое на северо-восток, протяженность десятки—первые сотни метров, мощность первые метры, первые десятки метров. Минералы-индикаторы — пирит, пирротин, халькопирит, шеелит, арсенопирит, висмутовые соединения, теллуриды и др. Шеелит (мелкие выделения) ассоциирует с пироксенном, гранатом, кальцитом. Золотопродуктивные ассоциации в скарнах — арсенопирит-пиритовая, халькопирит-пирротиновая, золото-висмут-теллуридная (Н.А.Блохина, 1987).

Золото-вольфрамовый кварц-сульфидный штокверк Джилао, размещенный в брекчированных гранодиоритах, от скарново-шеелитовых залежей отделен Джилаоским разломом. Штокверк вытянут в северо-западном направлении, размеры в плане 400×200 м, вертикальный размах до 700–800 м. Штокверк представлен сочетанием кварцевых и кварц-сульфидных жил и прожилков и метасоматически измененных гранодиоритов, содержащих вкрапления, прожилковые агрегаты и гнезда сульфидных минералов. Гранодиориты окварцованы, калишпатизированы, альбитизированы, серицитизированы, хлоритизированы, эпидотизированы. Кварц слагает жилы и системы субпараллельных и взаимопересекающихся прожилков, а также цементирует обломки катаклазированных гранодиоритов. Березитизация развита локально на контакте с кварцевыми жилами. На верхнем горизонте установлены проявления грейзенизации. Хлоритизация, альбитизация, эпидотизация образуют ореолы, выходящие за пределы штокверка.

Руды вольфрамсодержащие золото-кварцевые убого- и малосульфидные. На верхнем горизонте преобладают кварцевые жилы с содержанием сульфидов ~0,5%. На среднем и нижнем горизонтах число жил и их мощности уменьшаются, большее

значение приобретает прожилково-вкрапленная минерализация (сульфидов до 1–4%).

В штокверковых рудах, по данным М.И.Новгородовой, В.М.Веретенникова, Е.И.Успенского, установлено более 120 минералов. Промышленное значение имеют самородное золото, шеелит, серебро. Минеральные ассоциации: золото-кварц-шеелитовая, золото-пирротин-халькопиритовая, золото-пирит-арсенопиритовая, золото-полисульфидная, кварц-карбонат-антимонитовая.

Шеелит сконцентрирован в кварцевых жилах и прожилках. Самородное золото ассоциирует с кварцем и минералами полисульфидной ассоциации (халькопиритом, тетрадимитом, сульфосолями висмута). Золотины ксеноморфные, пластинчатые, пленочные, комковидные, проволочные. Золото, локализованное в кварце, образует ромбододекаэдрические кристаллы, иногда друзы. Тонкое золото сопряжено с арсенопиритом и пиритом. Губчатое золото в небольшом количестве встречается в кварц-карбонатных прожилках. Размер золотинок от первых микрометров до 0,25 мм и более, проба от 895‰ в ранних минеральных ассоциациях до 500–530‰ в поздних. Богатые руды тяготеют к центральным частям штокверков. В блоках среднее содержание Au не менее 2,0 г/т. Максимальные содержания Au и Ag n_{100} г/т. В контурах промышленных руд золота учтены запасы WO_3 (0,05% и более).

Месторождение Джилао рентабельно при бортовом содержании Au 0,8–1,0 г/т. Перспективы месторождения связаны с рудами среднего и глубокого горизонтов и новыми телами на флангах. Рациональная схема обогащения включает цианирование золото-кварцевых руд и шеелитовую флотацию; извлечение Au >90%, WO_3 80% [5].

Золото-вольфрам-кварцевый мегаштокверковый тип в черносланцевых толщах. Рудные объекты Мурунтау, Мютенбай, Триада (Западный Узбекистан) сосредоточены в Центральных Кызылкумах и Зауральско-Туркестанской сутурной зоне (восточный фланг Южно-Тамдыгауской рудной зоны). Мурунтауское рудное поле и месторождение Мурунтау описаны в работах [2, 3, 12] и др.

Мурунтауское рудное поле — один из крупнейших рудных объектов в мире, яркий пример мезотермальных месторождений надинтрузивной зоны, эталон крупнообъемного золото-вольфрамового оруденения в черносланцевых толщах. Золотое оруденение локализовано в бесапанской свите нижнепалеозойских дислоцированных тонкослоистых углеродсодержащих песчаников, алевролитов, сланцев (рис. 2). Верхнепалеозойские магматические образования представлены дайками сиенито-диоритовых

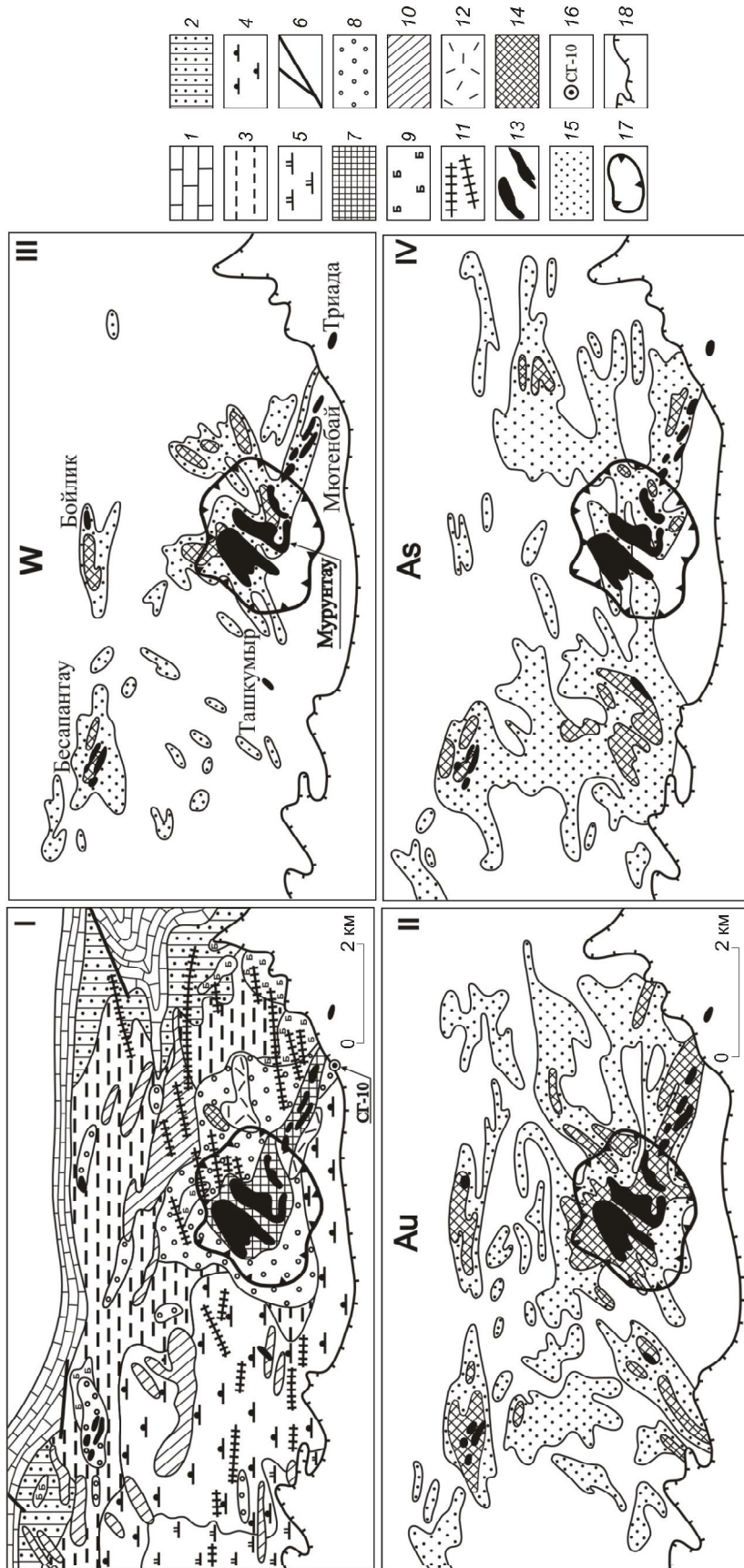


Рис. 2. Мурунтауское золоторудное поле: геологическая схема с ореолами гидротермально измененных пород (I), вторичные литохимические ореолы Au (II), W (III) и As (IV), по материалам [3]:

I — карбонатные породы, D₁; терригенные породы беспаптанской свиты O₂-S₁; 2 — зеленый беспап, S₁, 3 — пестрый беспап, O₃-S₁, 4 — серый беспап, O₂₋₃, 5 — черный беспап, O₂; 6 — разломы, додайковые метасоматиты; 7 — калишпат-кварцевые метасоматиты; 8 — биотит-полевшпат-кварцевые породы промежуточной зоны, 9 — биотитизированные породы внешней зоны; последикковые метасоматиты; 10 — кварц-альбитовые (линзы), 11 — кварц-альбитовые с турмалином жиллообразные, 12 — серицитолиты; 13 — золоторудные залежи; литохимические ореолы; 14 — высококонтрастные, 15 — среднеконтрастные; 16 — сверхглубокая скважина СТ-10; 17 — контур карьера месторождения Мурунтау; 18 — выходы пород палеозойского фундамента на поверхность

порфириров (мурунтауский комплекс), Мурунтауским скрытым интрузивом лейкогранитов, дайками пегматитов, аплитов и лейкогранитов, развитыми в надынтрузивной зоне скрытого массива.

Гидротермальные изменения подразделяются на додайковые площадные биотит-полевошпат-кварцевые и последайковые локальные кварц-альбитовые, кварц-альбитовые с турмалином, серицитолитовые, углеродистые и аргиллизитовые. С додайковыми кремнещелочными изменениями связана высокопродуктивная золото-шеелит-карбонат-калишпат-кварцевая минеральная ассоциация (70–80% запасов золота и практически весь объем промышленно ценного вольфрама). С последайковыми метасоматитами сопряжены менее продуктивные золото-пирит-арсенопирит-кварцевая, полиметаллическая карбонат-кварцевая, серебро-адуляр-карбонат-кварцевая, антимонит-пирит-карбонат-кварцевая, антимонит-пирит-кальцитовая, киноварь-кварц-диккитовая ассоциации.

Золото-редкометалльный мегаштокверк Мурунтау представляет собой сложную комбинацию стержневых и оперяющих кварцевых жил, рудных столбов, прожилково-вкрапленных и вкрапленных минерализованных зон. Его площадь на поверхности ~3 км², вертикальная протяженность не менее 1200–1500 м. Среднее содержание в карьере Au 3,72 г/т.

Запасы WO₃ на Мурунтау составляют 65 000 т [15]. Содержания WO₃ в технологических пробах от 0,003 до 0,6% [2, 15]. Золото-шеелит-карбонат-калишпат-кварцевая ассоциация слагает «каркас» мегаштокверка, тяготея к круто- и пологопадающим плитообразным и линзовидным кварцевым жилам и системам прожилков, секущим слоистость, сланцеватость, ранние метаморфогенные кварцевые тела. Выделения шеелита в субпластовых кварцевых телах имеют размер до 1,0–5,0 см. Отдельные жилы и линзы кварца содержат до 10–30% шеелита. В брекчированных калишпатизированных породах шеелит приурочен к сферолит-зернистым агрегатам светлоокрашенных слюд, полевого шпата и кварца. Характерны частые сростания шеелита с самородным золотом, молибдени-том, пирротинном, пиритом. Золото образует прожилки в шеелите, каймы вокруг его зерен, просечки в арсенопирите. В субсогласных жильно-прожилковых системах преобладает шеелит коричнево-оранжевой окраски, в крутопадающих богатых рудных телах — полупрозрачный бесцветный. Бесцветный шеелит Мютенбая содержит, %: Y 0,3, Ce 0,1, La 0,01 [3].

Вольфрам занимает закономерную позицию в геохимических полях, геохимических моделях и

рядах геохимической зональности. Мурунтауское поле фиксируется контрастными и обширными экзогенными ореолами Au, W и As. Максимально продуктивные ореолы Au и W сосредоточены в «ядре» рудного поля — в области биотит-полевошпат-кварцевых метасоматитов. По С.В. Григоряну, осевая вертикальная геохимическая зональность выглядит следующим образом: W, Mo, Co, Ag₁, Au – Bi – As – Cu, Zn, Pb, Ag₂. По Э.Б. Берману, ряд зональности эндогенных ореолов: W₁ – (W₂–Bi–Au₁) – (Mo–Cu–As–Co–Ni–Au₂) – (Zn–Pb₁) – (Pb₂–Sb–Ag).

Генерализованная геохимическая модель Мурунтау [8, 9]: U–Mo–V (ураноносная ассоциация в корневой части месторождения) – Ni, Co, Cu, W, Mo, As, Au₁ («сквозные» высокотемпературные дорудная и ранняя рудная золото-кварц-редкометалльная ассоциации) – Ni, Co, As, Zn, Au₂ («сквозная» рудная среднетемпературная золото-пирит-арсенопирит-кварцевая ассоциация) – Zn, Pb, Ag, Sb, Ba, Hg, В (заключительные средне- и низкотемпературные ассоциации на верхних выклинках и флангах рудных залежей).

Железооксидно-медно-золото-редкометалльный таскудукский тип руд, ассоциирующий с офиолитами и коллизионными гранитами, — нетрадиционный вид штокверковой промышленной минерализации на территории Центральной Азии. По многим признакам он отвечает семейству железооксидно-медно-золотых месторождений (часто с редкими и редкоземельными элементами и ураном), обозначенному в зарубежной литературе как IOCG (Iron Oxide-Copper-Gold type) [13]. Эталоном его может служить месторождение Таскудук, обогащенное Fe, Au, W, Sn, Mo, Cu, Bi (рис. 3).

Месторождение Таскудук (Южный Казахстан) находится на территории Шу-Сарысуиской депрессии в Причуйско-Курдайской металлогенической зоне в 80 км к юго-востоку от крупного месторождения золота Акбакай. Объект расположен в лежащем боку Жалаир-Найманской сутурной зоны. Месторождение выявлено в процессе глубинного геологического картирования, сопровождавшегося комплексом геофизических, геохимических и буровых работ (Илийская геофизическая экспедиция Казгеофизтреста, С.И. Шевчук, О.С. Богатырев, 1977–1985 гг.). При разбуривании контрастной магнитной аномалии под чехлом рыхлых отложений было вскрыто штокверковое рудное тело комплексного состава. В геологической литературе объект практически не освещался.

Месторождение Таскудук локализовано в Сатырбай-Сункаринской сдвига-надвиговой шов-

ной зоне северо-западного простирания, являющейся погребенным под рыхлыми осадками юго-западным ответвлением Жалаир-Найманской сутуры. Домезозойский фундамент сложен эффузивами основного состава и зеленокаменными сланцами (офиолитовая ассоциация кембрия), гранитным массивом Таскудук и дайками кислого состава среднепозднедевонского возраста (жельтауский комплекс). В разрезе кембрия присутствуют линзы и пласты мраморизованных и скарнированных известняков. Важные рудоконтролирующие элементы — милонитизация пород, серпентинитовый меланж, тектонические брекчии, контрастная магнитная аномалия (до 1300 нТл), остроугольные и штоковидные выступы гранитного массива в эффузивно-сланцевой среде, крупномасштабные метасоматические процессы. Средняя мощность мезокайнозойского рыхлого покрова 130 м.

Таскудукский интрузив сложен крупнозернистыми лейкократовыми и биотитовыми гранитами, состоящими из калиевого полевого шпата, кварца, плагиоклаза, биотита с аксессуарными апатитом, сфеном, рутилом. Дайки кварцевых порфиров, гранит-порфиров, аплитовидных гранитов грейзенизированы, окварцованы, содержат тонкую «сыпь» сульфидных минералов. Мощность даек 3–4 м.

Комплексный ореол динамометаморфических, контактово-метасоматиче-

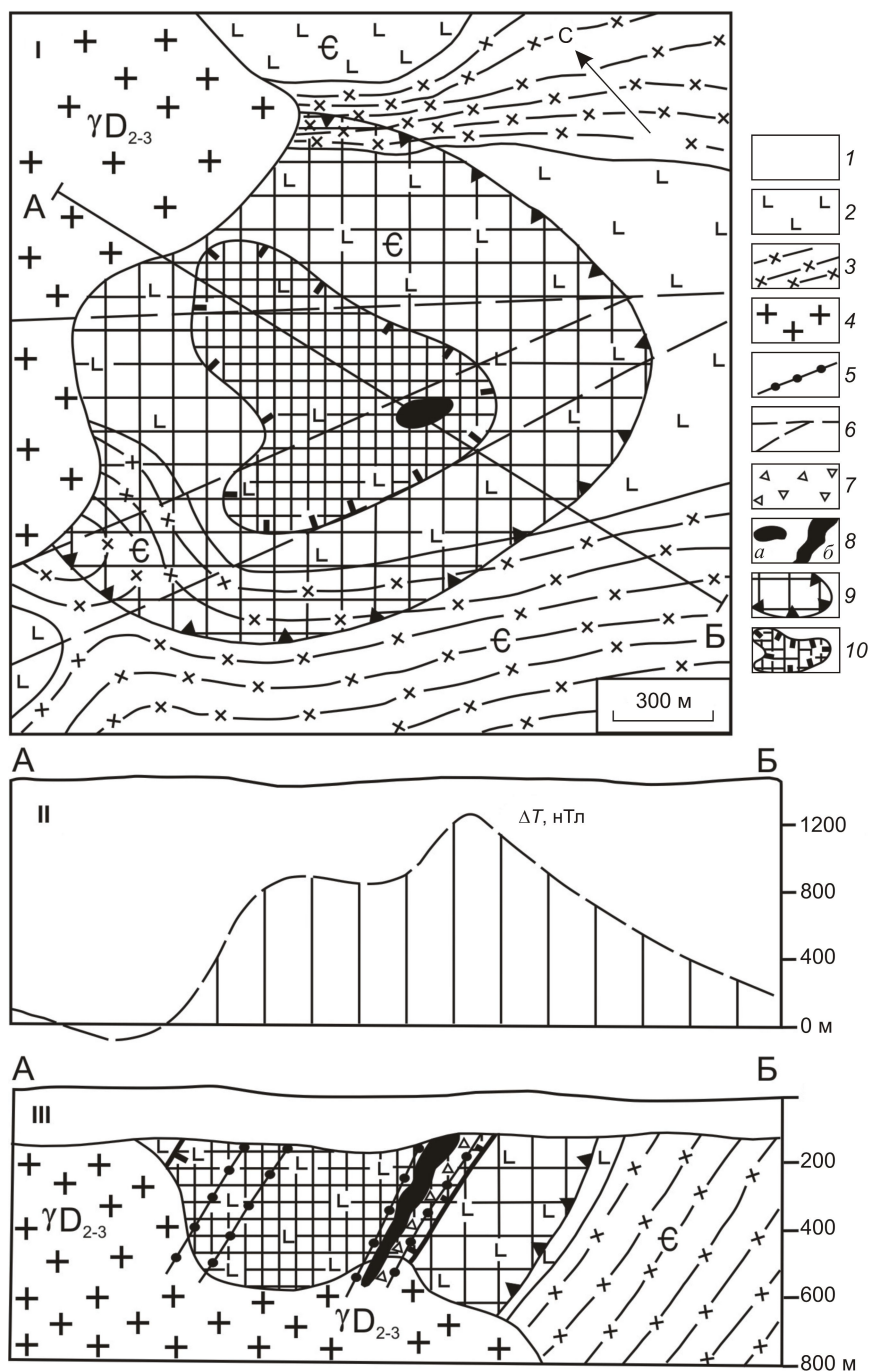


Рис. 3. Железоокисно-медно-золото-редкометальное месторождение Таскудук в Южном Казахстане: геологическая схема домезозойского фундамента (I), график ΔT магнитного поля по линии А–Б (II), геологический разрез по линии А–Б (III), по материалам Казгеофизтреста (С.И.Шевчук и др.):

1 — мезокайнозойские рыхлые отложения (на геологическом разрезе); кембрийские отложения; 2 — базальтовые и диабазовые порфириты (ащисуйская свита), 3 — эпидот-альбит-актинолитовые лейкоксен-эпидот-хлоритовые, серицит-хлоритовые сланцы; 4 — биотитовые и лейкократовые граниты жельтауского комплекса, D₂₋₃; 5 — дайки кварцевых порфиров, гранит-порфиров; б — разломы; 7 — тектонические брекчии; 8 — рудный штокверк (а — в плане, б — в разрезе); 9 — контур развития гидротермально измененных пород; 10 — площадь, рекомендуемая для первоочередных геологоразведочных работ

ских и гидротермально-метасоматических изменений площадью 1,8×1,2 км приурочен к ступенчато-образному прогибу кровли Таскудукского интрузива. Главные изменения пород: серпентинизация и оталькование офиолитов, скарнирование известковистых пород (магнетит, гранат, пироксен, амфиболы, скаполит, хлорит), грейзенизация (светлые слюды, кварц, турмалин, флюорит), пропилизация (эпидот-цоизит, хлорит, карбонаты, кварц, барит, сульфиды).

