

ГЕОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 553.411(571.621)

ЖЕЛЕЗООКСИДНО-БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ КАК НОВЫЙ ТИП ИОСГ-МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.М. Жирнов

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: zhantmich@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4538-9382>

Цель работы – рассмотреть комплексные руды (Fe, Au, Pt, Ag, РЗЭ) в протерозойских месторождениях железа ЕАО и сопоставить их с крупнейшими месторождениями ИОСГ типа. Модельным типом таких месторождений является гигантское протерозойское медно-золото-урановое месторождение Олимпик-Дам с запасами железных руд 3 млрд т с содержанием оксида железа в рудах 35%, открытое на глубине 350–550 м от поверхности. Запасы меди в нем 32 млн т с содержанием 1,2%, окиси урана 1,2 млн т с содержанием 0,06%, золота 1200 т с содержанием 0,5 г/т, серебра 7000 с содержанием 6 г/т и определенное количество редкоземельных металлов. По запасам меди и урана оно занимает третье место в мире, по запасам золота – 5-е место. Вторым модельным типом протерозойских ИОСГ-месторождений является гигантское редкоземельное месторождение Баян-Обо в Китае. Запасы и ресурсы железных руд месторождений Еврейской автономной области (Кимканское, Сутарское, Костеньгинское, Южно-Хинганское), с содержанием оксида железа 32–35%, равны 3 млрд т. В рудах месторождений железа ЕАО золото с платиной составляют около 0,5–1 г/т. При этом в рудах Кимканского месторождения железа установлены также редкоземельные минералы, а на поверхности Южно-Хинганского месторождения марганцево-железных руд выявлена крупная геохимическая аномалия урана и серебра, свидетельствующая о надрудном срезе глубокозалегающего тела урановых руд. Месторождения железных руд ЕАО с существенными содержаниями благородных металлов представляют новый, третий тип ИОСГ-месторождений.

Ключевые слова: Еврейская автономная область, железорудный бассейн, комплексные (Fe, Au, Pt, Ag, РЗЭ) руды, благородные металлы, металлургический завод.

Образец цитирования: Жирнов А.М. Железооксидно-благороднометалльные месторождения Еврейской автономной области как новый тип ИОСГ месторождений // Региональные проблемы. 2025. Т. 28, № 3. С. 8–18. DOI: 10.31433/2618-9593-2025-28-3-8-18.

Статья основана на докладе автора, представленном на конференции научных сотрудников Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН 26 марта 2025 г. В ней учтены замечания и вопросы коллег и, соответственно, расширен объем представляемого материала, в частности, добавлен новый раздел «Примеры успешной разработки...».

Актуальность статьи обусловлена необходимостью изложить данные о крупных ресурсах и содержаниях благородных металлов в месторожде-

ниях железа ЕАО в обоснование нового, третьего типа специфических ИОСГ-месторождений.

Цель статьи – рассмотреть специфические ИОСГ-месторождения и благороднометалльное оруденение в месторождениях железа ЕАО, что определяет их как новый, третий тип ИОСГ-месторождений.

Для решения цели предусмотрено рассмотреть:

- Специфические особенности локализации и состава ИОСГ-месторождений.

- Характеристику месторождения Олимпик-Дам как представителя первого модельного типа IOCG-месторождений.

- Характеристику месторождения Баян-Обо как представителя второго модельного типа IOCG-месторождений.

- Характеристику благороднометалльного оруденения в месторождениях железа ЕАО как нового типа промышленных IOCG-месторождений.

- Примеры успешной разработки месторождений железа с низким содержанием золота.

Специфические особенности локализации и состава IOCG-месторождений

Аббревиатура IOCG расшифровывается как Iron-Oxide-Copper-Gold или железо-оксид-медь-золото. Она получила свое название после открытия в 1975 г. месторождения Олимпик-Дам в Австралии с гигантскими концентрациями меди, золота и урана, локализованными в месторождении железных руд.

Первая черта таких месторождений – это древний протерозойский возраст **с их образованием в период 1.9–0.7 млрд лет назад** (в отличие от архейских месторождений железа).

Вторая специфическая особенность IOCG-месторождений – локализация их в пределах месторождений железа, тогда как обычные месторождения полезных ископаемых залегают в песчано-сланцевых и магматогенных образованиях.

Третья особенность таких месторождений – это крупнейший и уникальный масштаб.

Рудные районы и отдельные месторождения располагаются вдоль крупных ослабленных зон в континентальной коре в виде региональных разломов и зон дробления [12].

Добыча золота из месторождений железистых кварцитов производится в Австралии, Японии и США, причем схемы обогащения, по которым работают зарубежные компании, не являются секретом [13, с. 9].

Характеристика месторождения Олимпик-Дам как представителя первого модельного типа IOCG-месторождений

Открытие в 1975 г. гигантского месторождения Олимпик-Дам в Южной Австралии относится к числу крупнейших событий в рудной геологии второй половины XX в. (3 млрд т железной руды, содержащей 35% Fe, 1,2% Cu, 0,06% U_3O_8 , 0,5 г/т Au, 6 г/т Ag и около 0,5% окислов РЗЭ). В этом месторождении железа содержатся 1.2 млн т урана, 32 млн т меди, 1200 т золота, 7000 т серебра [12, 18]. Это крупнейшее месторождение Австра-

лии и одно из крупнейших месторождений урана в мире. По запасам меди оно занимает 3-е место в мире, по запасам золота – 5-е место в мире.

Месторождение залегает в брекчированных гранитах и представлено крутопадающим линзообразным телом длиной 2.3 км и шириной 1.2 км (рис. 1).

