

## Научные статьи

УДК 571.63:553.3

DOI: 10.31431/1816-5524-2019-3-43-5-18

### ОЛОВО ПРИМОРЬЯ. КАВАЛЕРОВСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН

© 2019 Орехов А.А., Гоневчук В.Г., Семеняк Б.И.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, 690022, Владивосток, Россия;  
e-mail: aa.orekhov@gmail.com*

Рассмотрены история становления и современное состояние оловодобывающей отрасли горнорудной промышленности Приморья, и ведущего в ней Кавалеровского рудного района. На примере отдельных «типовых» месторождений охарактеризованы главные особенности оловянной минерализации. Основное внимание уделено вещественному составу руд, определяющему промышленную (потенциальную) ценность месторождений, а также прогнозным оценкам. Показано, что основная перспектива возрождения оловянной горнорудной отрасли производства в регионе определяется комплексным — многометалльным составом руд преобладающих здесь месторождений касситерит-сульфидной формации, в рудах которых, кроме олова, присутствуют (в порядке экономической значимости): Zn, Cu, Ag, Pb, In, Au.

В качестве примера, детально описано Арсеньевское месторождение, в особенностях которого отражены главные черты металлогении олова Приморья. Его уникальность обусловлена не только крупными запасами олова, но и совмещением в нем руд разных по минеральному составу и содержанию полезных компонентов. Также, рассмотрено месторождение Искра — последнее из обнаруженных (1989 г.) и эксплуатировавшихся (1992–2001 гг.) оловянных месторождений Приморья.

*Ключевые слова: олово, Приморье, Кавалерово, месторождения, руды, запасы, перспективы.*

#### ВВЕДЕНИЕ

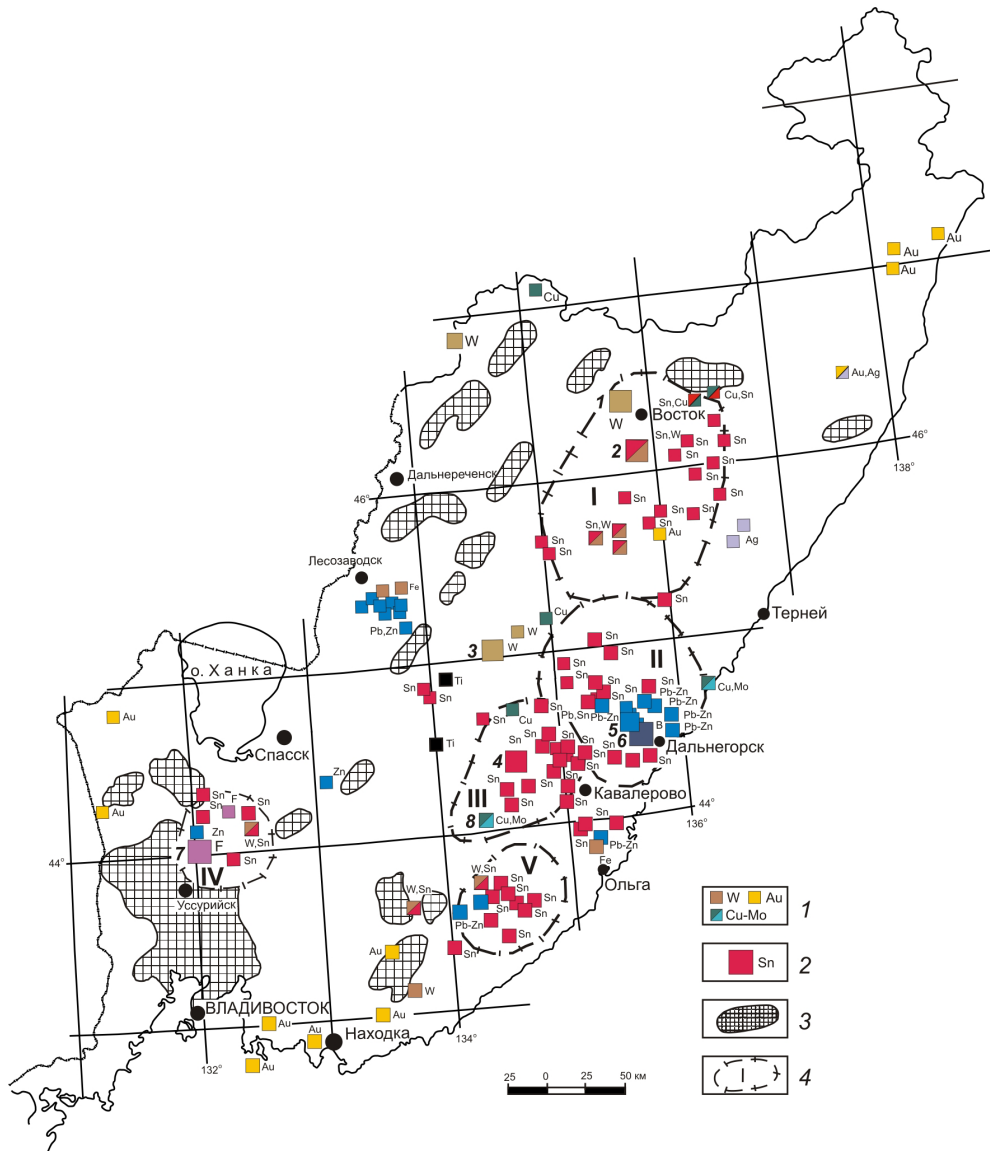
Приморье — регион, который в недалеком прошлом определял состояние оловодобывающей отрасли горнорудной промышленности России и, несомненно, будет вновь определять его в будущем. К настоящему времени на его территории выявлено, в разной степени изучено и освоено около 70 коренных и россыпных (соотношение 3/1) оловянных месторождений (Архипов, 2011; Лошак, 2002). Учетные балансовые запасы олова по 25 коренным и 6 россыпным месторождениям — более 470 тыс. т, в том числе, суммарно для категорий А+В+С<sub>1</sub> — более 380 тыс. т. Общие прогнозные ресурсы олова составляют: по категории Р<sub>1</sub> — 74 тыс. т, по категории Р<sub>2</sub> — 48 тыс. т. Ресурсы (Р<sub>1</sub>) свинца в коренных оловорудных месторождениях — 84 тыс. т, цинка — 44 тыс. т.