Рудоносный штокверк круто склоняется на север. Стволовая мощность его не менее 80–90 м, истинная мощность первые десятки метров. Основная масса штокверка находится в надинтрузивной позиции. Рудный интервал приурочен к зоне тектонического брекчирования, содержащей обломки серпентинитов, пироксенитов, кремней и мраморизованных известняков. Руды сплошные и густо-, умеренновкрапленные, часто дробленые мартит-магнетитовые и магнетит-хлоритовые метасоматические, в разной степени «пропитанные» серными и медными колчеданами с золотой и редкометальной минерализацией. Зеркала скольжения выполнены прожилками флюорита, барита, кварца, карбоната, турмалина.

Рудные минералы-индикаторы Таскудука (по М.М.Старовой, С.А.Трофимовой, С.И.Шевчуку) — самородное золото, железоокисные соединения (гематит, мушкетовит, магнетит, до 30–80% от объема метасоматитов), шеелит первые проценты, касситерит до 4–5%, молибденит до 2–3%, халькопирит 0,1–3,0%, висмутовые минералы до 1–2% (висмутин, виттихенит, висмут самородный, тетрадимит). Сопутствующие и редкие минералы — хромит, титаномagnetит, ильменит, ульвошпинель, платиноиды (?), пирит, пирротин, марказит, мельниковит, кобальтин, линнеит-зигенит, халькозин, борнит, ковеллин, куприт, арсенопирит, сфалерит, галенит, прустит-пираргирит, киноварь.

Самородное золото имеет кристаллическую, неправильную, округлую и пылевидную формы, размер выделений от первых микрометров до 0,05–0,1 мм. Тонкокристаллическое золото 0,03×0,06 мм зафиксировано в метакристаллах кварца и поздних кварц-хлоритовых прожилках. В кварц-хлоритовом метасоматите установлены обособления золота размером 0,02×0,035 мм в сростании с киноварью и пиритом. Пылевидное золото размещается в карбонат-серицит-хлоритовом агрегате.

Шеелит ассоциирует с халькопиритом, молибденитом, касситеритом, висмутином, пирротинном, арсенопиритом, марказитом. Характерны тонкие скопления его изометричных кристаллов и аллотриоморфные обрамления по вкрапленникам кас-

ситерита, реже микропрожилки в кварцевом и кварц-хлоритовом материале.

Геохимический спектр Таскудука составляют Au, Cu, Fe, W, Sn, Mo, Bi, Ag, Zn, Pb, As, Te, Co, Ni, Mn, Ti, V, U, Ba, Hg и др. Промышленный интерес представляют (среднее и максимальное содержания): Au (первые и 41,5 г/т), W (0,32 и 3,19%), Sn (0,42 и 3,82%), Mo (0,05 и 0,58%), Cu (0,25–0,30 и 1,80%), Fe (40,0 и 75,0%). Наиболее часто встречающиеся классы концентраций: Au 0,1–3,0 и 6,0–20,0 г/т, W 0,06–0,6%, Sn 0,2–0,6%, Mo 0,01–0,1%, Fe 40–50%, Cu 0,1–0,35%.

Золото-вольфрам-сульфидный прожилково-вкрапленный кумторский тип в черносланцевых толщах. Многие золото-сульфидно-вкрапленные месторождения в черносланцевых толщах в той или иной концентрации содержат вольфрам. Вольфрам — сопутствующий полезный компонент (Кумтор в Кыргызстане, Олимпиада в России) или важный индикатор минералообразующего процесса (Бакырчик в Казахстане, Кокпатас в Узбекистане и др.). Рассмотрим некоторые особенности распределения вольфрама на крупном месторождении Кумтор.

Золото-вольфрам-сульфидное месторождение Кумтор находится на территории Срединного Тянь-Шаня в осевой части «Линии Николаева» — сутуры субшироотно-северо-восточного простирания протяженностью в сотни, шириной в первые километры. Описание месторождения приводится по материалам В.В.Никонорова, Н.К.Курбанова, С.И.Аникина, Ю.И.Новожилова, А.В.Никифорова, И.М.Перельмана и др.

По Н.К.Курбанову, рудовмещающая шовная зона Кумтора представляет собой троговую структуру, наложенную на окраину Сарыджасского кристаллического выступа нижнепротерозойских пород. Трог выполнен тектонитизированными рифей-вендскими осадками. Выделяются три литологических комплекса пород: подстилающий вулканогенно-терригенный, рудовмещающий углеродисто-терригенный и перекрывающий карбонатно-терригенно-кремнистый. Отложения рудовмещающего комплекса (джетымтауская свита) отличаются повышенной углеродистостью 1,5–4,0%, известковистостью, сингенетической рассеянной минерализацией (пирит, пирротин, шеелит), высоким геохимическим фоном Au, W, Ag, платиноидов [1, 9]. Рудоносная зона смятия протяженностью до 1200 м, мощностью 300–400 м падает на юго-восток под углами 45–60°. Месторождение располагается на расстоянии 1,5–2 км выше скрытого массива гранитоидов позднепалеозойского возраста (сонкульский комплекс). Интрузив синхронен формированию

концентрированного золотого и золото-вольфрамового оруденения. На Кумторе встречаются редкие дайки среднего и кислого составов.

Золото-вольфрам-сульфидные тела Штокверковое, Южное, Северное и др. локализируются в зонах гидротермального преобразования углеродистых филлонитов (рис. 4). Метасоматические изменения — калишпатизация, альбитизация, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация. Первичные руды представлены гидротермально измененными и пиритизированными породами, пронизанными пирит-кварц-полевошпат-карбонатными прожилками. Рудные столбы содержат высокозолотоносные пирит-карбонатные тела и густую сеть пирит-альбит-карбонатных и пирит-кальшпат-карбонатных прожилков с умеренной и интенсивной пиритовой и вольфрамовой минерализацией. Рудные залежи послойные, реже секущие, жилло-, пластообразные, линзо-, лентовидные, мощностью от десятков метров до 100–150 м, их вертикальный размах до 600–1000 м и более. Текстуры руд вкрапленные, прожилково-вкрапленные, сетчато-прожилковые, полосчатые, пятнистые, брекчиевидные.

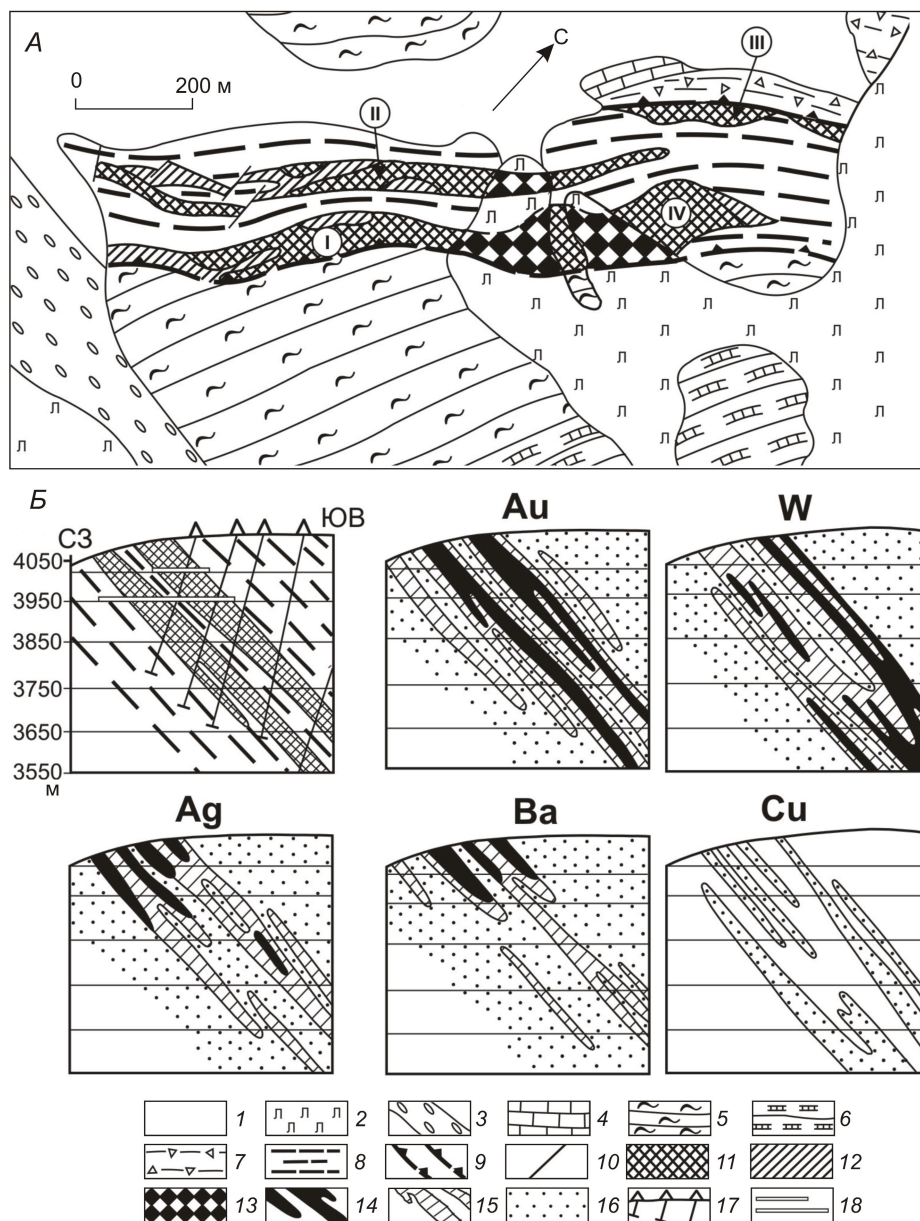


Рис. 4. Золото-вольфрамовое месторождение Кумтор в Кыргызстане: схематическая геологическая карта (А), геологический разрез с эндогенными ореолами Au, W, Ag, Ba, Cu (Б), по материалам В.В.Никонорова, А.А.Шиганова:

1 — аллювий, пролювий; 2 — ледники; 3 — морена; 4 — известняки, $S-O_1$; верхнерифей-вендские отложения: 5 — углисто-глинистые сланцы (филлиты) джетымтауской свиты, 6 — переслаивание филлитов и известняков; 7 — тектонический меланж; 8 — углеродистые милониты; 9 — надвиги; 10 — прочие разломы; руды с концентрациями Au: 11 — средними и высокими, 12 — низкими; 13 — рудные тела, перекрытые ледником; геохимические ореолы (Au, Ag в усл. ед., W, Ba, Cu в %): 14 — Au 1,0–20,0, Ag 1,0–4,0, Ba 0,3–2,0, W 0,01–0,3, 15 — Au 0,1–1,0, Ag 0,2–1,0, Ba 0,1–0,3, W 0,003–0,01, 16 — Au <0,1, Ag <0,2, Ba <0,1, W <0,003, Cu 0,008–0,03; 17 — скважины; 18 — штольни; рудные зоны: I — Южная, II — Северная, III — Северо-Восточная, IV — Штокверковая

Основные рудные минералы — золотоносный пирит, шеелит, гематит, самородное золото, теллуриды Au и Ag (сильванит, мутманнит, калаверит, петцит, креннерит, гессит, монтбрейит). Среднее

содержание пирита в руде (кубы, октаэды, пентагондодекаэды, губчатые выделения) 10–20%; Au в пирите 30–400 г/т, иногда до 1500 г/т. Второстепенные рудные минералы — халькопирит, марказит, пирротин, ильменит, сфалерит, кобальтин, арсенопирит, галенит, тетраэдрит, висмутин, алтаит, тетрадимит, самородное серебро, сульфосоли ртути и др.; нерудные — карбонаты (сидерит, анкерит, доломит, кальцит), ортоклаз, альбит, антраксолит, кварц, хлорит, барит, флюорит, стронцианит. Главный полезный компонент Кумтора — золото, его средние содержания в рядовых рудах 2–10 г/т, рудных столбах 10–100 г/т. Серебро — попутно извлекаемый элемент. Промышленный интерес представляют W, Se, Te.

Золото представлено тремя генерациями: самородное, золото-серебряные минералы (электрум, кюстелит), теллуриды Au и Ag (петцит, креннерит, сильванит и др.) [1]. Самородное золото тонкодисперсное и мелкое. От ранних к поздним ассоциациям золотины укрупняются, усложняется их морфология, снижается проба. Широко проявлены кристаллические формы {110}, {111}, {100}, {321}, {210}, дендриты, плоскогранные и округлые зерна, выделения в трещинах и интерстициях. Примеси в самородном золоте — Te, Ag, реже W, Se, Bi, Cu, Pb, Zn, Sn. Широко распространены каймы самородного золота вокруг теллуридов Au и Ag, парагенезисы самородного золота и гессита.

Кумтор — крупный вольфрамсодержащий объект. Вольфрамовая минерализация развита во всех типах гидротермально измененных пород. По данным работы [1], средние содержания W, г/т: интенсивно карбонатизированные породы (кальцит, доломит, анкерит, сидерит) 140, альбититы 31, калишпатиты 22, породы окварцованных зон 12. Ведущая форма нахождения вольфрама — тонкозернистый шеелит, тесно ассоциирующий с карбонатами. Резко подчиненное значение имеет гюбнерит (марганецсодержащий вольфрамит). Поздние удлиненные кристаллы шеелита образуют сростки с пиритом в кварце [14]. Среднее содержание шеелита в брекчированных рудах 0,06%. Количество WO₃ в рядовых рудах (данные технологических испытаний) 0,027–0,11%. В Штокверковой и Южной рудных зонах содержание WO₃ возрастает до 0,5%.

По данным люминесцентной и золототометрической съемки и результатам опробования установлена приуроченность основной массы золота и вольфрама к единым рудным зонам. Ореолы шеелита шире контуров золоторудных залежей. Отмечается обогащение вольфрамом средних и глубоких горизонтов, лежащего бока золоторудных

зон. Рудные тела обрамлены ореолами Au, W, Ag, Ba, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mo и других элементов. Морфология ореолов струйчатая, полосчатая, лентовидная, согласующаяся с напластованием пород, формой и условиями залегания рудных залежей. Наиболее контрастны ореолы Au и W. Размеры и продуктивность ореолов W с глубиной увеличиваются. На верхних горизонтах преобладают ореолы Ag и Ba. Висячем боку рудной зоны проявлены ореолы Pb и Zn, на нижних уровнях — Co и Ni.

Генерализованная вертикальная зональность эндогенных ореолов: Co – Ni – Cr – W – Mo – Cu₁ – Bi₁ – As – Au – Ag₁ – Te – Bi₂ – Se – Cu₂ – Zn – Pb – Ag₂ – Sb – Sr – Ba – Hg. Вертикальная минералогическая зональность: кобальтин – шеелит, гюбнерит – теллуриды никеля – пирит-I – арсенопирит – самородный висмут – самородное золото – теллуриды Au и Ag – пирит-II – теллуриды Cu, Bi, Pb и Ag – селениды – самородное серебро – кюстелит – галенит – сфалерит – блеклые руды – барит – стронцианит – сульфосоли Hg.

Кумтор — эталон безмышьяковистых золото-редкометалльных месторождений черносланцевого типа. Объект относится к полигенно-полихронному семейству с комбинациями оруденения двух возрастов: древнего рифей-вендского сингенетичного жильково-вкрапленного Au-W-сульфидного; позднепалеозойского (C₂) трансформированного, связанного с гидротермально-метаморфогенной регенерацией вкрапленных руд и коллизионной стадией магматизма [4].

Совокупность малоглубинных месторождений можно подразделить на два типа: степнякско-березовский золото-вольфрамовый гипабиссальный, ассоциирующий с малыми интрузивами и дайками; мионовский золото-вольфрам-висмут-полиметаллический кварц-сидерит-турмалиновый вулканогенный в гранитизированных блоках пород фундамента. В отличие от рассмотренных мезотермальных объектов, имеющих преобладающую крупнообъемную морфологию, для малоглубинных месторождений более характерна жильная, удлиненно-плоская форма рудных залежей.

Золото-вольфрамовый сульфидно-кварцевый гипабиссальный жильный тип, ассоциирующий с малыми интрузивами и дайковыми комплексами пестрого состава. Месторождения представляют собой самостоятельную морфогенетическую группу малоглубинных рудно-магматических систем, формирующихся по модели ликвационной («ликвационно-полимерной», «ликвационно-флюидной») дифференциации (В.А.Нарсеев, Н.А.Горячев, Н.А.Шило и др.). Потенциал подобных рудно-магматических систем реализуется при осо-

бых предпосылках: метастабильные условия; длительное функционирование очаговых структур со стационарным тепловым потоком; высокая насыщенность флюида CO_2 , H_2O , Au, W и другими компонентами; ассимиляция магмой осадков, обогащенных остаточными водами, газами, углеродистым веществом, карбонатами, сульфидами; экранирующие поверхности, ловушки, надвиги, зоны смятия. Примеры месторождений — Березовское в России, Жолымбет и Бестобе в Центральном Казахстане (рис. 5).