Гематитовые брекчии являются вмещающей породой для большей части промышленного золото-ураново-медного оруденения. Из минералов редких земель достоверно установлены бастнезит, флоренсит, монацит и ксенотим. Вслед за стадией обрушения и завершением формирования брекчиевого комплекса произошел наиболее значительный привнос железо-медных сульфидов, обусловивших вкрапленную и прожилковую медную минерализацию в обломках и матриксе брекчий и создавших зональное ее распределение, параллельное крутым контактам брекчий с центром в гематитовом брекчиевом ядре системы.

Одна из особенностей гематитовых брекчий – присутствие в них фрагментов и блоков (длиной до нескольких метров и даже десятков метров) слоистого гематита и тонкослойчатого барита с несомненными осадочными текстурами. Эти фрагменты сосредоточены, по-видимому, только в верхней части месторождения до глубины 350–400 м от поверхности. Слоистый гематит – тонкозернистая тонкослойчатая порода, состоящая на 50–90% из гематита с переменными количествами кварца, барита, серицита и подчиненными флюоритом и минералами РЗЭ [12].

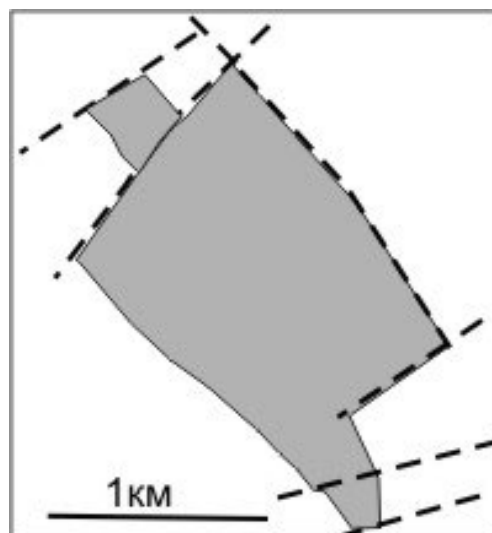


Рис. 1. Форма и размеры месторождения Олимпик-Дам [12]

Fig. 1. Olympic Dam deposit shape and size [12]

Что касается золота, то оно установлено в виде включений размером 10–20 мкм и менее в сульфидах борнит-халькозиновых зон и в гематите. Микропрожилки золота наблюдались также в жилах барита и в сильно силицифицированных брекчиях гранита в верхней части месторождения.

Месторождение Баян-Обо как представитель второго модельного типа IOCG-месторождений

Месторождение Баян-Обо в Китае – крупнейшее в мире по запасам редкоземельных металлов. Оно дает 90% мировой добычи редкоземельных металлов. Запасы железных руд в нем – 1.5 млрд т. Содержание редкоземельных минералов 2.5%, запасы их – 37 млн т. Длина месторождения – 1.5 км, ширина – 300 м [12].

Месторождение представлено двумя крупными залежами магнетит-редкоземельных руд размером по 1500 × 250 м.

Пластовые и линзовидные рудные залежи локализованы в доломитах и перекрывающей пачке черных сланцев. Рудовмещающая пачка сложена слоистым тонко- и грубозернистым мраморизованным железистым доломитом с маломощными прослойками кварцитов и кварца.

Рудные тела имеют массивную или полосчатую текстуру и представлены минералами – колумбита, апатита, альбита, барита, калишпата, эгирина, карбонатов, биотита и целого ряда менее распространенных минералов.

Наиболее ранней является вкрапленная монацитовая минерализация. Далее – фаза вкрапленной и полосчатой магнетитовой минерализации и несколько более поздней – гематитовой. За отложением основных окислов железа – стадия формирования наиболее богатых тонкозернистых и тонкослойчатых монацит-бастнезитовых руд с широко проявленными структурами метасоматического замещения. Более поздняя редкоземельная минерализация: относительно крупнозернистый монацит, бастнезит, эшинит и ассоциирующий с ними эгирин [12].

Интенсивное проявление калишпатизированных оруденелых брекчий в сланцах над основными рудными залежами сближает Баян-Обо с «брекчиевой воронкой» Олимпик-Дам.

Характеристика благороднометалльного оруденения в месторождениях железа Еврейской автономной области как нового типа промышленных IOCG-месторождений

В западной части области находится крупный золото-россыпной район северо-восточного простирания. Россыпи золота разрабатывались

более 100 лет с перерывами, добыто около 20 т [6].

Месторождения железных руд были открыты 80 лет назад. Разведанные месторождения железа слагают меридиональную полосу с восточной стороны золото-россыпного района (рис. 2) и составляют по запасам и ресурсам значительную величину, порядка 3 млрд т (табл. 1).

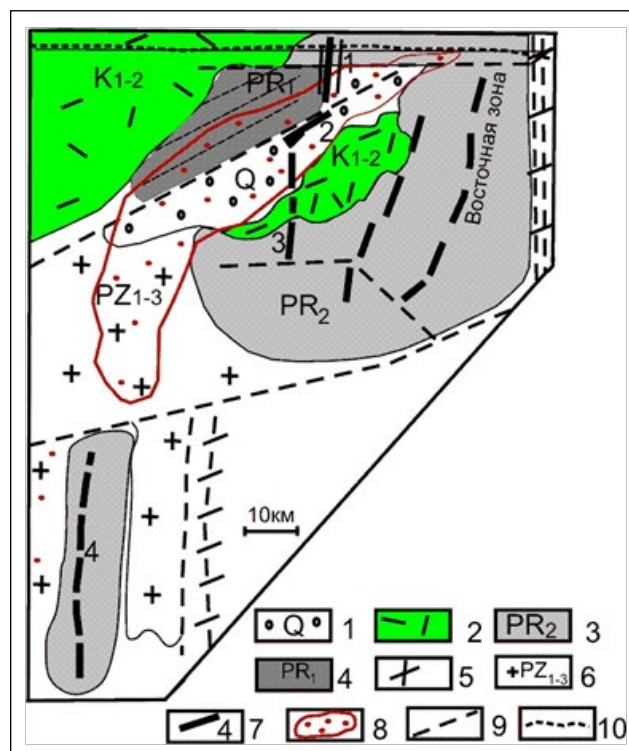


Рис. 2. Схема расположения железорудных месторождений области [1, 8]