Большая часть месторождений сосредоточена в Арминском и Кавалеровском рудных районах, расположенных, соответственно, в северной

и центральной частях Приморья (рис. 1). С юга к Кавалеровскому району примыкает Фурмановский рудный район, объем и перспективы оловянной минерализации которого оцениваются как менее значительные (Семеняк и др., 2018).

#### КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РУДНОГО РАЙОНА И «ТИПОВЫЕ» ОБЪЕКТЫ

История Кавалеровского оловорудного района началась с открытия в 1939 г. в верхней части бассейна р. Кенцухэ (ныне р. Зеркальная) незначительных по запасам, но богатых по содержанию касситерита, россыпей. В 1940 г. здесь же было открыто первое месторождение коренных оловянных руд — Лифудзинское (ныне Дубровское), а в 1941 г. — месторождение Хрустальное. На их базе в 1941 г. был заложен Хрустальненский горно-обоганительный комбинат. Одновременно с разведкой этих месторождений Кавалеровской экспедицией, созданной в 1943 г., продолжался



**Рис. 1.** Схема размещения месторождений Приморского края (Ханчук и др., 1995 с изменениями авторов): 1 — месторождение, главный компонент; 2 — крупные и уникальные месторождения: 1 — Восток-2, 2 — Тигриное, 3 — Скрытое, 4 — Арсеньевское, 5 — Николаевское, 6 — Датолитовое, 7 — Вознесенское, 8 — Лазурное; 3 — угольные бассейны; 4 — рудные районы: I — Арминский, II — Дальнегорский, III — Кавалеровский (район исследований), IV — Вознесенский, V — Фурмановский.