Месторождениям свойственны следующие общие признаки [8]: формирование в средние и поздние стадии цикла Уилсона (островные дуги, зоны коллизии и аккреции); связь с сутурами и шовными зонами длительного развития; тесная связь с поясами гипабиссальных малых интрузивов и даек габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитового ряда (березовский, степнякский комплексы); формирование в условиях преобладающего растяжения при ведущей роли хрупких деформаций (сколы, отрывы); анизотропные вулканогенно-терригенный или терригенный вмещающие разрез с признаками сингенетической золото-редкометалльной минерализации и поздними проявлениями березитизации-лиственитизации; преобладание кварцево-жильных слабо- и умеренносурьфидных руд лестничного, диагонального и продольного видов с повышенными и высокими средними содержаниями Au (десятки, в ряде случаев сотни грамм на 1 т) и W (до первых процентов); присутствие рудных столбов и самородков золота; высокие значения Au/Ag ($>1:1$); существенная роль полиметаллических сульфидов, сульфоантимонитов, теллуридов, висмутовых минералов; разнообразие генераций кварца, карбонатов, пирита, арсенипирита, блеклых руд, самородного золота; текстуры выполнения трещин, замещения, крустифика-

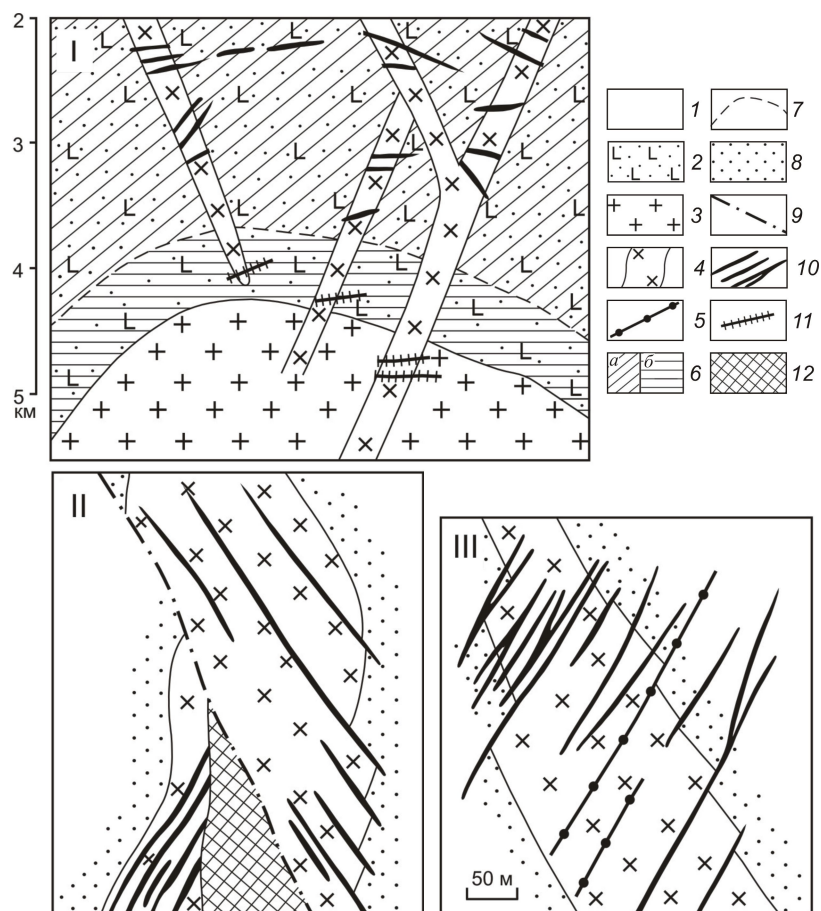


Рис. 5. Золото-сульфидно-кварцевые жильные месторождения, сопряженные с малыми интрузивами и дайками: I — модель золото-вольфрамоносной рудной системы Березовского поля на Среднем Урале [10], II, III — геологические разрезы месторождений Жолымбет и Бестобе в Центральном Казахстане [6]:

I — терригенные, вулканогенно-терригенные ордовикские отложения; *2* — вулканогенно-кремнистая формация (базальты, диабазы, туфы, кремнистые осадки), O-S₁; *3* — адамеллиты Шарташского массива, C₁; *4* — малые интрузивы, дайки (гранитоид-порфиры на Березовском поле, диориты, габбро-диориты на других месторождениях); *5* — дайки диорит-порфиритов, тоналит-порфиритов; *6* — фации метаморфизма (*a* — зеленосланцевая, *б* — амфиболитовая); *7* — линия раздела золотоносных и шеелитовых кварцевых жил (Березовское поле); *8* — ороговикованные породы; *9* — разломы; кварцевые жилы: *10* — золотоносные с ореолами березитов-лиственитов, *11* — шеелитовые с ореолами гумбеитов и эйситов; *12* — золотоносные штокверки

ции; фазовая неоднородность минералов, коррозионные явления, гибридные соединения; контрастная структурно-морфологическая, минералогическая и геохимическая зональность; закономерные временные и пространственные соотношения кварцевых жил с иными рудными телами (минерализованные зоны, березиты, эксплозивные брекчии, штокверки); значительный вертикальный рудный диапазон до 1,5–2,0 км.

Березовское рудное поле на Среднем Урале располагается в зоне Главного Уральского разлома в нижнепалеозойских вулканогенно-осадочных по-

родах (Н.И.Бородаевский, Н.В.Петровская, В.Н.Сазонов и др.). В приразломной зоне смятия породы преобразованы в тальк-карбонат-хлоритовые сланцы и серпентиниты. Золотое оруденение сопряжено с массивами коллизионных гранитоидов тоналит-гранодиоритовой формации и дайками гранитоид-порфиоров. Березовское поле подстилается Шарташским гранитоидным плутоном. Рудоконтролирующие субмеридиональные системы даек крутого падения имеют протяженность от первых сотен метров до 5–20 км, мощность 1–40 м. Возраст формирования гранитоидов 360–320 млн. лет [10]. Дайки гранит-порфиоров, плагиогранит-порфиоров, гранодиорит-порфиоров под воздействием калийсодержащих флюидов превращены в гумбеитизированные породы и березиты-листвениты. Экзоконтактовую полосу Шарташского интрузива шириной 400–500 м слагают породы амфиболитовой фации метаморфизма; они вмещают шеелитоносные кварцевые жилы, обрамленные ореолами гумбеитов и эйситов. Породы вышерасположенной внешней зоны с золотой специализацией кварцевых жил отвечают зеленосланцевой фации.

Месторождения Жолымбет и Бестобе, по А.В.Смирнову, М.С.Рафаиловичу, располагаются в северной части Основной сутурной зоны Казахстанского палеоконтинента. Золотоносные и золото-вольфрамовые кварцевые жилы и прожилковые зоны сопряжены с дайко- и штокообразными многофазными силурийскими интрузивами степнякского комплекса. Преобладает лестничная разновидность кварцевых жил. Основная масса шеелита (с ильменитом, магнетитом, пиритом, арсенопиритом-1, молибденитом, висмутином) связана с раннерудным молочно-белым кварцем. На Жолымбете в кварцевых жилах Центрального и Южного участков шеелит образует гнезда с поперечником до 3–10 см, цвет его оранжево-кремовый за счет примеси битумоидов. Шеелит содержит примесь Mo 0,01–0,05%, TR . Температура гомогенизации газовой-жидких включений в шеелите 310–330°C. Содержания W до 0,1–1,0%. Золотопродуктивный темно-серый и серый полосчатый полупрозрачный кварц образует самостоятельные тела или слагает сантиметровые прожилки и брекчиевые агрегаты в раздробленном шеелитоносном кварце. Свободное золото ассоциирует с полиметаллическими сульфидами, сульфосолями Sb , Pb и Cu , теллуридами, висмутовыми минералами. С глубиной снижаются средние содержания Sb , Hg , Pb , возрастает относительная доля Au , W , As [2]. Месторождения служат источником золотоносных и шеелитовых россыпей.

Золото-вольфрам-висмут-полиметаллический кварц-сидерит-турмалиновый вулканоген-

ный жильный тип в гранитизированных блоках пород фундамента представлен *месторождением Мироновское* (Кыргызстан, Актюз-Кастек-Боординский рудный район).

Площадь Мироновского месторождения сложена толщей нижне-среднепротерозойских амфиболовых сланцев, амфиболитов и слюдистых гнейсов, залегающих моноклинально с падением пород на северо-запад под углами 30–50° (рис. 6). На северном фланге, севернее Киртабулгинского широтного разлома, развиты верхнеордовикско-нижнесилурийские граниты и гранодиориты. Сланцы и амфиболиты прорваны Мироновским интрузивом каменноугольного возраста (аляскитовые граниты, адамеллиты, кварцевые монзониты и монцодиориты). Массив погружается на запад и северо-запад под углами 55–65°. К западному и северному контактам интрузива с допалеозойскими отложениями и зоне Киртабулгинского разлома приурочено эксплозивное тело — неправильной формы шток позднекаменноугольных фельзитов, склоняющийся под углами 30–50° на запад, северо-запад. Протяженность его 1 км при ширине от первых десятков до 150–180 м. По В.В.Овчинникову, это фрагмент глубоко эродированного вулкана. Породы штока имеют брекчиевую и флюидальную текстуры. Обломки представлены фельзитами, гранодиоритами, амфиболитовыми сланцами. Шток содержит кварц-турмалиновые брекчии и миаролы сульфидно-кварц-турмалинового парагенезиса.

Киртабулгинский разлом — правосторонний сдвиг с амплитудой смещения 4,5–5,0 км. В сланцевой толще фиксируются надвиги северо-восточного и субмеридионального направлений (Основной надвиг, надвиг 4).

На месторождении проявлены различные гидротермальные изменения [7, 8, 14]. В амфиболовых сланцах и породах Мироновского интрузива развита пропилитизация (альбит, пренит, эпидот, хлорит, калишпат). В адамеллитах, монцодиоритах, кварцевых монзонитах и фельзитовых брекчиевых трубках ярко выражены калишпатиты и турмалиниты. Измененные брекчиевые тела содержат калишпат, кварц, турмалин, гематит, хлорит, вторичный коричневатый биотит. Монцодиориты включают аксинит-турмалин-калишпатовые концентрические агрегаты и стяжения.

Рудные тела представлены кварц-сидерит-турмалин-сульфидными жилами, выполняющими субширотные трещины в протерозойских образованиях и Мироновском интрузиве. Промышленные жилы протяженностью 35–650 м, мощностью 0,3–1,2 м сопровождаются оторочками кварц-калишпатового, биотит-калишпатового и кварц-

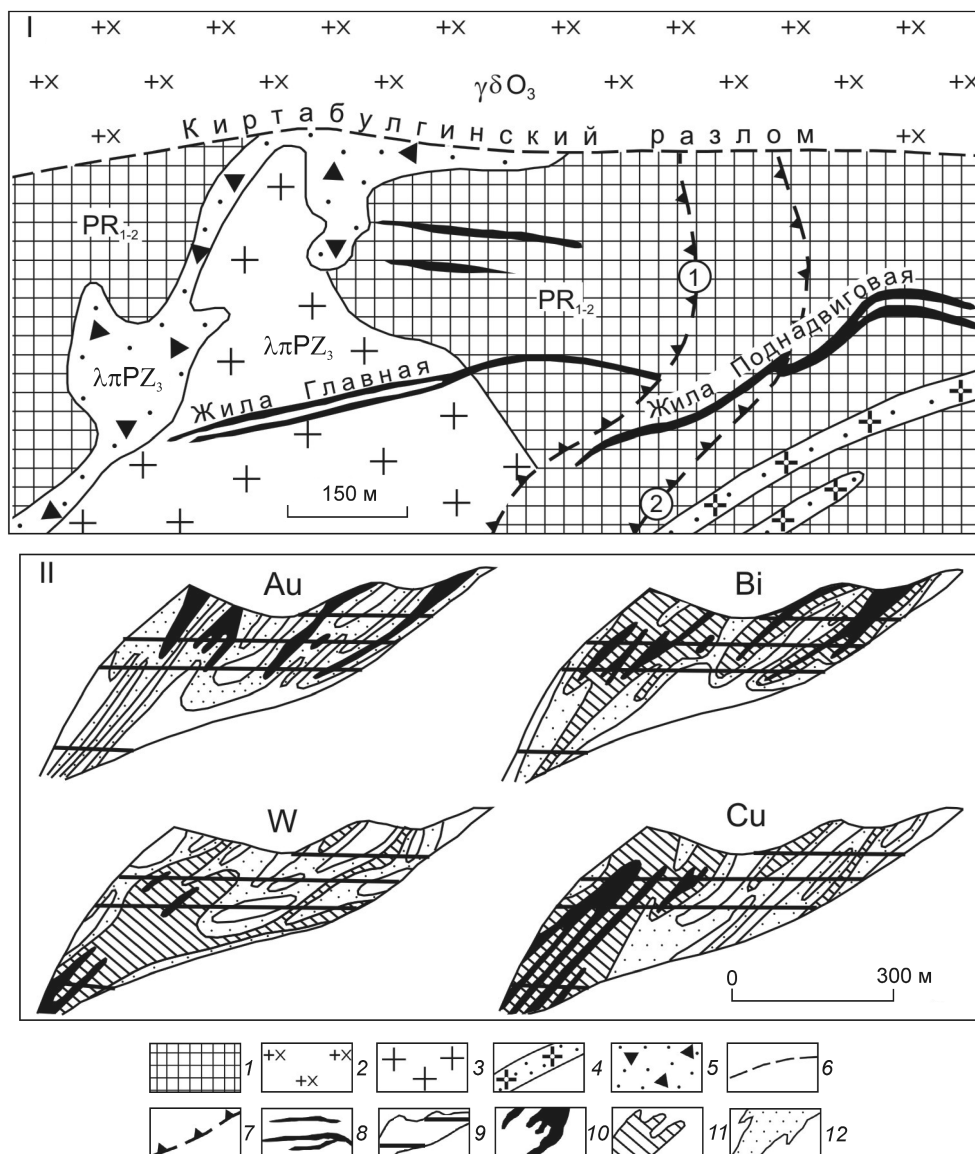


Рис. 6. Золото-вольфрам-висмут-полиметаллическое месторождение Мироновское в Заилийском Алатау: геологическая схема (I), распределение Au, Bi, W и Cu в Главной жиле (II), по В.В.Овчинникову, М.С.Рафаиловичу:

I — амфиболиты, амфиболовые сланцы, гнейсы раннего-среднего протерозоя; 2 — гранит-гранодиориты позднего ордовика; породы позднего палеозоя: 3 — граниты, адамеллиты, кварцевые монциты и монцитиориты Мироновского интрузива, 4 — дайки фельзитов, 5 — взрывные брекчии фельзитов; 6 — разломы; 7 — надвиги (1 — Основной надвиг, 2 — надвиг 4); 8 — рудоносные кварц-сидерит-турмалиновые жилы; 9 — штольни; концентрации элементов: 10 — Au 3,0–10,0 г/т, Bi 0,3–0,8%, W 1,0–3,0%, Cu 3,0–10%, 11 — Bi 0,1–0,29%, W 0,1–0,9%, Cu 1,0–2,9%, 12 — Au 1,0–2,9 г/т, Bi 0,03–0,09%, W 0,03–0,09%, Cu 0,3–0,9%

турмалинового составов. Основные жилы — Главная и Поднадвиговая, полезные компоненты — Au, Bi, W, Cu, Ag, Pb, Zn.

На месторождении выделяются три минеральные ассоциации: пирит-магнетитовая с шеелитом, кварцем, пирротинном, анкеритом, молибденитом (400–330°C); золото-кварц-турмалин-халькопирит-висмутинная с вольфрамитом, пиритом, арсенопиритом, кобальтином, халькопиритом (325–200°C);

сидерит-сульфовисмутит-полиметаллическая (линдстремит, айкинит, козалит, гладит, галенобисмутит, густавит, теллуриды висмута, галенит, сфалерит, халькопирит) (280–150°C) [7]. Первая ассоциация выполняет зальбанды и тыловую зону рудных жил, вторая занимает промежуточное положение, третья приурочена к осевой части. Вольфрамовая минерализация (шеелит, вольфрамит) связана с первыми двумя ассоциациями. Самородное золото образует

тонкодисперсные и субмикроскопические выделения в пирите, халькопирите, арсенопирите, висмутовых минералах (>20 г/т).

Геохимический спектр руд Мироновского месторождения: Au, Bi, W, Cu, Ag, Pb, Zn, Cd, As, Sb, Sn, Mo, Fe, Co, Ni, Cr, Mn, Ti, V, Ga, Ge, Tl, Te, In и др. Средние содержания элементов в Главной жиле: Au 2,1 г/т, Bi 0,17%, W 0,20%, Cu 1,66%, Ag 38,1 г/т, Pb 0,83 г/т, Zn 0,40%, As 0,12%, Co 0,024%, Sb 0,012%, Mo 46 г/т. Наиболее часто встречающиеся концентрации: Bi 0,06–0,2%, Au 0,6–3,3 г/т, W 0,06–0,2%, Cu 0,33–1,9%, Ag 10,6–105 г/т, Pb 0,1–1,9%, Zn 0,35–1,1%, As 0,06–0,6%. В бананцах содержания элементов достигают: Au 15–20 г/т, Bi и W 1,5%, Cu 6–9%, Ag 300–500 г/т, Pb 15%, Zn и As 4–6%, Co 0,45%, Sb 0,28%, Mo 0,12% [8].

Распределение полезных компонентов в рудных телах линейно-полосчатое, струйчатое, зональное. Обогащенные участки (рудные столбы) склоняются на запад согласно с залеганием интрузивного массива. Рудные столбы Au и Bi тяготеют к верхним, реже средним горизонтам, W и Cu к средней и корневой частям жил. Отношение W/Au в Главной жиле увеличивается с глубиной от $2 \cdot 10^2$ до $2 \cdot 10^4$. Осевая геохимическая зональность Главной жилы (снизу вверх): W – Cu – Zn, Pb, Ag – Mo – As – Co, Bi, Au – Sb. Вертикальная минеральная зональность: шеелит, вольфрамит – халькопирит – сфалерит, галенит – молибденит – арсенопирит – кобальтин, самородное золото – сульфиды и сульфосоли висмута.