1 – рыхлые аллювиальные отложения; 2 – мезозойские эффузивные породы; 3 – верхнепротерозойские осадочные породы; 4 – нижнепротерозойские метаморфические породы; 5 – оси архейских метаморфических пород; 6 – палеозойские гранитоиды; 7 – месторождения железа: 1 – Кимканское, 2 – Сутарское, 3 – Костеньгинское; 4 – Южно-Хинганское; 8 – площадь распространения россыпей золота; 9 – разломы; 10 – Транссибирская железнодорожная магистраль

Fig. 2. Regional iron ore deposits layout [1, 8]

1 – loose alluvial deposits; 2 – Mesozoic effusive rocks; 3 – Upper Proterozoic sedimentary rocks; 4 – Lower Proterozoic metamorphic rocks; 5 – axes of Archean metamorphic rocks; 6 – Paleozoic granitoids; 7 – iron deposits: 1 – Kimkanskoje, 2 – Sutarskoje, 3 – Kostenginskoye; 4 – Yuzhno-Khinganskoye; 8 – area of gold placer distribution; 9 – faults; 10 – Trans-Siberian railway

Таблица запасов железных руд и сопутствующих металлов в них [1, 8]

Table 1

Table of iron ores reserves and related metals in them [1, 8]

Месторождение	Запасы, млн т	Содержание Fe, %	Ресурсы, млн т	Общий потенциал, млн т	Сопутствующие промышленные металлы
Кимканское	221	35	–	221	Au, Pt, Ag, REE
Сутарское	369	32,8	600	970	Au, Pt, REE
Костеньгинское	164	30,6	100	264	Au, Pt, Ag, Cu
Итого в рудной зоне	755	–	–	1455	
Южно-Хинганское	290	29–35	1210	1500	Au, Pt, Ag, Co, Ni, Mn, U
Всего	1045	–	1910	2955	

Спустя 50 лет после открытия месторождений железа началось исследование их золотоносности. Возможной причиной начала исследований золотоносности месторождений железа могла быть публикация автора 1997 г. в центральном журнале, через 40 лет после их разведки [9].

В 2000 г. в статье Л.И. Гурской сообщалось о наличии платиноидов в ранее отобранных образцах железных руд, с содержаниями от 0.25 до 10.0 г/т [7]. В этом же году появились сведения о результатах изучения крупной промышленной пробы весом 600 кг из марганцевой оторочки Южно-Хинганского месторождения железа. Содержания золота и серебра составили по 10 г/т [3].

В 2006–2007 гг. изучение месторождений железа проводилось автором по гранту РФФИ–ХНЦ ДВО РАН (№ 06-05-96044) «Исследование генезиса платина-никель-медь-уран-золотого оруденения в рифейских черносланцевых толщах Еврейской автономной области, сопровождающего крупные железорудные зоны, для комплексного использования руд». Среднее содержание золота и платины по 22 пробам Южно-Хинганского составило 0.50 г/т (атомно-абсорбционный анализ) на мощность железорудного 20 м. Если еще учесть высокое содержание золота (10 г/т) в марганцевой оторочке месторождения (шириной 3–7 м), то среднее содержание золота в Южно-Хинганском месторождении можно принять равным 0.7 г/т.

В 2007 г. была проложена новая автотрасса Москва–Владивосток, в 500 м южнее прежней, пересекая Кимканское месторождение железа в 4 км от пос. Известковый (рис. 3). При этом в южном борту дороги было обнажено месторожде-

ние в уступе высотой 7–2 м на расстоянии 100 м, представленное рудным телом мощностью 25 м и ороговикованными породами.

Из рудного тела была отобрана пунктирная проба весом 1,5 кг (рис. 4), с содержанием золота 8 г/т (рентгено-флуоресцентный анализ).



Рис. 3. Фото Кимканского магнетитового месторождения (черное) в южном борту автодороги Москва–Владивосток. У подношвы рудного тела – геолог М.В. Горошко из Института тектоники и геофизики (г. Хабаровск)

Fig. 3. Photo of the Kimkansky magnetite deposit (black) in the southern side of the Moscow–Vladivostok highway. At the base of the ore body is geologist M.V. Goroshko from the Institute of tectonics and geophysics (Khabarovsk)