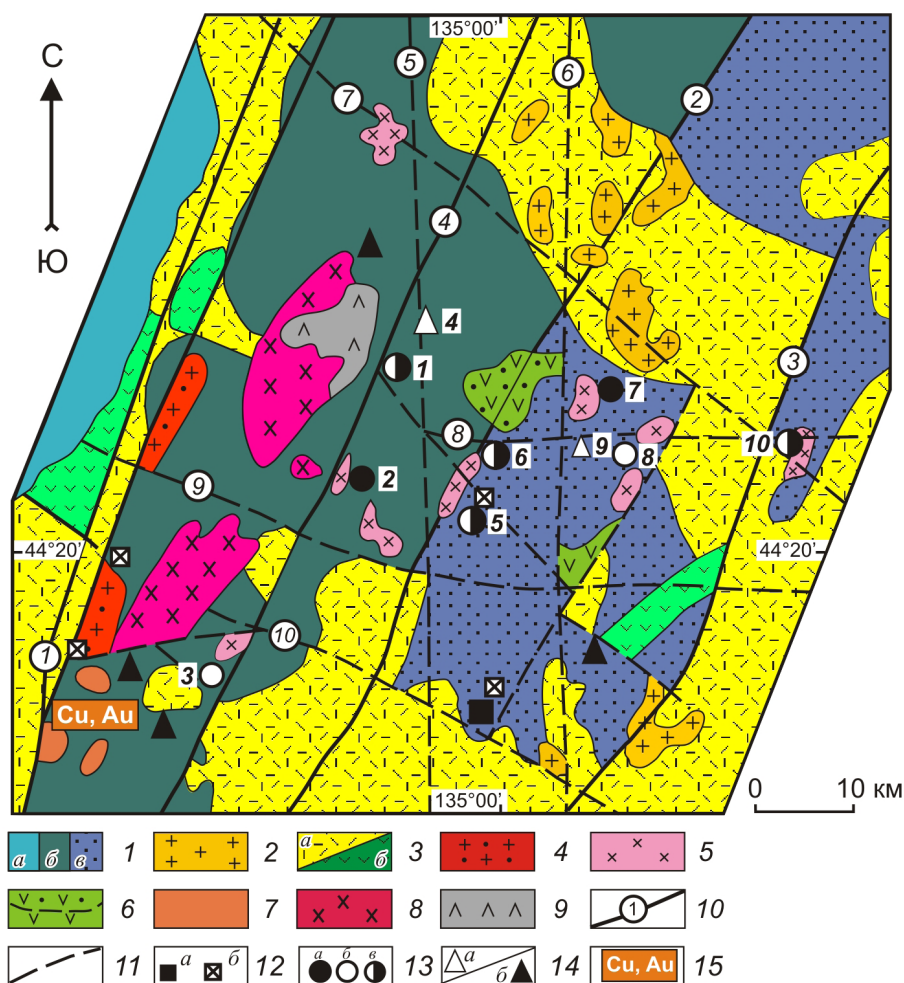
**Fig. 1.** Layout plan for deposits of Primorye region (Khanchuk et al., 1995 with modifications): 1 — deposit, main component; 2 — large and unique deposits: 1 — Vostok-2, 2 — Tigrinoe, 3 — Skritoye, 4 — Arsenyevskoye, 5 — Nikolayevskoye, 6 — Datolitovoye, 7 — Voznesenskoye, 8 — Lazurnoye; 3 — coal basins; 4 — ore districts: I — Arminsky, II — Dalnegorsky, III — Kavalerovsky (area of studies), IV — Voznesensky, V — Furmanovsky.

поиск новых рудных объектов. В 1991 г. Кавалеровский горный комплекс включал пять рудников, обрабатывавших семь месторождений, две обогатительные фабрики, геолого-разведочную экспедицию, три старательские артели. Продукция его составляла около 40% всего олова России.

Сегодня в районе известно 18 месторождений олова, из которых 10 относятся к касситерит-силикатной (Радкевич, 1968), 7 — к касситерит-сульфидной и одно — к касситерит-кварцевой рудным формациям. Среди них к группе крупных принадлежат Дубровское, Хрустальное, (в

государственном реестре числятся как «отработанные»); Верхнее и Арсеньевское (частично отработаны); к группе средних — Силинское (отрабатывается ОАО «Дальполиметалл» как объект свинцово-цинковых руд), Высокогорское, Юбилейное (отработаны), Новогорское, Ивановское, Искра, Левицкое, Темногорское (рис. 2).

Одна из особенностей оловянных месторождений Приморья — длительная, сложная история формирования во временном интервале от 92 до 45 млн лет. По составу руд такие месторождения относятся к сложным полифор-