Таким образом, разноглубинные золото-вольфрамовые месторождения объединяет ряд общих признаков. К ним относятся длительное формирование при ведущей роли заключительных стадий тектономагматических циклов среднего и позднего палеозоя, связь с сутурами и шовными зонами, отчетливое выражение в геофизических полях (магнитном, силы тяжести, гамма-спектрометрии), разнообразие гидротермальных изменений (калишпатиты, грейзены, гумбеиты, березиты-листвениты, серицитолиты, пропициты, на отдельных объектах скарны, турмалиниты, аргиллизиты), изменчивый спектр минеральных и геохимических ассоциаций. Вертикальный диапазон развития месторождений (идеализированная рудно-магматическая колонна) составляет не менее 4–5 км. Максимальным разнообразием промышленных и минеральных типов руд характеризуются мезотермальные золото-вольфрамовые месторождения тыловой части колонны. Вольфрамовая минерализация предшествует концентрации Au или образует с ним единые продуктивные ассоциации. В рядах геохимической зональности вольфрам занимает преобладающую

нижне-среднерудную позицию, золото — средне-верхнерудную. С Au и W ассоциируют As, Bi, Ag, Cu, Mo, на некоторых месторождениях Sn, Sb, Te, Pb, Zn, Co и др. При прогнозной оценке золоторудных и редкометалльных поясов Центральной Азии важно учитывать индивидуальные особенности эталонных объектов. Мезотермальные месторождения эндо- и экзоконтактной зоны перспективны на комбинированный джилаоский тип оруденения (скарны, штокверки). Многотоннажные месторождения золота в черносланцевых толщах (надинтрузивная и удаленно интрузивная зоны) заслуживают внимания как крупные источники вольфрама (Мурунтау, Кумтор). Нетрадиционное слабо исследованное железоокисно-золото-медно-редкометалльное месторождение Таскудук, ассоциирующее с офиолитами и коллизионными гранитами, представляет интерес как полиформационный объект, несущий черты нескольких промтипов (золото-медно-железорудный скарновый, золоторудный штокверковый, редкометалльный штокверковый, Au-Cu-Mo-порфиновый). Потенциал гипабиссальных золото-вольфрамовых объектов (Степнякский район в Казахстане) может возрасти при переводе сближенных систем жил в более перспективную крупнообъемную категорию (минерализованные зоны, штокверки). Развитие проблемы геологии золото-редкометалльных месторождений предполагает моделирование эталонов, обоснование нетрадиционных источников минерального сырья, выходы на новые перспективные площади.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аникин С.И.* Геология и минералого-геохимические особенности золото-теллур-редкометалльного оруденения в углеродистых толщах венда Кумторского рудного поля (Срединный Тянь-Шань): Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – Бишкек, 1992.
2. *Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии // Золоторудные месторождения СССР.* М., 1986. Т. 2.
3. *Золоторудное месторождение Мурунтау / Под ред. Т.Ш.Шаякубова.* – Ташкент: ФАН, 1998.
4. *Курбанов Н.К.* Геолого-генетические модели формирования золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах // Рудоносность осадочных комплексов. Л., 1988. С. 138–147.
5. *Месторождение Джилао / А.Б.Дзайнуков, А.А.Николов, Б.Я.Вихтер и др. // Золоторудные месторождения СССР.* М., 1986. Т. 2. С. 217–222.
6. *Металлогения Казахстана. Рудные формации. Месторождения руд золота.* – Алма-Ата: Наука, 1980.

7. Минцер Э.Ф., Нечелюстов Г.Н., Манучарянц Б.О. Висмутовое оруденение Мироновского месторождения // Геология рудных месторождений. 1976. № 4. С. 30–41.
8. Рафаилович М.С. Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели. – Алматы: Тип. «Комплекс», 2009.
9. Рафаилович М.С., Голованов И.М., Федоренко О.А., Никоноров В.В. Геолого-геохимические особенности гигантских месторождений золота в черных сланцах Центральной Азии // Поисковая геохимия: теоретические основы, технологии, результаты. Алматы, 2004. С. 67–83.
10. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала. – Екатеринбург: УГГА, 1999.
11. Cole A., Wilkinson J.J., Serenko T.J. Geological characteristics, tectonic setting and preliminary interpretations of the Jilau gold-quartz vein deposit, Tadjikistan // Mineralium Deposita. 2000. Vol. 35. P. 600–618.
12. Gold, silver and copper deposits of Uzbekistan. Excursion guidebook / T.Shayakubov, F.Islamov, A.Kremenetsky, R.Seltmann (Eds.). – Potsdam, 1999.
13. Hydrothermal iron oxide-copper-gold and related deposits: a global perspective. Vol. 1, 2. / T.M.Porter (Ed). – Adelaide, Australia. Australian Mineral Foundation, 2000.
14. Paleozoic geodynamics and gold deposits in the Kyrgyz Tien Shan. Excursion guidebook / R.Seltmann, R.Jenchuraeva (Eds.). – London, 2001.
15. Yakubchuk A.S., Cole A., Seltmann R., Shatov V.V. Tectonic setting, characteristics and regional exploration criteria for gold mineralization in the Altaid orogenic collage: the Tien Shan province as a key example // Society of Economic Geologists. Special Publication. 2002. № 9. P. 177–201.

ДИСКУССИИ

УДК 553.411 (571.5/6)

© Л.А.Остапенко, 2012

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПАРАГЕНЕЗИСА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОЙ ФОРМАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОЛЫМЫ

Л.А.Остапенко (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

На примере руд трех месторождений показано, что значения индикаторных геохимических отношений Au/Ag и Pb/Zn в вертикальном разрезе характеризуют изменения соотношений минералов золото-полиметаллического парагенезиса. Предложена модельная схема распределения золото-полиметаллического парагенезиса в вертикальном разрезе жил на объектах золото-кварцевой формации с выделением различных уровней оруденения.

Ключевые слова: месторождения золото-кварцевой формации, вертикальная зональность, золото-полиметаллический парагенезис, самородное золото.

Остапенко Людмила Анатольевна, lud-ost@mail.ru

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL INDICATIONS OF THE VERTICAL ZONAL PATTERN INHERENT IN Au-BASE METAL ASSEMBLAGE OF THE GOLD-QUARTZ STYLE DEPOSITS, CENTRAL KOLYMA AREA, RUSSIA

L.A.Ostapenko

As demonstrated, variations in the indicator Au/Ag and Pb/Zn ratios observed within the vertical span of the mineralized zones correlate with those in proportions of mineral components of the Au-base metal assemblage. A model scheme of the Au-base metal assemblage distribution in a vertical span of auriferous veins is introduced, and characteristic vertical levels of mineralization are delineated.

Key words: Au-quartz style, gold deposit, vertical zonal pattern, Au-base metal assemblage, native gold.

Минералого-геохимическая зональность на месторождениях может позволить с большой степенью вероятности уже на ранних стадиях геолого-разведочных работ прогнозировать уровень эрозионного среза и возможный вертикальный размах оруденения. На месторождениях золото-кварцевой формации Центральной Колымы неоднократно предпринимались попытки выявления вертикальной зональности многими исследователями [4–8, 15, 16 и др.]. При этом изучались закономерности изменения с глубиной минеральных ассоциаций, отношения Au/Ag, типоморфизма самородного золота, сульфидов и кварца, интенсивности гидротермальных изменений вмещающих пород, строения рудовмещающих структур. Но поскольку на месторождениях золото-кварцевой формации контрастная зональность отсутствует, до настоящего времени не удалось установить универсальные критерии минералого-геохимической зональности, по которым можно было бы с большой долей вероятности определять вертикальный размах и уровень эрозионного среза объекта на начальных стадиях изучения.

Объекты золото-кварцевой формации Северо-Востока России характеризуются поразительным

однообразием минерального состава на всей территории (П.Н.Скорняков, 1951 г.). Гидротермальный процесс протекал длительное время, в идентичной последовательности [12]. При сходстве составов разновременных минеральных агрегатов и повторяющейся последовательности их образования в многоэтапном процессе существенно меняются только соотношения тех или иных парагенезисов в объеме жил и прожилков, что обусловлено различной интенсивностью проявления той или иной стадии гидротермального процесса на конкретной площади. Отложение золота происходило в одну (золото-полиметаллическую) стадию в конце гидротермального минералообразования. Золото накладывалось на все более ранние жильно-прожилковые образования, вмещающие породы, зоны дробления и вкрапленные сульфиды. Объем минеральных агрегатов золото-полиметаллической стадии крайне незначителен и составляет не более десятых, а то и сотых долей процента от общего объема жильно-прожилкового материала.

Для большинства золото-кварцевых объектов характерно телескопирование в одних и тех же тектонических структурах ранних минеральных парагенезисов более поздними. Минеральные парагене-

зисы золото-полиметаллической стадии, несмотря на незначительный объем, имеют значительно более широкое площадное распространение на большинстве объектов, чем многие более ранние парагенезисы [13]. На некоторых объектах отмечается локализация продуктивного парагенезиса в секущих структурах. Поэтому использование параметров валового состава, или соотношения минералов, включающих разновременные парагенезисы, для определения зональности месторождений не может быть универсальным.

В настоящей работе предпринята попытка выявления скрытой вертикальной минералого-геохимической зональности распределения собственно золото-полиметаллического парагенезиса на трех месторождениях Центральной Колымы — Наталкинском, Дегдекан, Снежном.

Основными рудными минералами продуктивного парагенезиса являются галенит, сфалерит, арсенипирит и самородное золото. В подчиненных количествах присутствуют пирит и халькопирит. Редко (или локально на отдельных участках) встречаются блеклые руды, сульфосоли серебра и свинца. Количество кварца в составе минеральных агрегатов данной стадии редко составляет до 50% новообразований. Состав минеральных агрегатов продуктивного парагенезиса в каждой точке может быть как мономинеральным, так и полиминеральным, в различных сочетаниях. Наиболее часто исследователями для определения минералогической зональности изучаются типоморфные особенности самородного золота, наиболее значимые из которых — морфология выделений и состав.

Особенностью самородного золота является многообразие форм его выделений, которые отражают условия образования [14]. Соотношение основных морфологических типов самородного золота неодинаково не только в рудах разных формаций, но и в рудах одного месторождения. Оно зависит от структурно-морфологических типов минерализации, структуры и минерального состава вмещающего агрегата, а также от способа отложения золота [11].

Среди кристаллических индивидов самородного золота в рамках решения вопроса вертикальной зональности наибольший интерес представляют дендриты (дендритоиды), удлиненные кристаллы с удлинением 1:5 и более (палочковидные, нитевидные, ленточные, скипертовидные), а также скелетные кристаллы. Дендриты и дендритоиды формируются при значительном пресыщении растворов. Росту удлиненных кристаллов благоприятствуют высокое пресыщение растворов [2] и резкие перепады давления [14]. Рост скелетных метасоматиче-

ских кристаллов золота происходит, когда на границе растворения возникает микрозернистый материал реликтов первичных минералов, уплотняющийся при росте и затрудняющий диффузию компонентов раствора к граням растущих кристаллов [1]. Таким образом, данные морфологические разновидности кристаллов самородного золота образуются в условиях резких перепадов температуры, давления, Eh, pH и концентраций растворов, что характерно для близповерхностного рудообразования. Значительная доля таких морфологических разновидностей в общем объеме самородного золота может свидетельствовать о небольшом уровне эрозионного среза исследуемого объекта (Р.А.Амосов, 1975 г.).

Проба самородного золота на месторождениях золото-кварцевой формации колеблется в широких пределах. На некоторых месторождениях разница между максимальными и минимальными значениями составляет до 300–400%. Содержание серебра в самородном золоте зависит от температуры, состава и параметров Eh–pH гидротермальных растворов, минерального состава вмещающей среды, способа массообмена между гидротермальным раствором и вмещающей средой (диффузионного или инфильтрационного). Поэтому причины изменения пробы самородного золота на месторождениях, по-видимому, множественны, а выделение доминирующей среди них достаточно проблематично.

Считается, что на большинстве месторождений золото-кварцевой формации проба самородного золота с глубиной закономерно возрастает [14], но для многих месторождений отмечается и обратная закономерность [9, 16 и др.]. При этом на разных этапах изучения одного месторождения исследователи иногда получают противоположные результаты. Так, при прослеживании пробы золота на глубину до 500 м Наталкинского месторождения она уменьшалась [3–5]. А для Омчакского рудно-россыпного узла, к которому приурочено месторождение, средняя шлиховая проба золота с увеличением эрозионного вреза возрастала при вертикальном размахе гипсометрических отметок локальных россыпей 170 м [11]. В последние годы на Наталкинском месторождении (прослеженный вертикальный размах оруденения ~800 м) было отмечено увеличение пробы самородного золота с глубиной [8]. Приведенные факты свидетельствуют о том, что проба самородного золота на месторождениях золото-кварцевой формации может как увеличиваться, так и уменьшаться с глубиной.

Предполагается, что золоторудные растворы были обеднены серой, и парагенные с золотом сульфиды кристаллизовались только в тех участ-

ках, где сера поступала в раствор при растворении ранних сульфидов [10]. Арсенопирит и пирит в виде включений мелких переотложенных кристаллов образуются также при замещении ранних сульфидов галенитом и сфалеритом. Поэтому использование абсолютных значений содержания сульфидов полиметаллов (галенита и сфалерита) для определения зональности не совсем корректно. Логичнее в этих целях рассматривать характеризующее их индикаторное геохимическое отношение Pb/Zn .

Изменение с глубиной содержания галенита и сфалерита в рудах месторождения Наталкинское ранее отмечалось (Б.О.Иванюк, 1982 г.), но такие изменения рассматривались в общем объеме суммарных содержаниях всех разновременных рудных минералов (рис. 1). При характеристике рудных зон, расположенных на различных гипсометрических уровнях месторождения Снежное, в составе продуктивного парагенезиса прослежена четкая вертикальная зональность (В.К.Политов и др., 2000 г.). На верхнем уровне резко преобладал галенит, на среднем — сфалерит, на нижнем — в значительных количествах зафиксированы парагенные самородному золоту арсенопирит и пирит.

На объектах золото-кварцевой формации гидротермальное минералообразование протекало в условиях поднятия и денудации, приведших к тому, что формирование золоторудной минерализации, оторванное во времени от образования кварцевых жил и прожилков, происходило на существенно меньших глубинах [10], чем вмещающая ее кварцевая и сульфидная минерализация. Возможно, именно поэтому в вертикальной закономерности распределения сульфидов полиметаллов прослеживается аналогия с зональностью, характерной для близповерхностных полиметаллических и серебро-полиметаллических месторождений со сменой сверху вниз преобладания минералов $Pb \rightarrow Zn \rightarrow Fe$.

Для определения соотношения минералов рудного парагенезиса нами на разных гипсометрических уровнях отобраны протолочные пробы жильно-прожилкового материала, в которых определены содержания рудных элементов и рассчитаны индикаторные геохимические отношения Au/Ag и Pb/Zn (табл. 1). Корреляционный анализ полученных данных (табл. 2) показал значимые положительные связи между гипсометрическим уровнем отбора пробы и Pb/Zn (коэффициент корреляции 0,65) для Наталкинского месторождения и Au/Ag (коэффици-

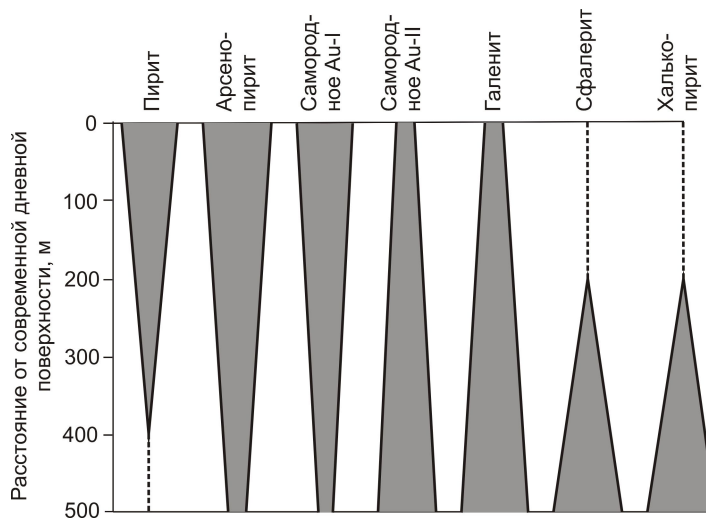


Рис. 1. Вертикальная зональность распределения рудных минералов на месторождении Наталкинское, по Б.О.Иванюку, 1982 г.

ент корреляции 0,77) для месторождения Дегдекан. На всех исследованных месторождениях при графических построениях намечается тренд уменьшения с глубиной Pb/Zn (рис. 2), для Au/Ag на месторождении Снежное он противоположный (рис. 3).

Распределение в рудах сульфидов полиметаллов, как и самородного золота, крайне неравномерное, гнездовое, а состав минеральных агрегатов продуктивного парагенезиса, как отмечалось выше, может быть мономинеральным или полиминеральным с некоторым разделением в пространстве. Так, в жильно-прожилковых образованиях нередки случаи, когда сфалерит замещает гнезда карбоната, галенит развивается по трещинам в кварце, а самородное золото приурочено к реликтовым пластинкам вмещающих пород при общей системе подводящих микротрещин. Для минимизации влияния такой неоднородности можно использовать усредненные значения геохимических отношений для выборок проб, отобранных на близких гипсометрических уровнях. Оптимально было бы группировать данные по пробам, отобранным на одном горизонте (штольни или шахты). Но в последние годы разведка месторождений ведется при помощи бурения, в результате чего рудные тела вскрываются на различных уровнях. Желательно, чтобы вертикальный размах объединяемого интервала не превышал 50–70 м.