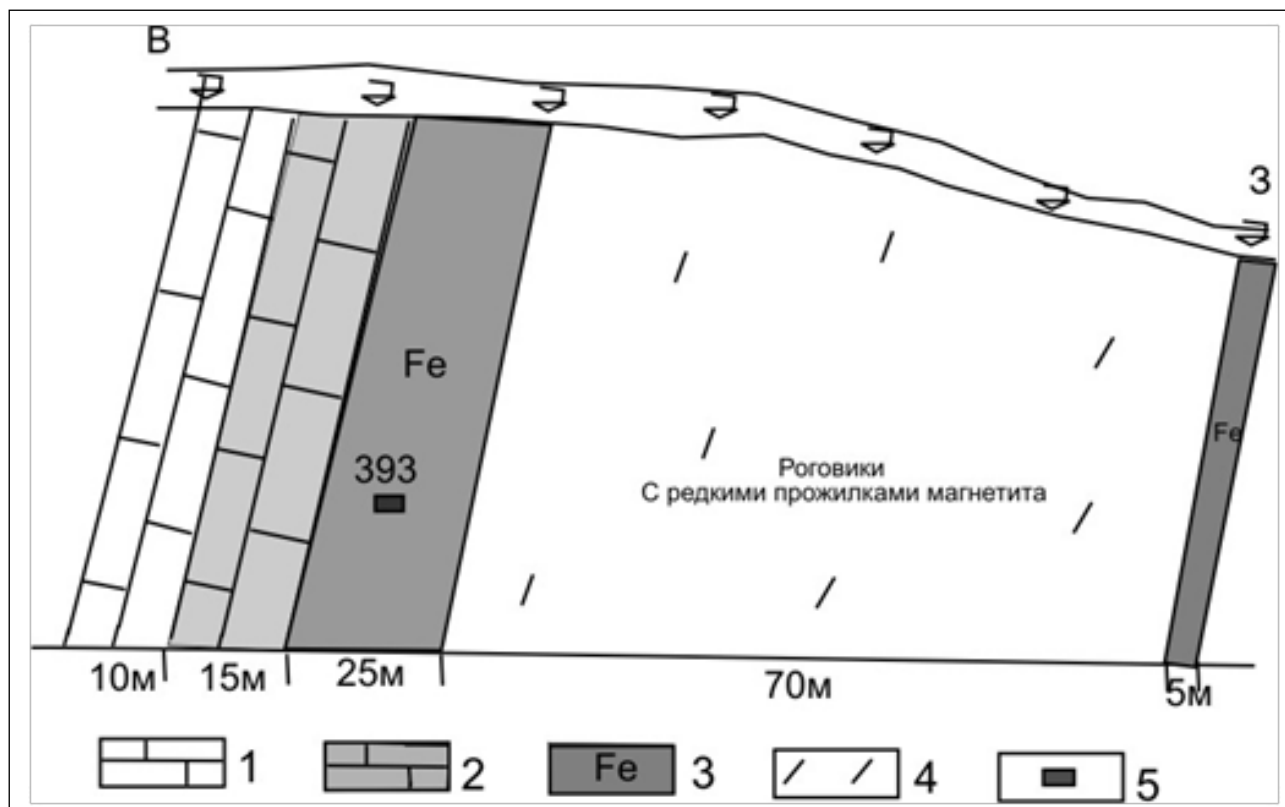


Рис. 4. Зарисовка южного борта автодороги Москва – Владивосток, в 4 км к западу пос. Известковый

1 – белые мраморизованные известняки; 2 – темносерые известняки; 3 – железорудные тела; 4 – черные роговики с редкими прожилками магнетита; 5 – место отбора пунктирной пробы и ее номер, с содержанием золота 8 г/т

Fig. 4. Sketch of the southern side of the Moscow – Vladivostok highway, 4 km west of the village. Calcareous

1 – white marbled limestones; 2 – dark gray limestones; 3 – iron ore bodies; 4 – black cornea with sparse veins of magnetite; 5 – the location of the dotted sample and its number, with a gold content of 8 g/t

В 2010 г. автором была обнаружена окварцованная железорудная зона длиной около 1.5 км, мощностью 1–15 м, в 4 км восточнее Кимканского месторождения, с высокими содержаниями золота на уровне 10–50 г/т, по рентгено-флуоресцентному анализу (рис. 5).

В 2011 г. опубликованы данные о содержании золота в рудах Кимканского месторождения железа. По данным исследования 28 проб методом ICR-MS с кислотным вскрытием проб, содержания золота и платины составляют в среднем 0.46 г/т, при колебаниях от 0.3 до 3.1 г/т [21]. Но, как подчеркивают авторы, «учитывая исключительную устойчивость микровключений к химическому разложению, оценку потенциала этого типа минерализации целесообразно вести с помощью неразрушающих физических методов анализа» [4, с. 161], например, атомно-абсорбционным,

рентгено-флуоресцентным или нейтронно-активационными методами.

В 2012 г. было проведено технологическое исследование валовой пробы весом 70 кг из оклорудных вмещающих пород Кимканского месторождения железа в Институте горного дела в г. Хабаровске. По данным нейтронно-активационного анализа, содержание золота в пробе равно 0.4 г/т, по данным балансового расчета золота и платина присутствуют в количестве 1 г/т, в свободной, легко извлекаемой форме. При этом извлекаемость золота из руд составляет 79.4% даже при использовании одного гравитационного метода [19, с. 12]. Кроме того, выявлены редкоземельные минералы – циркон, монацит, ксенотим, апатит, ортит.

В марганцевой оторочке Южно-Хинганского месторождения железа было выявлено промышленное содержание платины и серебра [20].



Рис. 5. Фото крупной глыбы окварцованной и лимонитизированной железной руды, с содержанием золота 50 г/т. Фото автора, 2010 г.

Fig. 5. Photo of a large block of quarried and limonitized iron ore, with a content of 50 g/ton gold. The photo is taken by the author in 2010

Аномалии урана были обнаружены в северной части Южно-Хинганского месторождения при проведении государственной геологической съемки масштаба 1:200 000 [2].