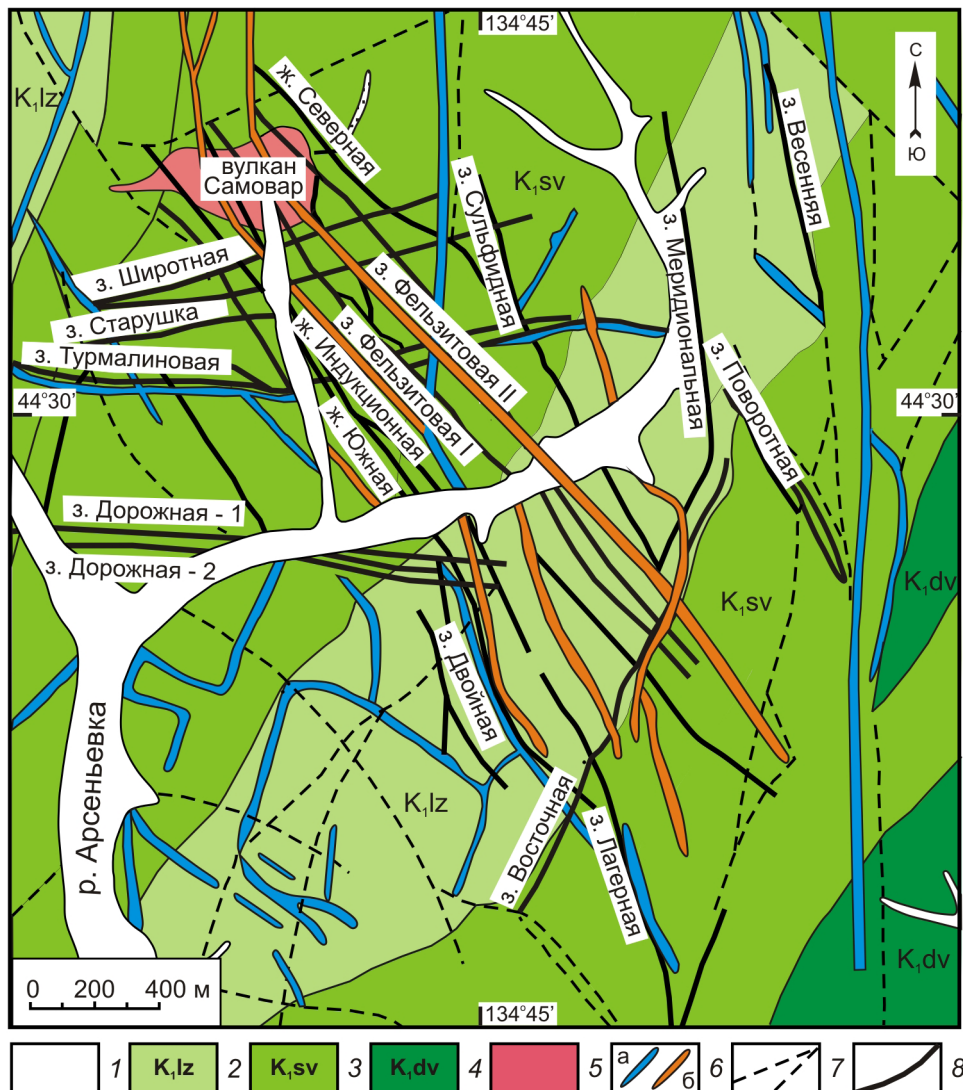
**Рис. 2.** Геолого-металлогеническая схема Кавалеровского рудного района. (Гоневчук и др., 2005 с изменениями авторов): 1 — терригенный (аккреционный) комплекс Самаркинского (а), Журавлевского (б), Таухинского (с) террейнов; 2 — гранит-порфиры Якутинского комплекса (богопольские); 3 — риолиты, дациты (а), андезит-дациты (б) и их туфы (богопольские, дорофеевские, сияновские), 4 — граниты и лейкограниты Шумнинского комплекса; 5–6 — Угловской комплекс: 5 — интрузивная фация, 6 — эффузивная фация; 7 — интрузивные массивы «золотоносной» ассоциации; 8–9 — трахиандезит-монцонитовый (Березовско-Араратский) комплекс: 8 — интрузивная фация, 9 — эффузивная фация; 10–11 — разломы: 10 — глубинные разломы (1 — Центральный Сихотэ-Алинский, 2 — Фурмановский, 3 — Суворовский, 4 — Березовский), 11 — прочие (в т.ч.: 5 — Ивановский, 6 — Хрустальный, 7 — Дорожный, 8 — Силинский, 9 — Зеркальный, 10 — Павловский); 12–15 — типы оловянной минерализации (месторождения, рудопроявления): 12 — скарны (а) и грейзены (б), 13 — касситерит-силикатная формация: турмалиновый (а), хлоритовый (б), турмалин-хлоритовый (с) типы, 14 — касситерит-сульфидная формация: а — арсенопирит-пирротин-сфалерит-галенитовый (колчеданный) тип, б — сфалерит-галенитовый тип; 15 — порфировое медно-молибденово-золотое месторождение Лазурное. Номерами показаны месторождения: 1 — Арсеньевское, 2 — Новогорское, 3 — Искра, 4 — Ивановское, 5 — Дубровское, 6 — Юбилейное, 7 — Темногорское, 8 — Силинское, 9 — Хрустальное, Левицкое, 10 — Высокогорское.