Тренды изменения с глубиной индикаторных отношений, усредненных для сгруппированных проб, проявляются более отчетливо (табл. 3; см. рис. 2, 3). При этом недостаточная выборка проб не позволяет на данном этапе исследования считать проявившуюся тенденцию четко определенной

1. Содержания* рудных элементов и их отношения в протоколных пробах жильного материала

Место-рождение	Абсолютная отметка места отбора пробы, м	Au, г/т	Ag, г/т	As, %	Pb, %	Zn, %	Pb+Zn, %	Au/Ag	Pb/Zn
Наталкинское	1090	2,55	1,37	0,14	0,005	0,003	0,008	1,86	1,67
	1075	39,17	11,55	0,50	0,004	0,004	0,008	3,29	1,00
	1025	6,31	1,91	0,77	0,005	0,003	0,008	3,30	1,67
	945	20,31	6,62	0,52	0,005	0,004	0,009	3,07	1,25
	920	9,00	3,92	0,63	0,007	0,002	0,009	2,30	3,50
	630	78,19	26,32	0,44	0,006	0,014	0,020	2,97	0,43
	625	86,72	28,17	0,85	0,003	0,088	0,091	3,08	0,03
	625	253,52	77,84	0,63	0,012	0,019	0,031	3,26	0,63
	615	0,81	0,35	0,12	0,001	0,001	0,002	2,31	1,00
	600	0,28	0,80	0,92	0,006	0,024	0,030	0,35	0,25
	600	1,14	1,81	1,84	0,003	0,008	0,011	0,63	0,38
	600	85,30	25,57	0,60	0,005	0,016	0,021	3,34	0,31
	600	24,17	29,65	2,58	0,016	0,036	0,052	0,82	0,44
600	30,33	9,64	1,21	0,008	0,009	0,017	3,15	0,89	
Дегдекан	930	60,76	15,78	0,15	0,225	0,149	0,374	3,85	1,51
	890	97,90	29,30	0,20	0,021	0,005	0,026	3,34	4,20
	890	14,18	3,16	0,19	0,039	0,007	0,046	4,49	5,57
	880	23,66	12,96	3,84	0,532	0,344	0,876	1,83	1,55
	880	16,74	4,23	1,24	0,047	0,006	0,053	3,96	7,83
	875	6,71	1,84	0,09	0,015	0,002	0,017	3,65	7,50
	861	19,47	5,65	0,40	0,014	0,006	0,020	3,45	2,33
	860	5,69	2,32	0,10	0,010	0,003	0,013	2,45	3,33
	850	1,93	0,86	0,27	0,009	0,003	0,012	2,24	3,00
	819	1,99	0,69	0,48	0,008	0,009	0,017	2,88	0,89
	816	10,92	3,59	0,32	0,019	0,003	0,022	3,04	6,33
	810	14,92	7,44	0,26	0,298	0,232	0,530	2,00	1,24
	810	12,74	9,93	0,06	0,682	0,073	0,755	1,28	9,34
	810	4,11	2,01	1,87	0,168	0,085	0,253	2,04	1,98
	805	5,77	2,09	0,26	0,020	0,008	0,028	2,76	2,50
	770	0,89	0,68	0,05	0,006	0,004	0,010	1,31	1,50
	767	0,19	0,30	0,25	0,006	0,001	0,007	0,63	6,00
	760	0,18	0,78	0,30	0,018	0,007	0,025	0,23	2,57
	745	0,57	1,41	0,22	0,018	0,010	0,028	0,40	1,80
744	2,44	0,92	0,12	0,010	0,004	0,014	2,65	2,50	
742	5,17	2,20	0,02	0,018	0,007	0,025	2,35	2,57	
735	0,11	0,31	0,61	0,005	0,005	0,010	0,35	1,00	
725	0,44	0,60	0,13	0,021	0,005	0,026	0,73	4,20	
Снежное	1120	0,93	17,54	1,07	0,314	0,007	0,321	0,05	44,86
	1100	0,13	0,55	0,04	0,008	0,004	0,012	0,24	2,00
	900	4,79	2,47	0,05	0,020	0,006	0,026	1,94	3,33

* Содержания определялись в отделе аналитических исследований ЦНИГРИ (Au, Ag, Pb и Zn — атомно-абсорбционным, As — фотометрическим методами анализа).

2. Корреляционные матрицы состава протоочных проб жильного материала

	Абсолютная отметка	Au	Ag	As	Pb	Zn	Pb+Zn	Au/Ag	Pb/Zn
<i>Месторождение Наталкинское</i> (число определений 14; уровень значимости 0,05; критическое значение 0,55)									
Абсолютная отметка	1,00								
Au	-0,30	1,00							
Ag	-0,37	0,96	1,00						
As	-0,42	-0,13	0,09	1,00					
Pb	-0,22	0,38	0,58	0,58	1,00				
Zn	-0,42	0,29	0,37	0,29	0,12	1,00			
Pb+Zn	-0,45	0,34	0,45	0,38	0,28	0,99	1,00		
Au/Ag	0,27	0,45	0,32	-0,55	-0,17	-0,03	-0,06	1,00	
Pb/Zn	0,65	-0,31	-0,35	-0,31	-0,04	-0,51	-0,50	0,13	1,00
<i>Месторождение Дегдекан</i> (число определений 23; уровень значимости 0,05; критическое значение 0,48)									
Абсолютная отметка	1,00								
Au	0,61	1,00							
Ag	0,57	0,96	1,00						
As	0,25	0,04	0,17	1,00					
Pb	0,23	0,17	0,39	0,46	1,00				
Zn	0,31	0,23	0,39	0,69	0,75	1,00			
Pb+Zn	0,27	0,20	0,42	0,57	0,97	0,88	1,00		
Au/Ag	0,77	0,45	0,33	-0,03	-0,10	-0,02	-0,08	1,00	
Pb/Zn	0,22	0,03	0,06	-0,18	0,19	-0,27	0,04	0,24	1,00

закономерностью. Необходимо также обратить внимание на то, что нельзя отождествлять изменение Au/Ag с изменением пробы самородного золота в рудах, так как серебро, помимо концентрации в самородном золоте, содержится в галените в виде

изоморфной примеси или мелких включений собственных минералов (сульфидов, сульфосолей).

Корреляционным анализом состава протоочных проб жильного материала для месторождений Наталкинское и Дегдекан (см. табл. 2) установлены

3. Средние содержания рудных элементов и их отношения в протоочных пробах жильного материала по объединенным в вертикальном разрезе интервалам

Месторождение	Прослеженный вертикальный размах оруденения, м	Вертикальный интервал опробования, м	Число определений	Средние значения							
				Абсолютная отметка интервала, м	Содержание элемента					Отношение содержаний	
					Au, г/т	Ag, г/т	As, %	Pb, %	Zn, %	Au/Ag	Pb/Zn
Наталкинское	400	1025–1090	3	1058	16,0	4,9	0,5	0,005	0,003	2,82	1,45
		920–945	2	933	14,7	5,3	0,6	0,006	0,003	2,69	2,38
		600–630	9	611	62,3	22,2	1,0	0,007	0,024	2,21	0,48
Дегдекан	205	870–930	6	891	36,7	11,2	1,0	0,147	0,086	3,52	4,69
		800–865	9	827	8,6	3,8	0,5	0,136	0,047	2,46	3,44
		725–770	8	749	1,3	0,9	0,2	0,013	0,005	1,08	2,77
Снежное	220	>1000	2	1110	0,5	9,1	0,6	0,161	0,006	0,15	23,43
		<1000	1	900	4,8	2,5	0,1	0,020	0,006	1,94	3,33

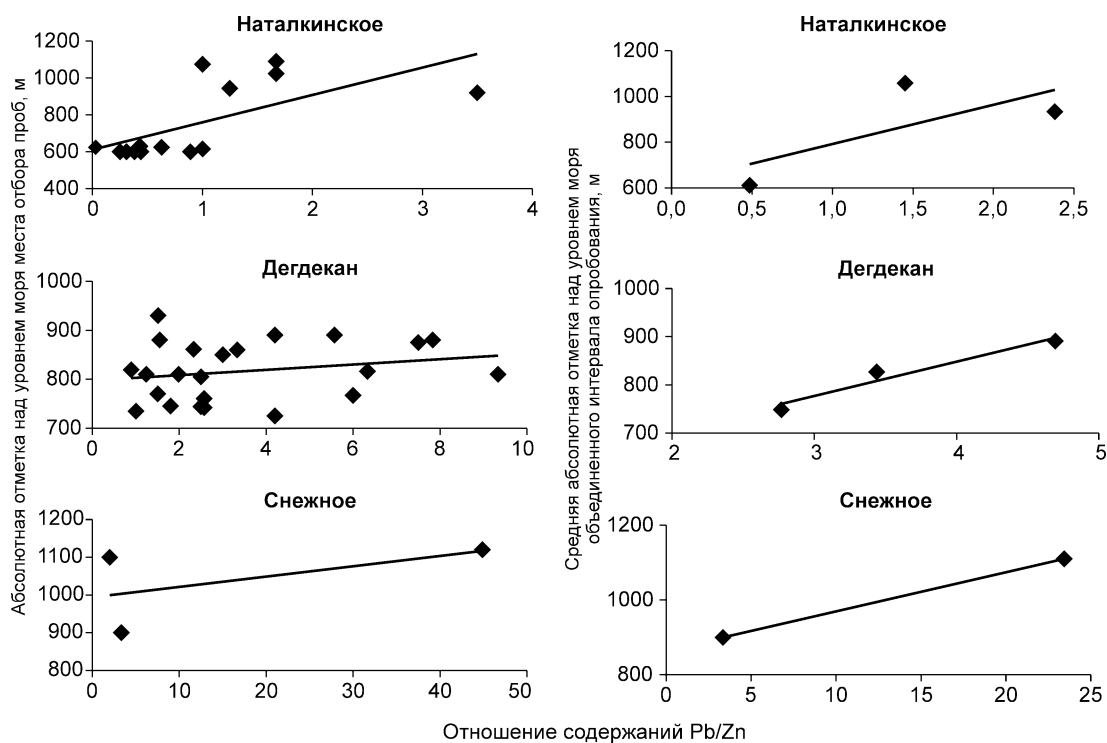


Рис. 2. Зависимость изменения Pb/Zn в пробах жильного материала от вертикального уровня места отбора

положительные связи между содержаниями в рудах As с Pb и Zn при отсутствии таковых с Au. Это косвенно подтверждает предположение о том, что галенит и сфалерит в составе рудного парагенезиса образуются только при наличии в рудах ранних сульфидов, так как концентрации As преимущественно обусловлены присутствием арсенопирита ранней генерации [10, 13]. Средние содержания As в пробах объединенных вертикальных интервалов увеличиваются с глубиной на Наталкинском месторождении и уменьшаются на месторождениях Дегдекан и Снежное (см. табл. 3).

Крупные месторождения с большим вертикальным размахом оруденения характеризуются отсутствием контрастной вертикальной минералогеохимической зональности [3, 8], что подтверждают и полученные в настоящей работе градиенты изменения индикаторных отношений (Гр-Au/Ag и Гр-Pb/Zn) на 100 м вертикального разреза (табл. 4), которые рассчитывались по формулам:

$$\text{Гр - Au/Ag} = \frac{\text{Au/Ag}_{\text{cp}}(\text{нижнего уровня}) - \text{Au/Ag}_{\text{cp}}(\text{верхнего уровня})}{h} \times 100 \text{ м,}$$

$$\text{Гр - Pb/Zn} = \frac{\text{Pb/Zn}_{\text{cp}}(\text{нижнего уровня}) - \text{Pb/Zn}_{\text{cp}}(\text{верхнего уровня})}{h} \times 100 \text{ м,}$$

где h — прослеженный в настоящих исследованиях вертикальный размах оруденения.

На месторождении Наталкинское с установленным вертикальным размахом оруденения ~800 м [8]

рассчитанные градиенты существенно ниже, чем на мелком месторождении Снежное с вертикальным размахом оруденения не более 250–300 м (см. табл. 4). Выявленные закономерности позволяют использовать подобные расчеты для определения вертикального размаха оруденения при изучении новых объектов.

На основании полученных фактических данных, анализа материалов предшественников и цепочки логических построений можно предложить идеализированную модельную схему с выделением пяти вертикальных уровней распределения продуктивной минерализации, характеризующихся определенными минералогеохимическими параметрами (рис. 4).

Надрудный уровень представлен геохимическим ореолом рассеяния Ag при наличии жильных (жильно-прожилковых) зон с отсутствием рудных концентраций Au. Отношение Au/Ag < 1, что, вероятно, обусловлено более длительным сохранением в гидротермальном процессе подвижности серебра по сравнению с золотом, вследствие чего серебром обогащаются верхние, периферийные и околорудные участки.

Верхний рудный уровень характеризуется резким увеличением значений Au/Ag, Pb/Zn >> 1. В составе рудного парагенезиса фиксируются самородное золото и галенит, количество которого воз-

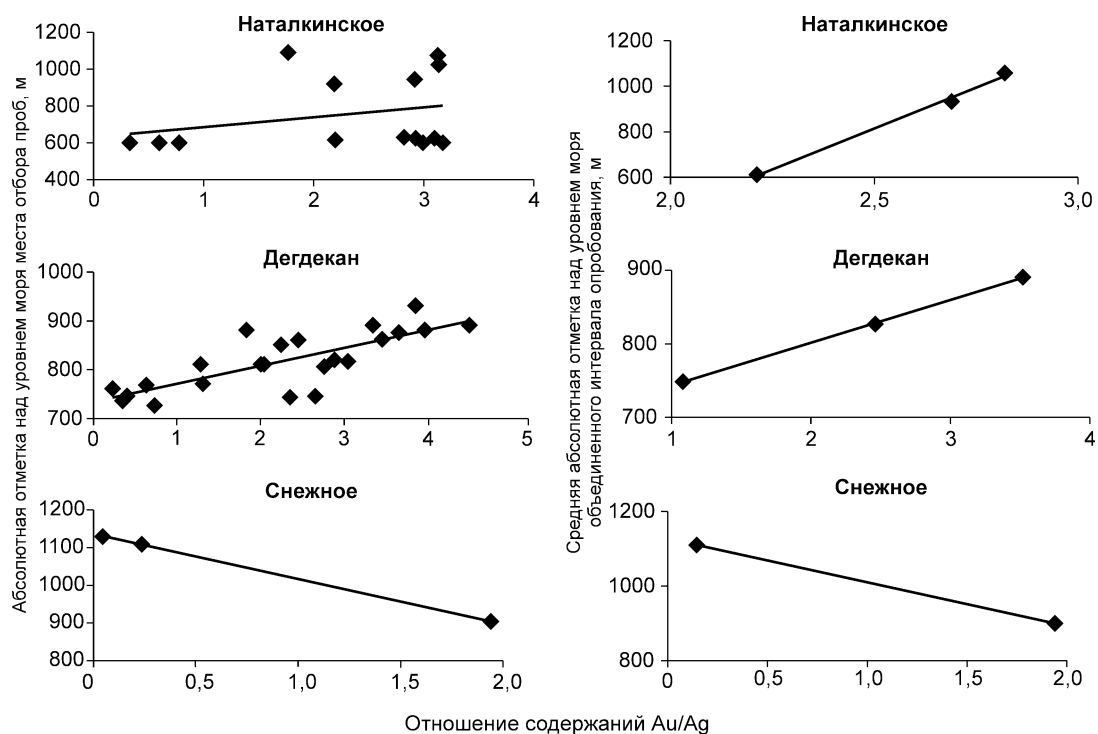


Рис. 3. Зависимость изменения Au/Ag в пробах жильного материала от вертикального уровня места отбора

растает с глубиной. Проба самородного золота возрастает, так как существенные количества серебра концентрируются в галените, а ореол околорудного геохимического рассеяния сокращается слабо.

Средний рудный уровень характеризуется выравниванием значения Au/Ag в контуре рудной зоны. В составе рудного парагенезиса количество галенита достигает максимума, появляется сфалерит, количество которого возрастает с глубиной. Отношение Pb/Zn ≥ 1 . Проба самородного золота, вероятно, достигает первого пика максимума, обусловленного концентрацией основной доли серебра в галените.

Нижний рудный уровень характеризуется уменьшением значений Au/Ag. В составе рудного парагенезиса среди сульфидов полиметаллов доминирует сфалерит. Отношение Pb/Zn < 1 . Проба самородного золота снижается из-за того, что серебро в результате резкого уменьшения в рудах галенита и существенного сужения геохимического ореола рассеяния концентрируется преимущественно в самородном золоте.

Корневой уровень характеризуется сменой изменения

отношений Au/Ag с убывания на возрастание. В составе рудного парагенезиса практически полностью отсутствует галенит. Отношение Pb/Zn $\ll 1$. Проба золота достигает второго пика максимума из-за дифференциации золота и серебра в гидротермальном процессе.

Таким образом, изменение пробы самородного золота в вертикальном разрезе может менять направление тренда, предположительно достигая максимумов в центральном и корневом уровнях развития оруденения.

По значению средних отношений Pb/Zn статистически достаточного количества проб, отобранных с близких гипсометрических уровней, вероятно, возможно определение уровня развития оруденения. Средний рудный уровень характеризуется значениями данного отношения близкими к 1.

4. Градиенты изменения с глубиной индикаторных геохимических отношений

Месторождение	Вертикальный размах оруденения, м		Градиенты	
	по данным ГРП	прослеженный в настоящей работе	Au/Ag	Pb/Zn
Наталкинское	~800	400	-0,14	-0,34
Дегдекан		205	-1,19	-0,94
Снежное		220	8,14	-9,14

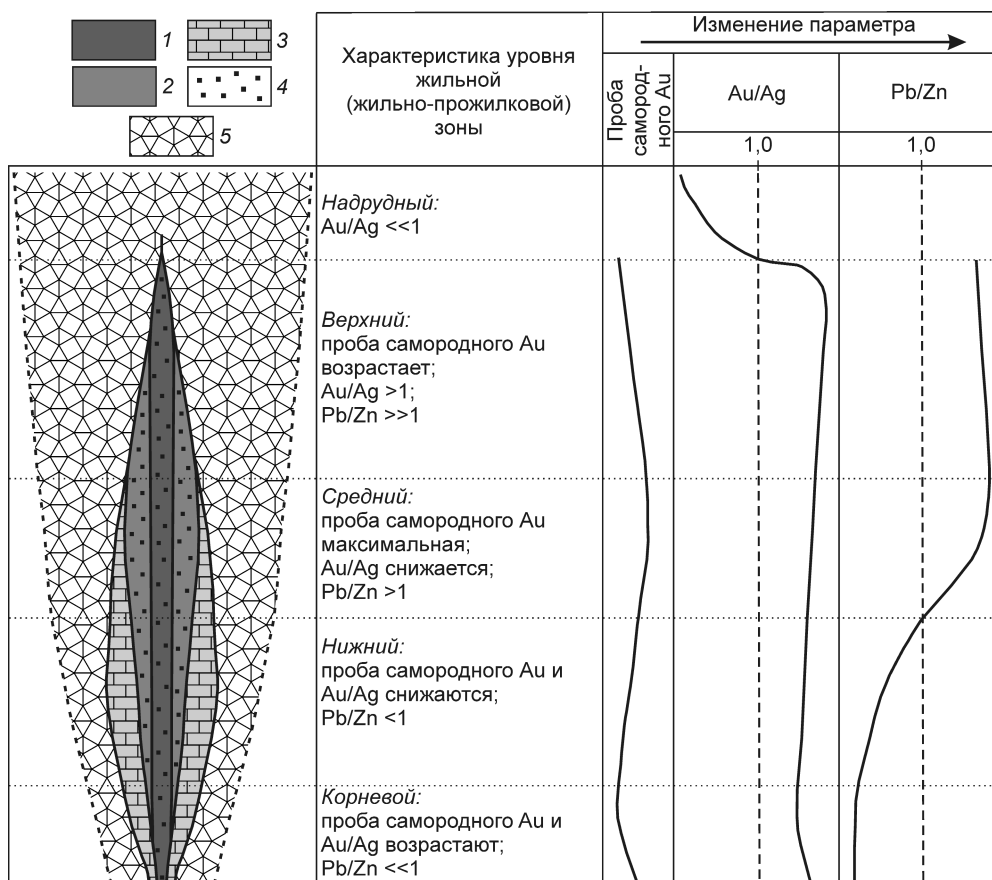


Рис. 4. Модельная схема распределения золото-полиметаллического парагенезиса в вертикальном разрезе жил (жильно-прожилковых зон) на объектах золото-кварцевой формации:

распределение минералов: 1 — самородного золота, 2 — галенита, 3 — сфалерита; распределение серебра: 4 — концентрирование в минералах, 5 — геохимическое рассеяние

Чем больше вертикальных размах оруденения на месторождении, тем ниже градиенты изменения индикаторных отношений Au/Ag и Pb/Zn, характеризующие вертикальные изменения в соотношениях и составах минералов золото-полиметаллического парагенезиса.