В 2021 г. были обнаружены золото, серебро и медь в нескольких образцах из руд Костеньгинского месторождения железа [5]. Ранее, по данным технологических исследований проб из Кимканского и Сутарского месторождений железа, в них был выявлен наряду с другими сульфидами и медный минерал халькопирит, свидетельствующий о наличии в рудах железа и некоторого количества меди [14].

Согласно приведенным данным, золото, платина и серебро обнаружены во всех месторождениях железа Еврейской автономной области в низкой, но промышленной концентрации. При этом выявлены и другие сопутствующие металлы – редкоземельные металлы, медь и уран.

Следовательно, месторождения железа ЕАО сходны по составу сопутствующих металлов с рудами месторождения Олимпик-Дам – модельного типа IOCG-месторождений. Но в месторождениях железа ЕАО главное промышленное значение имеют благородные металлы – золото, платина и серебро, а медь, редкоземельные металлы и уран присутствуют в резко подчиненном количестве.

Таким образом, месторождения железа ЕАО представляют собой железо-окисно-благородно-металльный тип месторождений – новый, третий тип IOCG-месторождений.

Примеры успешной разработки месторождений железа с низким содержанием золота

В конце XX столетия стало выгодно перерабатывать бедные и труднообогатимые руды: включать в эксплуатацию внебалансовые запасы; возобновлять эксплуатацию ранее «законсервированных» карьеров и полигонов, рудников и шахт; перерабатывать техногенные отвалы многих горно-обогатительных комбинатов. Кардинальные изменения произошли в технологии обогащения золотоносных руд за счёт кучного, а также кучного с цианизацией выщелачивания в отвалах, и совершенствования других пиро- и гидрометаллургических способов (например, автоклавного обогащения тугоплавких руд). Это обусловило повышение рентабельности вторичной переработки бедных руд и «хвостов» обогатительных фабрик с содержанием золота на уровне 1,0–0,3 г/т и менее (табл. 2).

Аналогичным образом широко вовлекаются в промышленное производство и многие месторождения железных руд с низкими содержаниями золота (табл. 3).

В настоящее время кучное выщелачивание является наиболее простым и выгодным способом извлечения золота из бедных руд и отвалов. Капитальные и эксплуатационные затраты при таком способе составляют соответственно 20% и 40% по сравнению с затратами при извлечении благородных металлов традиционными методами [15].

Процесс кучного выщелачивания заключается в складировании добытой руды (с применением предварительного дробления) в кучи на водонепроницаемом основании и орошении разбавленным раствором NaCN (0,05–0,1%). Раствор просачивается через слой руды, растворяя благородные металлы, а затем стекает в резервуар.

Кучное выщелачивание активно применяют в США, Канаде и Австралии на многих золотодобывающих предприятиях. Выщелачиваемые руды содержат 0,35–1,5 г/т и относятся обычно к окисленному типу, с размером частиц золота 2–5 мкм. Масштаб переработки на разных фабриках колеблется от 1 до 10 тыс. т руды в день [15].

Таким образом, рост цен на золото позволил выгодно перерабатывать многие месторождения бедных руд, а также отвалов руд на действующих золотодобывающих предприятиях.

О Гаринском месторождении

Неподалеку, в Амурской области, находится крупное Гаринское месторождение железных руд протерозойского возраста, с запасами и ресурсами

Таблица 2

Примеры разрабатываемых крупнообъемных месторождений
с комплексными рудами и низким содержанием золота [17]

Table 2

Examples of large-volume deposits being developed, with complex ores and low gold content [17]

№ п/п	Месторождения	Запасы золота	Среднее сод, Au, г/т	Годовая добыча Au, т
1	Грасберг (Индон)	2640	1	90
2	Кальмакыр	1350	0,5	13
3	Карлин	570	1,2 – 1,5	32
4	Янакоча (Перу)	1500	0,6	71
5	Бингхем	350	0,96	12
6	Ок-Теди (Папуа)	260	0,9	16
7	Олимпик-Дам	1200	0,5	15

руд на уровне 1 млрд т. Содержание золота в рудах месторождения варьирует от следов до 1.6 г/т (в среднем около 1 г/т), меди – до 0.77 %, по данным химических анализов 39 проб [16].

Поэтому суммарные запасы и ресурсы золотосодержащих железных руд ЕАО могут составить 4 млрд т. Это огромная величина, достаточная для работы металлургического завода более чем на 100 лет, при годовой добыче руд порядка 10–20 млн т.

О необходимости создания металлургического завода в ЕАО, на базе крупной железорудной базы, говорилось в работе [10]. В свете новых

данных о преобладающем значении золота и меди в железных рудах гигантского месторождения Олимпик-Дам и золота в железных рудах ЕАО необходимость создания металлургического завода становится особенно актуальной. Но строительство металлургического завода дело довольно затратное. Оно возможно лишь путем кооперации ряда предприятий Хабаровского края и при организационно-финансовом участии государства.

Заключение

В протерозойских прогибах Хинганской ру-доносной области Дальнего Востока сформировано несколько протяженных железорудных зон (до 40–55 км) с месторождениями железистых кварцитов. Разведанные запасы их и ресурсы железных руд оцениваются в 3 млрд т, с содержанием железа в рудах на уровне 30–35%.