**Fig. 2.** Geological-metallogenic sketch of the Kavalеровskiy ore district. (Gonevchuk et al., 2005 with modifications): 1 — terrigenous (accretionary) assemblage Samarka (a), Zhuravlevka (b), Taukha (c) terranes; 2 — granite-porphyry from Yakutinsky assemblage (bogopolsky); 3 — rhyolites, dacites (a), andesite-dacites (b) and their tuffs (bogopolsky, dorofeevsky, siyanovsky), 4 — granites and leucogranites Shumny assemblage; 5–6 — Uglovka assemblage: 5 — intrusive facies, 6 — effusive facies; 7 — intrusive massifs of «gold-bearing» assemblage; 8–9 — trachyandesite-monzonitic (Berezovsky-Ararat) assemblage: 8 — intrusive facies, 9 — effusive facies; 10–11 — faults: 10 — deep faults (1 — Central Sikhote-Alin, 2 — Furmanovsky, 3 — Suvorovsky, 4 — Berezovsky), 11 — other (including: 5 — Ivanovsky, 6 — Khrustalny, 7 — Dorojny, 8 — Silinsky, 9 — Zerkalny, 10 — Pavlovsky); 12–15 — types of tin mineralization (deposits, outcrops): 12 — skarns (a) and greisen (b), 13 — cassiterite-silicate formation: tourmaline (a), chlorite (b), tourmaline-chlorite (c) types, 14 — cassiterite-sulfide formation: a — arsenopyrite-pyrrhotite-sphalerite-galena (sulphide) type, b — sphalerite-galena type; 15 — porphyry copper-molybdenum-gold Lazurnoye deposit. The numbers of deposits: 1 — Arsenyevskoye, 2 — Novogorskoye, 3 — Iskra, 4 — Ivanovskoye, 5 — Dubrovskoye, 6 — Jubileynoye, 7 — Temnogorskoye, 8 — Silinskoye, 9 — Khrustalnoye, Levitskoye, 10 — Vysokogorskoye.

мационным объектам, а по запасам полезных компонентов являются крупными или даже суперкрупными. Примером последнего является Арсеньевское месторождение Кавалеровского рудного района — одно из наиболее крупных, детально изученных и охарактеризованных в публикациях оловянных месторождений России (Архипов, 2011; Геология ..., 1980; Гоневчук и др., 2005, 2008, 2010; Кокорин и др., 1996, 2008; Митрофанов, 2011) (рис. 3).

**Арсеньевское месторождение** открыто в 1958 г. Первый этап его разведки с подсчетом запасов завершен в 1965 г., а в 1972 г. оно было

передано в эксплуатацию Хрустальненскому ГОКу с запасом 50–60 тыс. т олова в «балансовых» рудах. Граничными параметрами при подсчете были: мощность более 0.8 м, бортовое содержание — 0.15%, минимальное промышленное — 0.5%, метропроцент — 0.4 м%, пустые интервалы до 2.0 м. (Митрофанов, 2011). Более 60% этих запасов были сконцентрированы в жиле Южной (всего на месторождении выделено более десяти крупных и еще больше — мелких рудных тел). Эксплуатационная доразведка, изучение флангов и глубинных частей рудных тел и в целом рудного поля обеспечивали не только стабильность



**Рис. 3.** Геологическая схема Арсеньевского месторождения (Кокорин и др., 1996) с изменениями авторов: 1 — отложения речных долин; 2 — лужкинская свита ( $K_{1,lz}$ ): алевропесчаники, песчаники с конгломератами; 3 — светловоднинская свита ( $K_{1,sv}$ ): алевролиты и песчаники; 4 — дивнинская свита ( $K_{1,dv}$ ): алевролиты; 5 — лавы, лаво- и туфобрекчии риолитов; 6 — дайки: *a* — среднего и основного составов; *b* — кислого состава; 7 — разломы; 8 — рудные зоны и жилы.

**Fig. 3.** Geological sketch of the Arsenyevskoye deposit (Kokorin et al., 1996) with modifications by the authors: 1 — river valleys deposits; 2 — luzhkinskaya formation ( $K_{1,lz}$ ): sandstones, sandstones with conglomerates; 3 — svetlovodninskaya formation ( $K_{1,sv}$ ): siltstones and sandstones; 4 — divninskaya formation ( $K_{1,dv}$ ): siltstones; 5 — lava, lava and tuff-breccias of rhyolites; 6 — dykes: *a* — intermediate and basic compositions; *b* — acid composition; 7 — faults; 8 — ore zones and veins.