В заключение автор еще раз хочет обратить внимание, что предлагаемая модельная схема является идеализированной и, естественно, требует дальнейшего развития и уточнения путем увеличения статистики наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосов Р.А., Берман Ю.С. О скелетных кристаллах самородного золота из месторождений Северо-Востока // Минералы и парагенезисы минералов гидротермальных месторождений. Л., 1974. С. 122–129.
2. Амосов Р.А., Чувикина Н.Г. Нитевидные и проволоковидные кристаллы самородного золота // Тез. докл.

симпозиума «Минералогия и геохимия золота». Владивосток, 1974. Ч. I. С. 31–33.

3. Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. Наталкинское золоторудное месторождение. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002.
4. Иванюк Б.О. Состав самородного золота и черты эндогенной зональности месторождений Омчакского узла // Колыма. 1980. № 3.
5. Иванюк Б.О. О составе рудообразующих растворов, сформировавших месторождения золото-кварцевой формации // Колыма. 1981. № 3. С. 34–37.
6. Калинин А.И., Паньчев И.А. Геологическое строение и минералогия Ветренского золоторудного месторождения // Мат-лы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан, 1974. Вып. 21. С. 142–147.
7. Мирзаханов Г.С., Неменман И.С., Бердников Н.В. Рудно-метасоматическая зональность и флюидный режим формирования золото-кварцевое оруденения Худжах-Берелакского междуречья (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология. 1995. № 1. С. 62–77.

8. *Многофакторная* модель золоторудного месторождения Наталка / С.Ф.Стружков, М.В.Наталенко, В.Б.Чекваидзе и др. // Руды и металлы. 2006. № 3. С. 34–44.
9. *Нарсеев В.А.* Эндогенная зональность золоторудных месторождений Казахстана. – Алма-Ата: ОНТИ КазИМС, 1973.
10. *Остапенко Л.А.* Условия минералообразования на золоторудных месторождениях в терригенно-сланцевых толщах Центральной Колымы // Руды и металлы. 2008. № 6. С. 76–83.
11. *Остапенко Л.А.* Типоморфизм самородного золота на месторождениях золото-кварцевой формации Центральной Колымы // Руды и металлы. 2010. № 3. С. 25–39.
12. *Остапенко Л.А., Рыжов О.Б.* Особенности формирования золоторудной минерализации в ряде рудных полей Центрально-Колымского региона // Сборник трудов научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Ф.И.Вольфсона, 21–22 ноября 2007 г. М., 2007. С. 137–139.
13. *Остапенко Л.А., Рыжов О.Б.* Закономерности распространения разновременных минеральных образований на площадях Дегдеканского и Токичанского рудных полей (Магаданская область) // Мат-лы научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Ф.В.Чухрова, «Проблемы геологии рудных месторождений, минералогии, петрологии и геохимии», 22–24 апреля 2008 г. М., 2008. С. 162–164.
14. *Петровская Н.В.* Самородное золото. – М.: Наука, 1973.
15. *Степанов В.А.* Некоторые черты зональности золото-кварцевой формации Северо-Востока СССР // Колыма. 1986. № 9. С. 25–29.
16. *Степанов В.А.* Зональность золото-кварцевого оруденения Центральной Колымы (Магаданская область, Россия). – Владивосток: Дальнаука, 2001.

УДК 551.14 (571.5/6)

© Р.Ф.Данковцев, Г.С.Симкин, 2012

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННО-ПЛОТНОСТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛИТОСФЕРЫ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Р.Ф.Данковцев (ВИМС Роснедра Минприроды России), Г.С.Симкин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

На основе обработки локальных аномалий силы тяжести способом ГРАВИСКАН выявлена глубинно-плотностная инфраструктура Северо-Востока России и окружающих акваторий. Установлено, что Арктический, Охотско-Чукотский и Корякско-Камчатский интрузивно-вулканические пояса коррелируют с одноименными пологими протяженными зонами разуплотнения, которые в интервале глубин 100–150 км сходятся в единое линзовидное тело разуплотненных масс — астенолит. Вблизи раздела Мохо последний сменяется ареалами разуплотнения верхней мантии и выше переходит в зону коровых флюидно-магматических систем.

Ключевые слова: глубинно-плотностная инфраструктура, локальные гравиметрические аномалии, тело разуплотненных масс, интрузивно-вулканические пояса, полицикличность магматизма.

Данковцев Рафаэль Федорович, Симкин Герман Семенович, german-simkin@rambler.ru

MAIN FEATURES OF THE DEEP DENSITY LITHOSPHERIC INFRASTRUCTURE OF NORTH-EAST RUSSIA

R.F.Dunkovtsev, G.S.Simkin

The deep density lithospheric infrastructure of the North-East Russia and neighboring aquatories is determined by GRAVISKAN-manner on the base of a treatment of local gravity anomalies. It is established that the Arctic, Okhotsk-Chukotki and Koryak-Kamchatki volcanic-intrusive belts correlate with decompaction zones of the same name, which converge in the united lenticular body of decompression masses, i.e. astenolit, in the depth interval 100-150 m. This astenolit transformes into decompaction areas of the upper mantle and above goes into a zone of crustal fluid-magmatic systems near the MOHO surface.

Key words: deep density infrastructure, local gravity anomalies, body of decompression masses, volcanic-intrusive belts, polycyclic magmatism.

Рассматривается глубинное строение сферического слоя Земли до глубины 150 км между 56 и 80° с.ш. и 114 в.д. и 168° з.д. На основе обработки локальных аномалий силы тяжести в м-бе 1:10 000 000

способом ГРАВИСКАН [3, 4] впервые выявлена глубинно-плотностная инфраструктура Северо-Востока России и окружающих акваторий. Установлено, что Арктический, Охотско-Чукотский и Корякско-Кам-

чатский интрузивно-вулканические пояса отчетливо коррелируют с одноименными пологими протяженными (первые тысячи километров) концентрически-зональными щелевидными зонами разуплотнения (рис. 1–6). В интервале глубин 100–150 км они сходятся в единое линзовидное тело диаметром до 3000 км и общим объемом, превышающим сотни миллионов кубических километров. Это тело разуплотненных масс (ТРМ) интерпретируется как фронтальный интервал Верхояно-Чукотского астенолита, который вблизи раздела Мохо сменяется ареалами разуплотнения верхней мантии и выше переходит в зону коровых флюидно-магматических систем. Тело разуплотненных масс вписано в плотный конформный каркас, представленный консолидированной литосферой Сибирской платформы, Охотоморской, Тихоокеанской и Северо-Полярной плитами океанической коры.

Применяемый способ построен на обработке всех наблюденных значений поля силы тяжести в рамках выбранного масштаба. Он не предусматривает обязательное для других методов изучение геолого-геофизических параметров конкретных геологических тел, и поэтому исключает применение сложных вычислительных схем. Обработка по способу ГРАВИСКАН включает разделение наблюденного поля на разночастотные составляющие с выделением локальных составляющих и определение их глубинных уровней. Достаточными являются расчеты локальных составляющих на основе применения комбинаций круговых (Ю.Буланже) и кольцевых (Н.Мусаилов) палеток с переменными радиусами R_1 и R_2 ($R_1=1/3R_2$) и оценкой глубинных характеристик по формуле И.Г.Клушина, установление относительных глубин уровней трансформаций поля и корреляция равных значений силы тяжести между этими уровнями. При этом сначала исключается влияние локальных аномалий и находится региональный фон, затем вычисляются локальные аномалии как разность между суммарным исходным аномальным полем и региональным фоном.

В результате в компьютерном варианте создаются серии погоризонтных карт и разрезов локальных аномалий в изолиниях (в мгал). С допустимой долей условности (погрешность 12–15%) устанавливаются глубинные уровни карт локальных аномалий (гармоник), примерно кратные единице масштаба обрабатываемой карты наблюденного поля. При m -бе карты 1:2 500 000, при соответствии первой гармоники уровню поверхности, интервал между последующими сечениями-картами составляет около 25 км, достигая глубины 150 км. На картах и разрезах отрицательные и положительные аномалии выделены через нулевую изоли-

нию в сечениях кратных 5 мгал: ...-10...-5...0...+5...+10...

Интерпретация полученных данных производилась на основе модели теплопереноса, предполагающей подъем в физико-механически расслоенном вращающемся геоиде от раздела ядро–мантия стационарных постепенно эволюционирующих и сверхэнергоемких кумулятивных насыщенных водородом флюидно-тепловых потоков, прожигающих мантию и кору [7].

Продуктом стационарного флюидно-теплого потока является изометрично-линзовидное поликанальное ТРМ (-5...-55 мгал), подобное громадной чаше размером до 3000 км в поперечнике с пологими (15–25°) северными, южными, восточными и более крутыми западными краями. Дно чаши вскрывается только в краевых приподнятых частях. Так, ТРМ налегает на Северо-Полярную, Тихоокеанскую и Охотоморскую плиты, где сверхплотные ($\geq +5$ –20...100 мгал и более) массы практически выходят на поверхность акваторий. Характерно торцевое соотношение ТРМ с литосферой Алданского щита и юга Сибирской платформы.

Тело разуплотненных масс прослеживается на запад и восток за пределы указанного слоя. На западе оно на глубине ~100 км погружается под Сибирскую платформу, на востоке вдоль приподнятого раздела Мохо налегает на Тихоокеанскую плиту. «Днище» ТРМ и подводящие каналы опущены глубже уровня -150 км. Об этом свидетельствуют общая морфология ТРМ и наличие срезов концентрически-зональных каналов-максимумов дефицита массы (≤ -25 мгал) на горизонтальном плане -150 км. Западный максимум соответствует Сунтар-Хаятинскому, восточный — Пегтымельскому (Анадырскому) подводящим каналам. По мере продвижения к поверхности пологие подводящие каналы ветвятся, фиксируя «корни» гранитоидных поясов.

Центральная часть чашеобразного ТРМ заполнена фрагментами (до 650 км) консолидированной литосферы — Верхояно-Колымо-Омолонским, Лаптевоморско-Восточно-Сибирско-Чукотским срединными массивами, Майнским блоком и разновеликими обломками коры и верхней мантии. Тело разуплотненных масс разделено вышеуказанными бескорневыми блоками (+5...+25 мгал) на Северную, Охотскую и Камчатскую узкие «щели» мощностью вблизи поверхности до 150–250 км.

Северный выход ТРМ протяженностью ~2500 км и шириной 200–250 км отмечается на поверхности (акватории). Воздымающееся к северу ТРМ зажато между сверхплотной (+65...+130 мгал) Северо-Полярной плитой и плотным (+5...+25 мгал) бес-

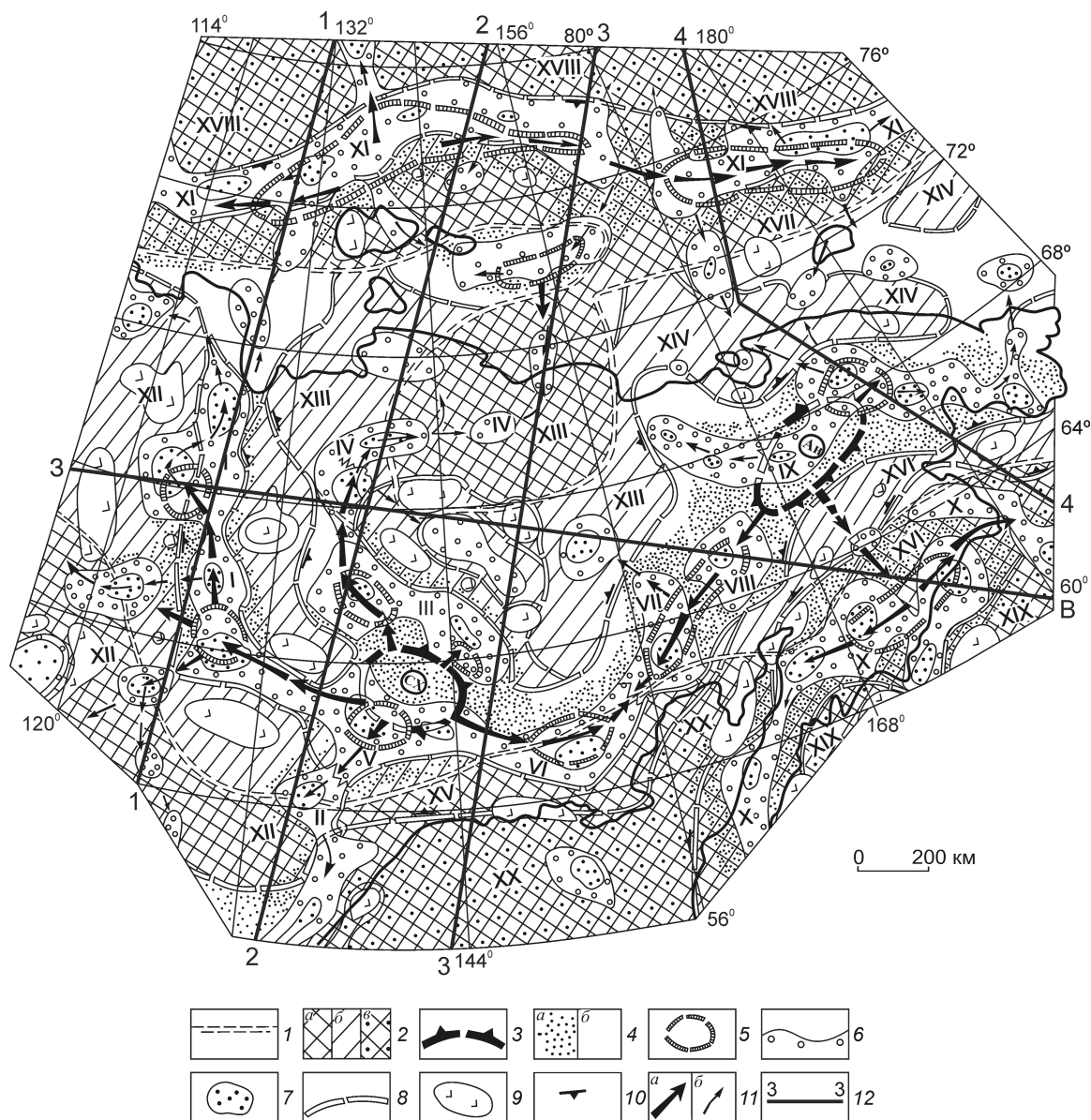


Рис. 1. Схема глубинного геологического строения литосферы Северо-Востока России на плотностной основе:

1 — границы предполагаемого астенолита (<-5...-24 мгал) на глубине 150 км; 2 — верхняя мантия (а — стандартной плотности (>+5...+20 мгал) с консолидированной континентальной корой, б — разуплотненные бескорневые останцы нижней коры и верхней мантии, в — океаническая кора на высокоплотной верхней мантии (>+25...+110 мгал); 3 — центры дефицита плотности (≤-25...-55 мгал) астенолита на глубине -150 км; 4 — ареалы разуплотнения на глубине -50 км (а — интенсивностью ≤-5...-20 мгал, б — их периферические зоны (≤0...-5 мгал); 5 — очаги дефицита плотности (≤-20...-30 мгал) на уровне -50 км; 6 — области разуплотнения на уровне -25 км (≤-5...-10 мгал), 7 — их центры; 8 — корово-мантийные зоны повышенной проницаемости; 9 — зоны экстремально высокого избытка масс (>15-20 до 90 мгал и более) в верхней коре (ультрабазиты?); 10 — направление наклона поверхности повышенной проницаемости; 11 — генеральное направление флюидно-теплового потока (а — на подкоровом, б — на коровом уровнях); 12 — линии разрезов и их номера; *магматические системы и пояса*: I — Приленский, II — Южно-Верхоянский, III — Главный батолитовый, IV — Северный батолитовый интрузивно-вулканические пояса, V — Куйдусунская, VI — Буондинская (Тауйская) интрузивно-вулканические системы, VII — Омолонская, VIII — Олойская вулканоплутонические системы, IX — Пегтымельская, X — Корякско-Тихоокеанская (Пенжино-Камчатская) интрузивно-вулканические системы, XI — Арктический интрузивно-вулканический пояс; *блоки континентальной коры*: XII — Сибирская платформа, XIII — Верхояно-Колымо-Омолонский, XIV — Чукотский, XV — Охотский, XVI — Майнский, XVII — Лаптевоморско-Восточно-Сибирско-Чукотский; *плиты океанической коры*: XVIII — Северо-Полярная, XIX — Тихоокеанская, XX — Охотоморская; Ан — Анадырский, СХ — Сунтар-Хаятинский центры дефицита плотности