По данным научных исследований последних лет (2000–2021 гг.), многие рассмотренные месторождения железных руд содержат невысокие, но промышленные концентрации сопутствующих золота и платины – на уровне 0,5–1 г/т [7, 8, 11, 20]. В выявленной новой железорудной зоне Известковой, в 4 км восточнее Кимканского месторождения, с окварцованными рудами, содержания золота высокие, на уровне 10–50 г/т [8]. Кроме того, в околорудных породах Кимканского месторождения и в проявлении фосфоритов «Гремучий» установлены редкоземельные минералы [19, 22], а в северной части Южно-Хинганского месторождения железа выявлена аномалия урана [2].

Соответственно рассмотренные железорудные месторождения ЕАО с сопутствующими благородными и редкоземельными металлами и

Таблица 3

Месторождения разрабатываемых месторождений
железных руд с низкими содержаниями золота [17, 23]

Table 3

Developed deposits of iron
ore with low gold contents [17, 23]

№ п/п	Месторождения	Запасы руды, т	Среднее сод. Au, г/т
1	Олимпик-Дам, Австралия	3 млрд	0.5
2	Салобо, Бразилия	986 млн	0.49
3	Каррапатина, Австралия	203 млн	0.56
4	Ла-Кандепария, Чили	600 млн	0.2
5	Кристаллино, Бразилия	500	0.3
6	Проминент Хилл	153	0.48

ураном сходны по составу руд с месторождением Олимпик-Дам в Австралии – модельным типом IOCG-месторождений. Но в отличие от указанного месторождения в месторождениях железа ЕАО главное промышленное значение имеет благороднометалльная минерализация.

Поэтому месторождения железа ЕАО представляют собой новый, третий тип IOCG-месторождений – железоокисно-благороднометалльный тип.

Работа выполнена в рамках государственного плана для ИКАРП ДВО РАН на 2024–2026 гг., с учетом результатов работ по гранту РФФИ – ХНЦ ДВО РАН № 06-05-96044 «Исследование генезиса платина-никель-медь-уран-золотого оруденения в рифейских черносланцевых толщах Еврейской автономной области, сопровождающего крупные железорудные зоны, для комплексного использования руд».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы горно-рудной промышленности Дальнего Востока. Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2017. 820 с.
2. Атрашенко А.Ф. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Серия Буреинская, листы М-52-(XXXV), М-52-XXXVI: объяснительная записка. 2-е изд. / А.Ф. Атрашенко, М.К. Жевержева, Т.Д. Беломестнова. СПб., 2000. 226 с.
3. Башлыкова Т.В. Минералого-технологическое изучение пробы марганцевых руд Южно-Хинганского месторождения: отчет о научно-исследовательской работе / Геологические фонды Биробиджанского филиала ФБУ «ТФГИ по Дальневосточному федеральному округу». М., 2000.
4. Бердников Н.В., Александрова Т.Н., Коновалова Н.С., Черепанов А.А., Комарова Н.С. Формы выделения благородных металлов в углеродистых сланцах на Дальнем Востоке России // Тектоника, магматизм и геодинамика Востока России. VII Косыгинские чтения: материалы всерос. конф. Хабаровск, 2011. С. 159–161.
5. Бердников Н.В., Невструев В.Г., Кепежинская П.К. и др. Силикатные, железо-окисные и золото-медь-серебряные микросферулы в рудах и пирокластике Костеньгинского железорудного месторождения (Дальний Восток России) // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 3. С. 67–84. DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-3-67-84.
6. Буряк В.А. Золото Еврейской автономной области / В.А. Буряк, В.И. Журнист, А.А. Кузин. Биробиджан; Хабаровск, 2002. 123 с.
7. Гурская Л. И. Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 208 с.
8. Жирнов А.М. Благороднометалльные железомарганцевые месторождения Кимканского бассейна Дальнего Востока // Литология и полезные ископаемые. 2016. № 5. С. 431–437. DOI: 10.7868/S0024497X16050050.
9. Жирнов А.М. Региональный прогноз золотых и золото-урановых объектов на юге Буреинского кратона // Отечественная геология. 1997. № 2. С. 23–31.
10. Жирнов А.М. Создание металлургического комплекса на базе золото-железорудных месторождений Дальнего Востока // ЭКО. 2023. № 3. С. 177–192. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2023-3-177-192.
11. Жирнов А.М., Горошко М.В., Моисеенко Н.В. Южно-Хинганский золото-железорудный гигант в протерозойском грабене Буреинского кратона // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2012. № 2. С. 2–10. EDN: OXUHFF.
12. Иогансон А.К. К проблеме закономерностей формирования протерозойских железоокисно-редкоземельных (с медью, ураном, золотом) месторождений типа Олимпик-Дэм – Баян-Обо // Региональная геология и металлогения. 2015. № 64. С. 101–112. EDN: VLAKOD.
13. Крятов Б.М. Железорудная отрасль России. Проблемы сырьевой базы // Минеральные ресурсы России. 2006. № 1. С. 8–13. EDN: KHRNRF.
14. Медведев Н.В., Медведева И.Н., Шапошников Е.Я. Железные и марганцевые руды // Геология СССР. Т. XIX. Хабаровский край и Амурская область. Полезные ископаемые. М.: Недра, 1976. С. 61–111.
15. Мейерович А.С. Современная практика извлечения благородных металлов из забалансовых руд и отвальных продуктов за рубежом / А.С. Мейерович, А.В. Нарсеев. М.: ВИЭМС, 1989. 45 с. (Обзор ВНИИ экон. минер. сырья и геол.-развед. работ).
16. Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков / И.А. Васильев, В.П. Капанин, Г.П. Ковтонюк и др. Благовещенск, 2000. 168 с.
17. Некрасов Е.М. Крупные эндогенные месторождения поддерживают высокий уровень добычи золота в мире // Геология рудных месторождений. 2005. № 3. С. 203–210.

18. Панов Б.С. Олимпик-Дам – уникальное медно-уран-золото-серебряное месторождение (Австралия) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2001. № 4. С. 58–68.
 19. Ханчук А.И., Рассказов И.Ю., Александрова Т.Н., Комарова В.С. Природные и технологические типоморфные ассоциации микроэлементов в углеродистых породах Кимканского рудопоявления благородных металлов (Дальний Восток) // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31, № 5. С. 3–12. EDN: PGYCSJ.
 20. Ханчук А.И., Рассказов И.Ю., Крюков В.Г., Литвинова Н.М., Саксин Б.Г. О находке промышленной платины в рудах Южно-Хинганского месторождения марганца // Доклады Академии наук. 2016. Т. 470, № 6. С. 701–703. DOI: 10.7868/S086956521630023X.
 21. Черепанов А.А., Александрова Т.Н. Перспективы выявления промышленного оруденения в углеродистых толщах Буреинского массива // Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии. VII Косыгинские чтения: материалы всерос. конф. Хабаровск, 2011. С. 232–234.
 22. Черепанов А.А., Бердников Н.В., Штарева А.В. Редкоземельные элементы и благородные металлы в фосфоритах проявления Гремучий (Малый Хинган, Дальний Восток России) // Тихоокеанская геология. 2019. Т. 38, № 6. С. 99–107. DOI: 10.30911/0207-4028-2019-38-6-99-107.
 23. Groves D.I., Bierlein F.P., Meinert L.D., Hitzman M.W. Iron Oxide Copper-Gold (IOCG) Deposits through Earth History: Implications for Origin, Lithospheric Setting, and Distinction from Other Epigenetic Iron Oxide Deposits // Economic Geology. 2010. Vol. 105. P. 641–654. DOI: 10.2113/gsecongeo.105.3.641.
- REFERENCES:
1. Arkhipov G.I. *Mineral'nye resursy gornorudnoi promyshlennosti Dal'nego Vostoka* (Mineral resources of the mining industry of the Far East). Khabarovsk: IGD FEB RAS, 2017. 820 p. (In Russ.).
 2. Atrashenko A.F. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:200 000. Seriya Bureinskaya, listy M-52-(XXXV), M-52-XXXVI: ob'yasnitel'naya zapiska* (State geological map of the Russian Federation scale 1:200 000. Bureinskaya series, sheets M-52-(XXXV), M-52-XXXVI: explanatory note), 2nd ed., A.F. Atrashenko, M.K. Zheverzheva, T.D. Belomestnova. Saint Petersburg, 2000. 226 p. (In Russ.).
 3. Bashlykova T.V. *Mineralogo-tehnologicheskoe izuchenie proby margantsevykh rud Yuzhno-Khinganskogo mestorozhdeniya: otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote* (Mineralogical and technological study of a sample of manganese ores from the Yuzhno-Khinganskoye deposit: a report on research work), Geological Funds of the Birobidzhan branch of the Far Eastern Federal District Research Institute. Moscow, 2000. (In Russ.).
 4. Berdnikov N.V., Alexandrova T.N., Konovalova N.S., Cherepanov A.A., Komarova N.S. Forms of separation of precious metals in carbonaceous shales in the Russian Far East, in *Tektonika, magmatizm i geodinamika Vostoka Rossii. VII Kosygin'skie chteniya: materialy vsenos. konf.* (Tectonics, magmatism and geodynamics of the East of Russia. VII Kosygin'sky readings: materials of the All-Russian conference). Khabarovsk, 2011, pp. 159–161. (In Russ.).
 5. Berdnikov N.V., Nevstruev V.G., Kepezhinskas P.K. and others. Silicate, Fe-Oxide, and Au–Cu–Ag Microspherules in ores and Pyroclastic Rocks of The Kostenga Iron Deposit, in the Far East of Russia. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2021, vol. 40, no. 3, pp. 67–84. (In Russ.). DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-3-67-84.
 6. Byryak V.A. *Zoloto Evreiskoi avtonomnoi oblasti* (Gold of the Jewish Autonomous Region), V.A. Byryak, V.I. Zhyrnist, A.A. Kuzin. Birobidzhan; Khabarovsk, 2002. 123 p. (In Russ.).
 7. Gurskaya L.I. *Platinometall'noe orudnenie chernoslantsevogo tipa i kriterii ego prognozirovaniya* (Platinum-metal mineralization of the black shale type and criteria for its forecasting). Saint Petersburg: VSEGEI, 2000. 208 p. (In Russ.).
 8. Zhirnov A.M. Noble Metal-Bearing Ferromanganese Deposits in the Kimkan Basin, Russian Far East. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 2016, no. 5, pp. 431–437. (In Russ.). DOI: 10.7868/S0024497X16050050.
 9. Zhirnov A.M. Regional forecast of gold and gold-uranium objects in the south of the Bureinsky craton. *Otechestvennaya geologiya*, 1997, no. 2, pp. 23–31. (In Russ.).
 10. Zhirnov A.M. Creation of a metallurgical complex based on the gold and iron ore deposits of the Far East. *ECO*, 2023, no. 3. pp. 177–192. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2023-3-177-192.
 11. Zhirnov A.M., Goroshko M.V., Moiseenko N.V. The South-Khingan Gold-Iron ore Giant in the