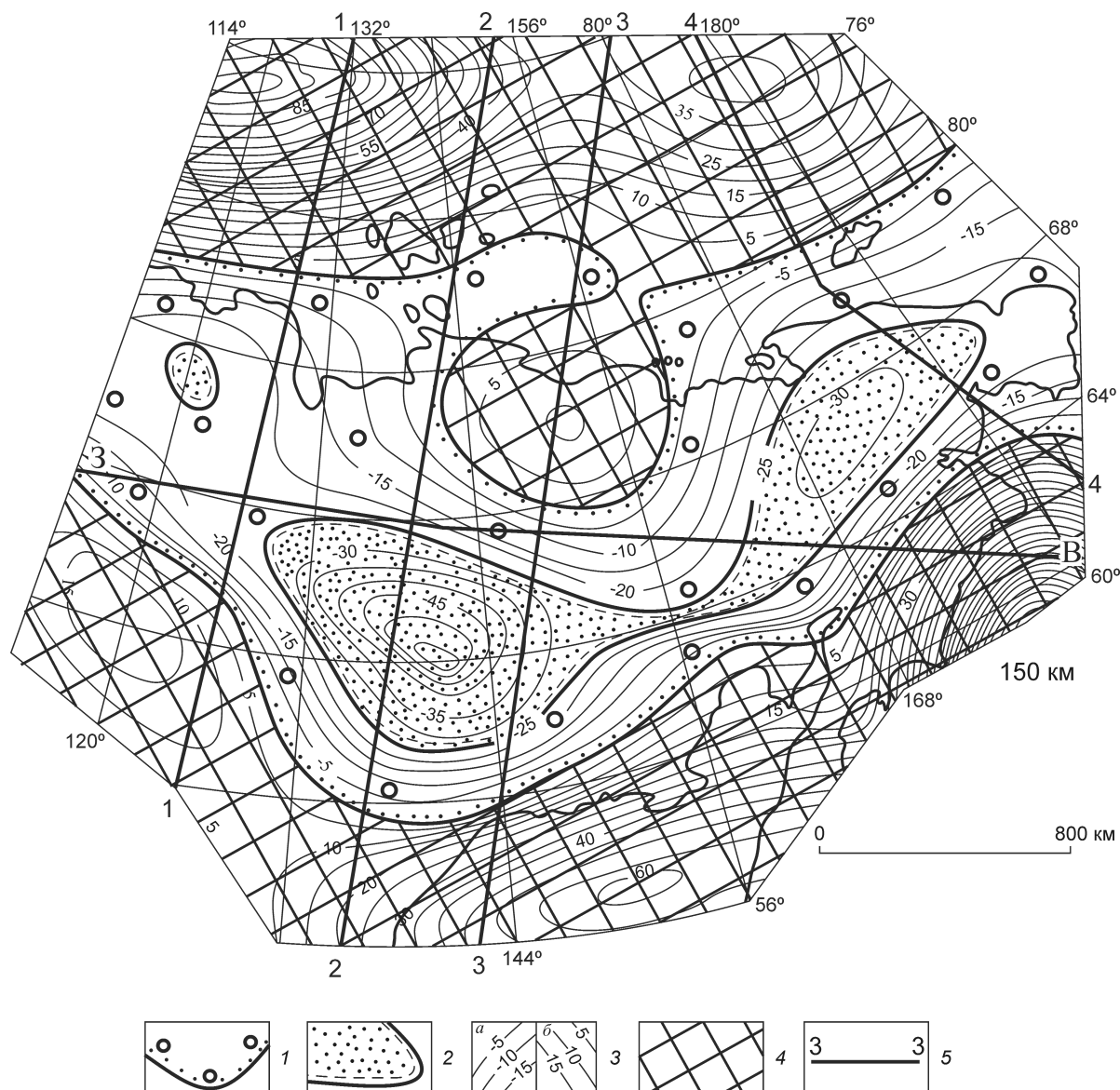


Рис. 2. Положение Верхояно-Чукотского астенолита (ТРМ) в глубинно-плоскостной инфраструктуре Северо-Востока России на глубине 150 км:

1 — периферические области астенолита (<-5 мгал); 2 — очаги аномально низкой (<-25...-55 мгал) плотности (горизонтальные срезы восходящих «струй»); 3 — изолинии локальных аномалий поля силы тяжести, мгал (а — отрицательные, б — положительные); 4 — верхняя мантия стандартной и аномально высокой плотности (>+5...+110 мгал); 5 — линии разрывов и их номера

корневым Лаптевоморско-Восточно-Сибирско-Чукотским блоком. Судя по морфологии и структуре гравиметрического поля, Северный выход ТРМ, приуроченный к пограничной зоне «континентальной» и «океанической» литосферы, проникал с глубин значительно более 150 км.

В приповерхностном слое Северный выход (с поперечными зонами) образует систему Арктического (Северо-Полярного) интрузивно-вул-

канического пояса, проявления которого представлены локальными покровами пестрых мезозойских эффузивов, неогеновыми щелочными базальтами и трахибазальтами [10, 13]. Полоса от береговой линии до северной границы Лаптевоморско-Восточно-Сибирско-Чукотского блока (до 850 км) представляет собой шельфовую зону на фрагментах консолидированной коры, скрепленных разуплотненной массой.

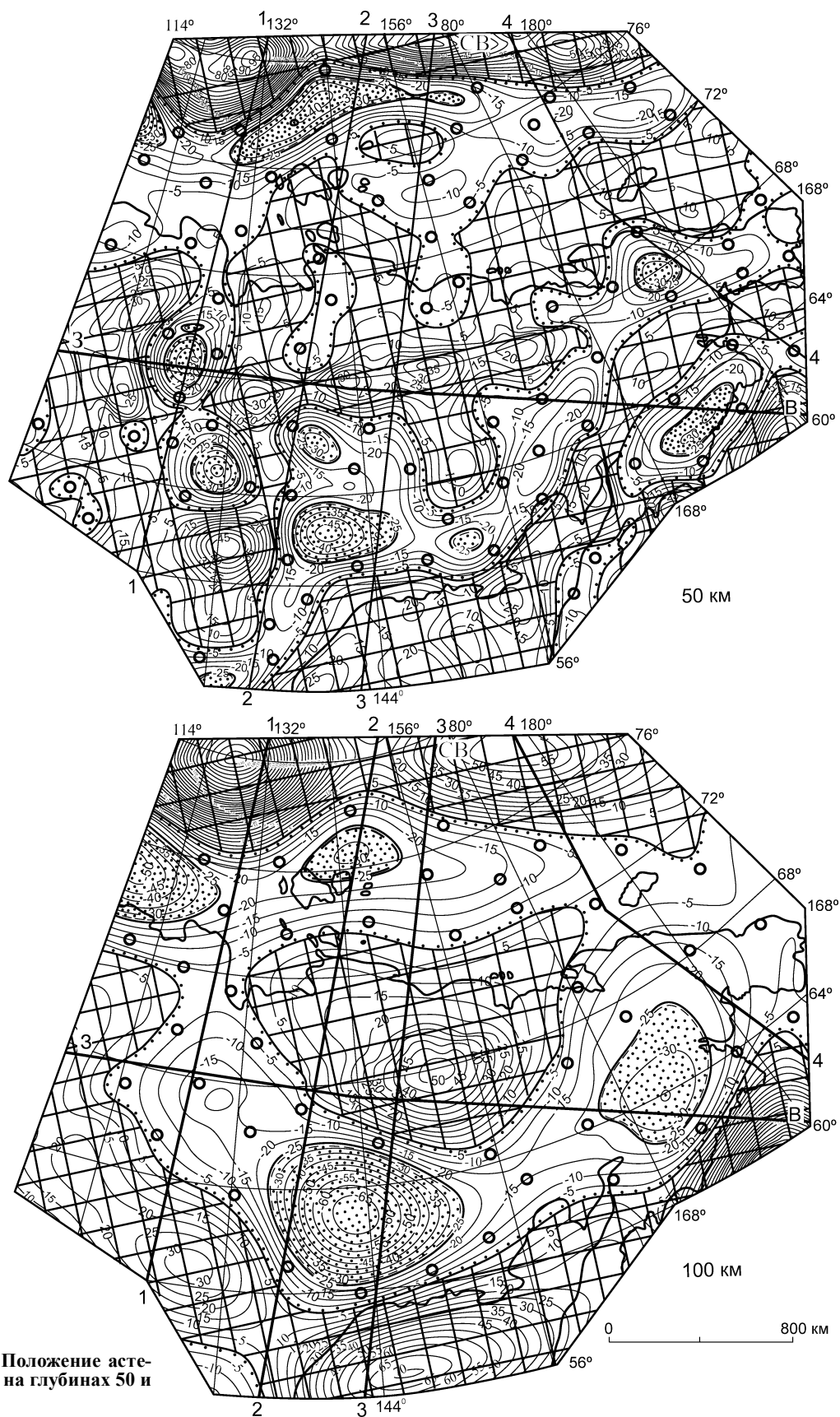
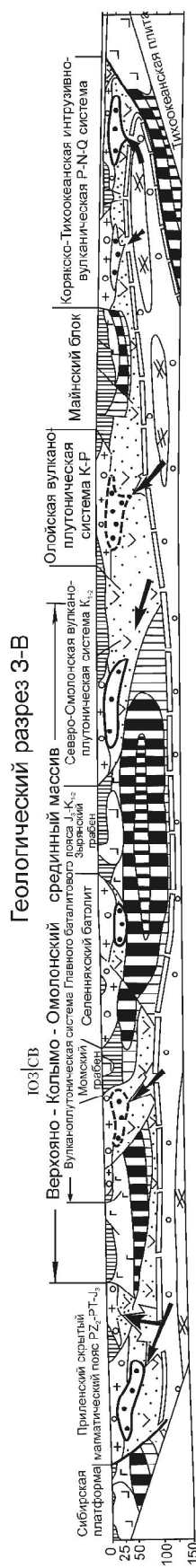
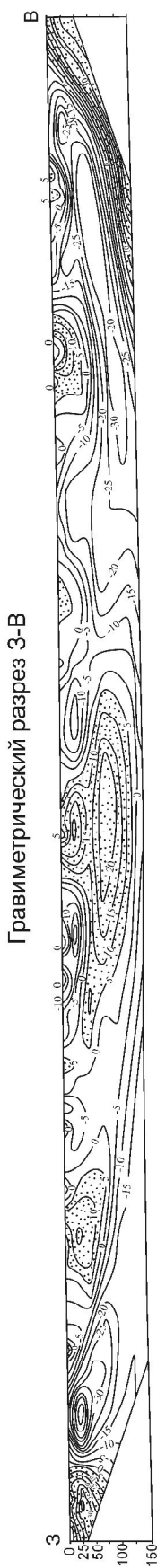
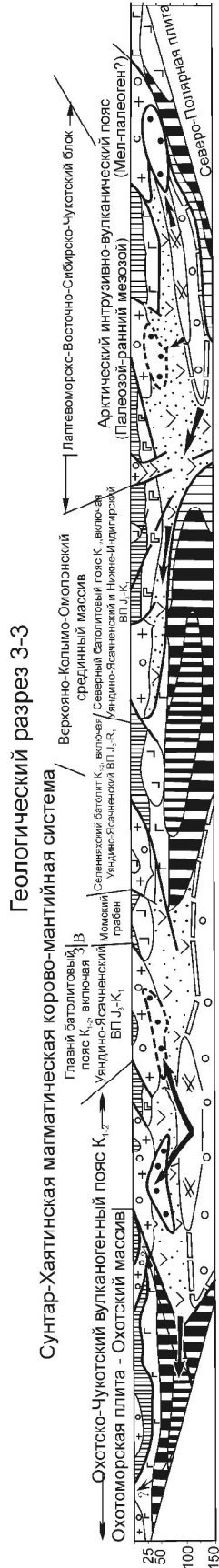
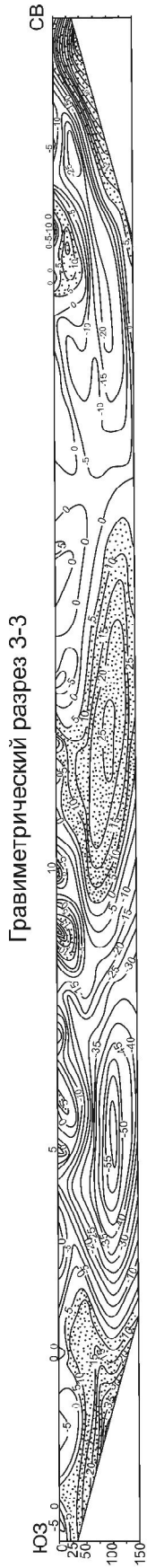


Рис. 3. Положение астенолита на глубинах 50 и 100 км:

усл. обозн. см. рис. 2



- | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

Южный выход ТРМ — это направленное к югу пологое аномальное тело ($-5 \dots -30$ мгал) протяженностью на сфере геоида ~ 4000 км и шириной до 150–400 км. Он также приурочен к пограничной зоне между плотными блоками Сибирской платформы и Охотоморской плиты. Южный выход ТРМ вытянут по восстанию на 700–750 км от уровня -150 км и на поверхности соответствует Охотско-Чукотскому вулканогенному поясу (ОЧВП). От Чукотки до Южного Верхоянья пояс включает как конформные, так и поперечные протяженные (до первых тысяч километров) Пегтымельскую, Куйдусунскую, Тауйскую интрузивно-вулканические системы (ИВС), Олойскую, Омолонскую вулканоплутонические системы (ВПС), Приленский, Главный и Северный батолитовые, Южно-Верхоянский вулканоплутонические пояса (ВПП), которые четко проектируются на скрытые зоны разуплотнения.

В пределах ОЧВП вулканы и интрузивные образования представлены полихронными (R_3-Q) ареалами разнообразных ассоциаций магматических комплексов от ультрабазитов до щелочных гранитоидов. Наиболее ранние средне-позднерифейские эффузивы характерны в основном для Приленского и Южно-Верхоянского вулканоплутонических поясов. Палеозойские же базиты, гранитоиды, вулканы кислого и среднего составов, базальты, помимо вышеуказанных ВПП, характерны также для Верхояно-Колымской, Омолонской и Олойской вулканоплутонических систем. Наиболее широко проявился мезозойский гранитоидный, а также базит-ультрабазитовый магматизм [2, 5, 6, 9–10, 11, 13, 15]. Наибольшая его интенсивность фиксируется вблизи Сунтар-Хаятинского и Пегтымельского глубинных центров.

Налегающий на Тихоокеанскую плиту *Камчатский выход ТРМ*, протягивающийся вдоль Камчатского полуострова почти на 1500 км при ширине до 200–350 км, также заключен между блоками континентальной и океанической литосферы. Согласно структуре локальных аномалий поля силы тяжести (разрез 3–В), он представляет собой скрытое ответвление Южного выхода ТРМ, отде-

ленного бескорневым Майнским блоком. Это подтверждается более поздним проявлением $P-N-Q$ интенсивного гранитоидного и базальт-ультрабазитового магматизма в Корякско-Тихоокеанской интрузивно-вулканической системе по сравнению с Олойской и Пегтымельской, где подобные магматы известны лишь вдоль трансконтинентальных разрывов, структурно связанных с системой Камчатских глубинных очагов.

В вертикальных срезах ТРМ в интервале глубин 24–40 км (поверхность Мохо – раздел верхней и нижней коры) в поле силы тяжести выявляются контрастные ($-15 \dots -25$ мгал) линзовидные аномальные тела, вытянутые по восстанию на 150–250 км, мощностью 35–40 км. Они рассматриваются как мантийные диапиры в области зарождения коровых флюидно-магматических систем. На поверхность диапиры проектируются узкими (50–200 км) протяженными (1000–700 км) максимумами дефицита массы ($\leq -20 \dots -30$ мгал) в осевых частях ОЧВП, Арктического и Корякско-Тихоокеанского поясов и отмечают центры магматической активности.

В вертикальных срезах положение кровли астенолита в объеме ТРМ определяется по сближению изолиний одного высокого отрицательного значения ($-15 \dots -20$ мгал), т.е. по щелевидному разрыву высокоградиентного поля (разрезы) в интервале глубин $-50 \dots -125$ км.

Основные черты морфологии консолидированной материковой коры с литокомплексами верхней ($0 \dots +5$ мгал) и нижней ($+5 \dots +15$ мгал) отмечаются положительными аномалиями в пределах Сибирской платформы, в срединных массивах и бескорневых останцах (разрезы 1–1, 2–2, 3–3, 4–4, 3–В).

Океаническая кора Северо-Полярной, Тихоокеанской и Охотоморской плит отражается высокоградиентными положительными ($>5-20 \dots$ до 90–100 мгал и более) аномалиями. Каждая аномалия прослеживается на глубину >150 км. Так, области высокоплотных образований, подстилающие ТРМ, выявляются севернее границы Арктического пояса, вдоль восточного побережья Камчатки, прилегают к Охотскому срединному массиву.

Рис. 4. Гравиметрические и геологические разрезы 3–3 и 3–В к рис. 1:

астенолит: 1 — внешние области (<-5 мгал), 2 — восходящие «струи» ($-25 \dots -55$ мгал), 3 — кровля; 4 — верхняя мантия (а — стандартной (≥ 5 мгал), б — пониженной ($0 \dots +5$ мгал) плотности); 5 — нижняя кора (а — гранулит-базитовая, б — гранулит-гнейсовая); 6 — верхняя кора; 7 — ареалы разуплотнения верхней мантии ($<-5 \dots -20$ мгал) — области развития мантийных диапиров; 8 — сечения отрицательной аномалии мантийного диапира ($<-20 \dots -35$) (а — эпицентра, б — периферии); 9 — тектонический (энергетический) порог; зоны аномально высокого избытка масс ($>+15 \dots -20$ до $+90$ мгал и более) в пределах: 10 — мантии стандартной плотности, 11 — консолидированной коры (ультрабазиты); 12 — области развития коровых флюидно-магматических систем пестрого состава; 13 — разрывы (а — мантийные, б — коровые); 14 — генеральное направление флюидно-теплового потока

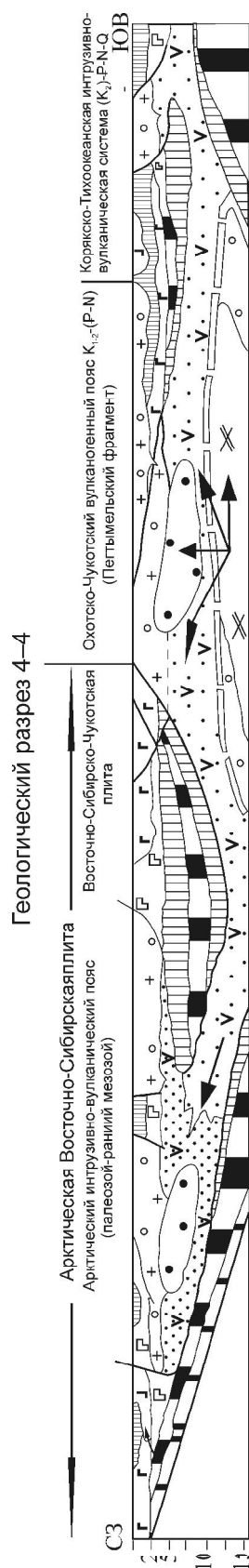


Рис. 5. Гравиметрические и геологические разрезы 1-1, 2-2, 4-4:

усл. обозн. см. рис. 4

Сверхвысокоплотные ($\geq +25-30$ мгал) ядра таких аномалий могут быть производными сверхэнергоемких флюидно-тепловых потоков: выплавками ультрабазитов, кристаллизовавшимися в быстро меняющемся высокоградиентном режиме восходящего потока. Их массивы фиксируются и в континентальной литосфере сравнительно небольшими телами (до десятков тысяч кубических километров) в коровом и мантийном интервалах Сибирской платформы и ее отторженцев. В верхней коре они часто совпадают с известными на поверхности массивами ультрабазитов (см. рис. 2, 6, разрезы) и, например, отчетливо проявлены в Момском и Зырянском грабенах, центральной части Майнского блока, Охотском срединном массиве и др.