- Proterozoic Graben of the Burean Craton (Russian Far East). *Vestnik SVNTS DVO RAN*, 2012, no. 2, pp. 2–10. (In Russ.). EDN: OXUHFF.
12. Ioganson A.K. On the problem of formation patterns of Proterozoic iron oxide-rare earth (with copper, uranium, and gold) deposits of the Olympic-Dam-Bayan-Obo type. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2015, no. 64, pp. 101–112. (In Russ.). EDN: VLAKOD.
 13. Kryatov B.M. The iron ore industry of Russia. Problems of the Resource base. *Mineral'nye resursy Rossii*, 2006, no. 1, pp. 8–13. (In Russ.). EDN: KHRNRF.
 14. Medvedev N.V., Medvedeva I.N., Shaposhnikov E.Ya. Iron and manganese ores, in *Geologiya SSSR. T. XIX. Khabarovskii krai i Amurskaya oblast'. Poleznye iskopaemye*. (Geology of the USSR. Vol. XIX. Khabarovsk Territory and Amur region. Minerals). Moscow: Nedra Publ., 1976, pp. 61–111. (In Russ.).
 15. Meyerovich A.S. *Sovremennaya praktika izvlecheniya blagorodnykh metallov iz zabalansovykh rud i otval'nykh produktov za rubezhom* (Modern practice of extracting precious metals from off-balance sheet ores and landfill products abroad), A.S. Meyerovich, A.V. Narseev. Moscow: VIEMS, 1989. 45 p. (Review of VNII ekon. miner. raw materials and geol.-intelligence. works). (In Russ.).
 16. *Mineral'no-syr'evaya baza Amurskoi oblasti na rubezhe vekov* (The mineral resource base of the Amur region at the turn of the century), I.A. Vasiliev, V.P. Kapanin, G.P. Kovtonyuk et al. Blagoveshchensk, 2000. 168 p. (In Russ.).
 17. Nekrasov E.M. Large endogenous deposits support a high level of gold production in the world. *Geologiya rudnykh mestorozhdenii*, 2005, no. 3, pp. 203–210. (In Russ.).
 18. Panov B.S. Olympic Dam – a unique copper-uranium-gold-silver deposit (Australia). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka*, 2001, no. 4, pp. 58–68. (In Russ.).
 19. Khanchuk A.I., Rasskazov I.Yu., Alexandrova T.N., Komarova V.S. Natural and Technological Typomorphic Associations of Trace Elements in Carbonaceous Rocks of the Kimkan Noble Metal Occurrence, Far East. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2012, vol. 31, no. 5. pp. 3–12. (In Russ.). EDN: PGYCSJ.
 20. Khanchuk A.I., Rasskazov I.Y., Kryukov V.G., Litvinova N.M., Saksin B.G. Finds of Economic Platinum in Ores From the South Khingan Mn Deposit. *Doklady Akademii nauk*, 2016, vol. 470 (6), pp. 701–703. (In Russ.). DOI: 10.7868/S086956521630023X.
 21. Cherepanov A.A., Alexandrova T.N. Prospects for the identification of industrial mineralization in carbonaceous strata of the Bureinsky massi, in *Tektonika, magmatizm i geodinamika Vostoka Azii. VII Kosygin'skie chteniya: materialy vseros. konf.* (Tectonics, magmatism and geodynamics of East Asia. VII Kosygin'sky readings: materials of the All-Russian conference). Khabarovsk, 2011, pp. 232–234. (In Russ.).
 22. Cherepanov A.A., Berdnikov N.V., Shtareva A.V. Rare-Earth Elements and Noble Metals in Phosphorites of the Gremuchy Occurrence, Lesser Khingan, Far East of Russia. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2019, vol. 38, no. 6, pp. 99–107. DOI: 10.30911/0207-4028-2019-38-6-99-107.
 23. Groves D.I., Bierlein F.P., Meinert L.D., Hitzman M.W. Iron Oxide Copper-Gold (IOCG) Deposits through Earth History: Implications for Origin, Lithospheric Setting, and Distinction from Other Epigenetic Iron Oxide Deposits. *Economic Geology*, 2010, vol. 105, pp. 641–654. DOI: 10.2113/gsecongeo.105.3.641.

IRON OXIDE AND RARE EARTH PRECIOUS METAL DEPOSITS OF THE JEWICH AUTONOMOUS REGION AS A NEW TYPE OF THE IOCG DEPOSITS

A.M. Zhirnov

The purpose of the work is to consider complex ores (Fe, Au, Pt, Ag, REE) in the Proterozoic iron deposits in the JAR and compare them with the largest deposits of the IOCG type. The reserves and resources in the Jewish Autonomous region iron ore deposits, with an iron content of 35%, are equal to 3 billion tons. As for the related metals in the iron ores, the iron deposits in the region are similar to the Proterozoic copper-uranium giant Olympic Dam, with an iron content of 35%. The complex of valuable metals in it is superimposed on earlier iron ores. The second model type of Proterozoic IOCG deposits is a giant Bayan Obo rare earth metal deposit in China. In the ores of the iron deposits of the Jewish

Autonomous Region, gold and platinum amount to 0.5–1 g/t. The iron ore deposits in the Jewish Autonomous region, with significant concentrations of precious metals, represent the IOCG deposits new third type.

Keywords: Jewish Autonomous region, iron ore basin, complex (Fe, Au, Pt, Ag, RES) ores, precious metals, increased concentrations

Reference: Zhirnov A.M. Iron oxide and rare earth precious metal deposits of the Jewish Autonomous Region as a new type of the IOCG deposits. *Regional'nye problemy*, 2025, vol. 28, no. 3, pp. 8–18. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2025-28-3-8-18.

Поступила в редакцию 10.04.2025

Принята к публикации 17.09.2025