Регион характеризуется полициклическостью развития магматизма [5, 6, 10, 13]. Это позволяет, помимо структурной и плотностной дифференциации, наметить в формировании астенолита от среднего рифея до четвертичного времени три импульса магматизма. Каждому из них присущи проявление формационных рядов магматитов от ранних мантийных ультрабазитов до коровых кварцсодержащих базитов и гранитоидных выплавов различной основности и щелочности, а также нарастающая степень дифференциации, что находит свое отражение на поверхности (см. рис. 6). Это средне-позднерифейский импульс (752–660 млн. лет) щелочных ультрабазитов, карбонатитов, габбро и габбро-амфиболитов, континентальных толеитовых базальтов, аналогичных по составу кварцсодержащих и бескварцевых долеритов, проявленных вдоль восточной окраины Сибирской платформы, в Верхояно-Колымо-Омолонском срединном массиве [5, 8, 12, 15, 16].

Продуктами палеозойско-раннемезозойского импульса (400–240 млн. лет) являются ультрабазиты, щелочно-ультраосновные породы, карбонатиты, среднепалеозойские базиты, коагматичные K-Na-базальты, распространенные по восточной окраине Сибирской платформы, в Колымской петле, обрамлении и структурах ОЧВП, Олойско-Чукотском орогенном поясе, Верхояно-Колымо-Омолонском, Яракваамском, Пенжино-Анадырском и Лаптевоморско-Восточно-Сибирско-Чукотском блоках, Арктическом ИВП [2, 5, 9–11, 14, 15], и несколько более поздние плутоны кварцевых диоритов, гранодиоритов, кварцевых монцититов и лейкогранитов [12, 14].

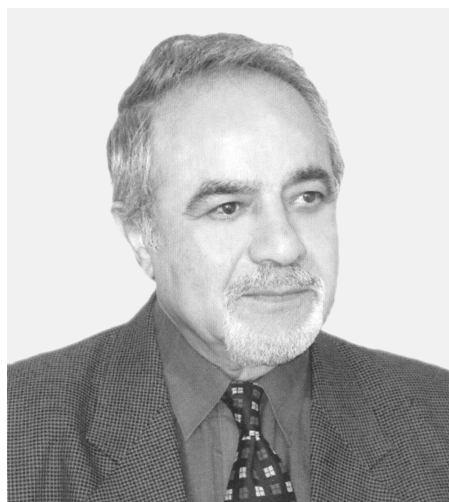
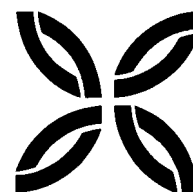
Наиболее масштабный юрско-меловой (206–65 млн. лет) импульс, охвативший весь регион, представлен ультрабазитовыми телами вдоль корово-мантийных разрывов, ограничивающих ОЧВП и Восточно-Камчатскую зону. Более поздние масштабные ареалы базальтов щелочной, реже известково-щелочной серий проявлены в Верхояно-Колымской системе, Корякском нагорье, Лаптевоморско-Восточно-Сибирско-Чукотском блоке (Купол Де-Лонга), в пределах Охотского массива и Охотоморской плиты [2, 6, 8–10]. Позднеюрско-меловые пояса вулканоогенных и интрузивных пород гранитоидного состава в магматических системах ОЧВП, Корякско-Камчатского и Арктического интрузивно-вулканических поясов отчетливо коррелируют с зонами разуплотнения приповерхностного уровня. Кайнозойско-четвертичное завершение импульса отмечено немногими ареалами щелочных базальтов корового уровня в Центрально-Корякской, Олюторской и

шенной проницаемости. За счет этого происходило последовательное наращивание высокоплотных масс океанической коры и формирование массивов в континентальной коре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Багдасаров Ю.А., Гуцин А.В.* Металлогения магматических комплексов внутриплитных геодинамических обстановок. – М.: ГЕОС, 2001.
2. *Геодинамика*, магматизм и металлогения Востока России / А.И.Ханчук, В.В.Голозубов, С.Г.Бялобжеский и др. – Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1, 2.
3. *Данковцев Р.Ф.* Спектрально-корреляционный анализ гравиметрических данных при локальном прогнозе эндогенных рудных месторождений // Отечественная геология. 1993. № 5. С. 114–120.
4. *Данковцев Р.Ф.* Опыт разработки энерго-магматической системы критериев прогноза урановых месторождений // Отечественная геология. 1995. № 11. С. 8–17.
5. *Киселев А.И., Ярмолюк В.В., Колодезников И.И.* Сравнительная характеристика среднепалеозойского и позднерифейского плюмового магматизма Сибирской платформы (по результатам изотопно-геохимических исследований базитов Сетге-Дабана) // ДАН. 2010. Т. 430. № 1. С. 70–77.
6. *Коваленко В.И., Наумов В.Б., Гирнис А.В., Ярмолюк В.В.* Средний состав базитовых магм и мантийных источников островных дуг и активных континентальных окраин по данным изучения расплавных включений и закалочных стекол пород // Петрология. 2010. Т. 18. № 1. С. 3–28.
7. *Летников Ф.А.* Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // Геология рудных месторождений. 2001. Т. 43. № 4. С. 291–307.
8. *Маракушев А.А.* Проблемы глобальной геодинамики. – М.: ОГГН РАН, 2003.
9. *Маракушев А.А., Бобров А.В.* Проблемы первичных магм и глубины зарождения алмазоносного магматизма // ДАН. 2005. Т. 403. № 4. С. 517–521.
10. *Модель* формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии / Л.М.Парфенов, Н.А.Берзин, А.И.Ханчук и др. // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7–41.
11. *Олейников Б.В., Томишин М.Д.* Эволюция состава интрузивного базитового магматизма Сибирской платформы во времени // Траппы Сибири и Декана: черты сходства и различия. Новосибирск, 1991. С. 39–63.
12. *Умитбаев Р.Б.* Геологические формации Охотского срединного массива // Тектоника Советской Азии. Владивосток, 1976. С. 73–95.
13. *Хаин В.Е., Филатова Н.И.* Суперплюмовые эпизоды Восточно-Арктическо-Азиатского региона и их корреляция с аналогичными событиями других регионов Земли // ДАН. 2008. Т. 420. № 2. С. 208–212.
14. *Чиков Б.М.* Срединные массивы и вопросы тектонического районирования складчатых сооружений. – Новосибирск, 1978.
15. *Шпунт Б.Р., Олейников Б.В.* Позднекембрийский рифтогенный магматизм Сибирской платформы // Магматизм рифтов: Петрология, эволюция, геодинамика. М., 1989. С. 69–76.
16. *Ярмолюк В.В., Коваленко В.И.* Позднерифейский раскол Сибири и Лаврентия в проявлениях внутриплитного магматизма // ДАН. 2001. Т. 379. № 1. С. 94–98.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



29 апреля исполнилось 80 лет **Намику Курбан-оглы Курбанову** — главному научному сотруднику ЦНИГРИ, доктору геолого-минералогических наук, профессору, академику МАМР и РАЕН, известному ученому в области металлогении, прогноза, поисков и разведки месторождений цветных и благородных металлов.

Научная и творческая деятельность Н.К.Курбанова более 50 лет связана с ЦНИГРИ. Проводимые им исследования в различных регионах Забайкалья, Урала, Кавказа, Средней Азии, Украины направлены на расширение минерально-сырьевой базы цветных и благородных металлов. В Верхнеуральском и Учалинском районах Южного Урала им разработаны и внедрены методы структурно-формационного и палеовулканического анализа для прогноза и поисков медноколчеданных руд. При реализации прогнозных рекомендаций, разработанных совместно с коллегами, открыты Узельгинское и Талганское медноколчеданные месторождения. Под его руководством прове-

дены пионерные исследования колчеданно-полиметаллических месторождений в терригенных формациях Большого Кавказа, доказавшие высокие перспективы рудоносности черносланцевых формаций, разработаны методика и приемы локального прогноза, созданы геологические основы подсчета запасов, обеспечившие удвоение запасов Фелизчайского колчеданно-полиметаллического рудного узла.

С начала 80-х годов Н.К.Курбанов изучает золотоносность терригенных формаций Средней Азии. Новые, нетрадиционные подходы позволили в короткие сроки создать эффективные прогнозно-поисковые комплексы, разработать систему геолого-поисковых, оценочных и геолого-генетических моделей месторождений золота в регионе. Не менее плодотворными были исследования докембрийских золоторудных месторождений на Украинском щите, а также золотоносности палеозойских пород российской части Донбасса.

Н.К.Курбановым совместно с коллегами созданы карта золотоносности СССР (м-б 1:5 000 000), Урала (м-б 1:1 000 000) и Северного Кавказа (м-б 1:1 500 000), позволившие расширить перспективы золотоносности территории России.

Существенная помощь была оказана Н.К.Курбановым геологическим службам Сирии, Ирана, Пакистана, Румынии и Чехословакии. Он успешно представлял отечественную науку на международных геологических конгрессах и форумах. В настоящее время является членом ряда Ученых советов, председателем Совета ЦНИГРИ по апробации кандидатских и докторских диссертаций, руководителем теоретического семинара института, членом редколлегий журналов «Отечественная геология» и «Руды и металлы». Среди его учеников 12 кандидатов и три доктора геолого-минералогических наук.

Результаты исследований Н.К.Курбанова отражены во многих производственных отчетах и научных трудах, более 200 из которых опубликованы. Его заслуги перед отечественной геологией отмечены знаком «Отличник разведки недр» и званием «Почетный разведчик недр», грамотами Роснедра и Минприроды России.

Поздравляем Намика Курбановича со славным юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, благополучия, дальнейших творческих успехов.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

18 марта 2012 г. исполнилось 75 лет главному научному сотруднику ЦНИГРИ, доктору геолого-минералогических наук, члену-корреспонденту МАНР, действительному члену РАЕН **Юрию Михайловичу Щепотьеву**.

В 1959–1965 гг. Ю.М.Щепотьев занимался поисками коренных и россыпных месторождений золота в Берелехском и Ягоднинском районах Магаданской области. С 1965 г. работает в ЦНИГРИ. В 1989–1993 гг. был заместителем директора института по научной работе.

В 1977–1998 гг. Ю.М.Щепотьев возглавлял сектор, а затем отдел геолого-экономической оценки и конъюнктуры минерального сырья ЦНИГРИ. Руководил работами по изучению закономерностей размещения и условий локализации золото-серебряных месторождений Камчатско-Курильской золотоносной провинции. В результате были получены новые данные по геологическому строению Агинского, Асачинского, Аметистового, Озерновского и других месторождений, обеспечившие создание на востоке России новой минерально-сырьевой базы, которая интенсивно осваивается в наши дни. Научные разработки и практические рекомендации использовались Мингео СССР при определении стратегии развития минерально-сырьевой базы страны и направлений геологоразведочных работ на благородные металлы. Им разработана геолого-промышленная классификация месторождений золота и серебра, используемая специалистами.

Под руководством Ю.М.Щепотьева составлены прогнозно-металлогенические карты золотоносности и сереброносности СССР и России м-бов 1:2 500 000–5 000 000. В течение многих лет в составе экспертных групп Мингео СССР он участвовал в разработке направлений геологоразведочных работ на золото и серебро в важнейших регионах страны (Камчатка, Казахстан, Урал, Средняя Азия) и ряде зарубежных стран, составлял и редактировал Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов золота.

В настоящее время руководит группой экспертов, обеспечивающей научно-методическое сопровождение геологоразведочных работ на Чукотке, Камчатке, Сахалине, Алтае. В Алтайском регионе при его участии выделен Северо-Алтайский золоторудный пояс, для которого составлена карта прогноза на золото, намечены рудные узлы и рудные поля традиционных и новых для региона типов месторождений, предложены основные направления геологоразведочных работ на перспективу в целях создания новой минерально-сырьевой базы России.

Ю.М.Щепотьев — автор более 150 научных работ, в том числе шести монографий. В течение многих лет был редактором баланса запасов полезных ископаемых СССР и РФ (золото и серебро).

За заслуги в развитии минерально-сырьевой базы благородных металлов страны Ю.М.Щепотьев удостоен звания «Почетный разведчик недр», награжден знаками «Отличник разведки недр» и «300 лет горно-геологической службы».

Поздравляем Юрия Михайловича со славным юбилеем, желаем здоровья, благополучия, дальнейших творческих успехов.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*



18 апреля **Анатолий Ансович Фельдман**, старейший сотрудник ЦНИГРИ, кандидат геолого-минералогических наук, отмечает свой 85-летний юбилей.

А.А.Фельдман в 1950 г. окончил Московский геологоразведочный институт им. С.Орджоникидзе. После окончания института длительное время работал в производственных организациях Главгеологии МЦМ СССР. Прошел путь от инженера-геофизика до начальника комплексной геолого-геофизической экспедиции, участвовал в поисковых и разведочных работах на месторождениях полиметаллов, ртути и золота Средней Азии.

С 1957 по 2002 гг. работал в ЦНИГРИ, возглавляя в разные годы научно-исследовательские подразделения института: тематические партии, лабораторию и отдел геофизических исследований. Будучи специалистом высокой квалификации, А.А.Фельдман выполнил ряд оригинальных разработок по научно-методическим основам прогноза и поисков месторождений алмазов, золота и цветных металлов, которые успешно реализованы на Дальнем Востоке и Северо-Востоке РФ, в Приморье, Восточной Сибири, европейской части РФ, Средней Азии.

С 1982 г. научная деятельность А.А.Фельдмана была направлена на изучение глубинного строения древних платформ и прогнозирование месторождений алмазов кимберлитового и лампроитового типов. Под его руководством разработана система геолого-геофизических критериев прогноза разномасштабных алмазоносных минералогических таксонов. Он — один из основных авторов карт прогноза коренной алмазоносности для ряда территорий древних платформ России и мира. Его научно-методические разработки совместно с прогнозными картами реализованы в практике геологоразведочных работ при оценке перспектив алмазоносности и планировании первоочередных поисковых работ в различных регионах Восточно-Европейской и Сибирской платформ.

А.А.Фельдман — автор более 140 публикаций, в том числе двух монографий.

Его заслуги в освоении минерально-сырьевой базы России неоднократно отмечались правительственными почетными грамотами и наградами, в том числе знаками «Отличник разведки недр» и «Почетный разведчик недр».

Ученый-исследователь, специалист высокой квалификации А.А.Фельдман сумел передать свой богатый научный опыт сотрудникам, с которыми он работал на протяжении многих лет. В настоящее время, находясь на заслуженном отдыхе, он продолжает щедро делиться накопленными за годы многолетнего труда знаниями, консультирует обращающихся к нему специалистов, занимающихся комплексной интерпретацией геолого-геофизических материалов для решения различных геологических задач в разных регионах страны.

Сердечно поздравляем Анатолия Ансовича Фельдмана с юбилеем, от всей души желаем крепкого здоровья, благополучия, долгих лет жизни.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

ПАМЯТИ ВАЛЕНТИНЫ ИВАНОВНЫ ПОНОМАРЕНКО

13 февраля 2012 г. на 65 году жизни скоропостижно скончалась **Валентина Ивановна Пономаренко**, научный сотрудник отдела обогащения минерального сырья.

Вся трудовая деятельность В.И.Пономаренко неразрывно связана с ЦНИГРИ, где она трудилась более 40 лет в области обогащения руд цветных и благородных металлов. Значительный творческий вклад В.И.Пономаренко внесла в разработку эффективных технологий обогащения руд многих месторождений России и ближнего зарубежья (Олимпиадинское, Нежданинское, Асачинское, Новогоднее-Монто, Бакырчик, Биран, Кумтор, Кокпатас и др.). Она неоднократно выезжала на обогатительные фабрики и самостоятельно проводила полупромышленные испытания технологических схем обогащения руд, что способствовало получению достоверных данных для разработки эффективных технологий переработки руд, в том числе труднообогатимых. Разработанные при ее творческом и активном участии технологии и технологические регламенты извлечения благородных и цветных металлов использованы при оценке и подсчете запасов руд в ГКЗ, а также при проектировании промышленных предприятий и освоении месторождений.

В.И.Пономаренко принимала активное участие в разработке методов оценки золотоносности россыпных месторождений с мелким и тонким золотом. Она — автор более 60 научных трудов. Ее многолетняя трудовая деятельность отмечена медалью «Ветеран труда», почетными грамотами Минприроды России и ЦНИГРИ.

Валентина Ивановна была трудолюбивым и добросовестным сотрудником, равнодушным человеком, имела активную жизненную позицию. В течение многих лет работала профоргом отдела и пользовалась заслуженным авторитетом в коллективе.

Светлая память о Валентине Ивановне Пономаренко навсегда останется в наших сердцах.

*Дирекция ЦНИГРИ
Редколлегия журнала
Коллектив отдела обогащения минерального сырья*

ПАМЯТИ БОРИСА ВАСИЛЬЕВИЧА РОГАЧЕВА



В марте 2012 г. на 85-м году жизни скончался кандидат технических наук, известный геофизик **Борис Васильевич Рогачев**. Его трудовая деятельность связана с НИГРИЗолото – ЦНИГРИ, где после окончания в 1952 г. геофизического факультета МГРИ он прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией геофизических методов (1969–1984). Б.В.Рогачев разрабатывал новые методы и аппаратуру для поисков и разведки месторождений золота, цветных металлов и алмазов. При его непосредственном участии создан электроразведочный метод «искатель жил», выпущена и внедрена необходимая аппаратура. Для поисков и разведки сульфидных месторождений под руководством Б.В.Рогачева разработаны оригинальный метод заряда на переменном токе с измерением магнитного поля и аппаратура для таких работ «Алдан-1», которые успешно использовались на медноколчеданных месторождениях Якутии и Южного Урала.

Б.В.Рогачев — один из инициаторов создания метода поисков и картирования СДВР (сверхдлинных радиоволн), получившего широкое распространение при исследовании районов с месторождениями золота, цветных металлов, кимберлитовых трубок и др.

С 80-х годов его деятельность направлена на разработку методических основ комплексирования геофизических методов с целью поисков и разведки золоторудных месторождений. Проведенный им анализ геофизических данных по ряду золоторудных районов, участие в создании прогнозных карт золотоносности Северо-Востока России способствовали расширению минерально-сырьевой базы этого региона.

Как высококвалифицированный специалист-геофизик он выполнял важную часть исследований при выполнении экспертных работ в Болгарии и Швеции.

Результаты исследований Б.В.Рогачева отражены в 50 публикациях, монографии и пяти авторских свидетельствах. Его труд отмечен правительственной наградой — медалью «За доблестный труд», знаком «Отличник разведки недр» и многочисленными почетными грамотами ЦНИГРИ.

Борис Васильевич останется в нашей памяти как твердый волевой человек и специалист, внесший заметный вклад в дело укрепления минерально-сырьевой базы России.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала
Друзья и коллеги*