запасов олова, но и их прирост. Благодаря этому, в начале девяностых годов прошлого века запасы олова на Арсеньевском месторождении превысили 100 тыс. т, что сопоставимо, например, с запасами хорошо известного в мире месторождения Далкоут (Корнуолл, Англия) (Холл, 1990) или месторождения Солнечное (Хабаровский край, Россия) (Коростелев и др., 2001). Оловянное оруденение Арсеньевского месторождения сконцентрировано в жильных телах, большая часть из которых не проявлена в выходах на поверхность. Среди них отчетливо выделяются жилы основной — субмеридиональной, и дополнительной — субширотной серий. Главные рудные тела вскрыты подземными горными выработками (до глубины 400 м., X горизонт) и скважинами (до 800 м; единичные — до 1000 м).

По результатам минералого-геохимических и технологических исследований руды Арсеньевского месторождения разделены на два типа (сорта), различие которых, в основном, связано с разным содержанием сульфидных минералов (рис. 4). Такое деление очень важно для разработки технологических схем и планирования ожидаемых в связи с этим доходов и расходов (табл. 1).

При разведке и эксплуатации месторождения основное внимание обращалось на руды с незначительным содержанием сульфидов (первый тип). Это было обусловлено, в первую очередь, их хорошей обогатимостью: при использовании простейшей гравитационно-флотационной схемы извлечение главного оловянного минерала — касситерита — в концентрат было выше 70%. При этом содержание в концентрате основных вредных компонентов — серы и мышьяка, не превышало 4%. Такие руды преобладают в центральных частях жил главной — меридиональной серии: Южной, Индукционной, Первой и др.

Обогащенные сульфидами преимущественно тонкозернистые (труднообогащаемые) оловянно-полиметаллические руды (второй тип), рассматривались как «забалансовые» и детально не исследовались. Между тем этот тип рудной минерализации является преобладающим на месторождении. Такими рудами обогащены фланговые части жил Индукционной, Южной. Они доминируют в рудных телах субширотной серии: Широтная, Старушка, Турмалиновая и др. (рис. 3). По элементному составу — это комплексное сырье, в ассоциации главных рудных компонентов которого, в дополнение к олову,

**Таблица 1.** Вещественный состав технологических сортов (типов) руд Арсеньевского месторождения \* и стоимость металлов в 1 тонне руды \*\*.

**Table 1.** Composition of technological types of ores in the Arsenyevskoe deposit \* and cost of metals in 1 ton of ore \*\*.

Параметры	Среднекрупная умеренносульфидная оловянная руда (сорт I)		Мелкокрупная многосульфидная оловянно — полиметаллическая руда (сорт II)			
	Состав	Стоимость металла в 1 тонне	Сев. фланги жил Индукционной и Южной	Зона Турмалиновая	В целом	Стоимость металла в 1 тонне
Доля в общ. объеме руд, %	63.8		24.0	11.5	36.2	
Sn общее, %	2.75	547.08	1.00	2.16	1.55	358.90
кислоторастворимое	0.07		0.28	0.31	0.30	
Pb, %	0.50	9.88	0.88	1.20	1.03	20.35
Zn, %	0.82	20.79	2.47	2.15	2.32	58.81
Cu, %	0.17	10.08	0.71	0.95	0.82	48.63
Ag, г/т	19	9.60	52	177	111	56.07
Bi, г/т	114	2.47	160	385	266	5.76
In, г/т	15	3.36	44	33	39	8.73
Sb, г/т	21	0.28	26	124	31	0.42
Au, г/т	0.46	19.10	0.37	0.35	0.36	14.95
WO <sub>3</sub> г/т	2500	429.11	260	360	310	53.21
Общая стоимость, \$	1051.74					625.83
S, %	3.07		7.20	10.24	8.64	
As, %	1.33		3.41	3.06	3.24	
B, %	0.007		0.009	0.23	0.114	
F, %	0.439		0.639	0.060	0.368	
Сульфиды, всего %	8.60		21.20	28.50	24.60	
В т.ч.: - Пирротин, %	0.80		2.30	12.40	7.10	
- Пирит, %	2.60		4.60	2.50	3.60	
- Кварц, %	47.90		47.70	33	40.80	

Таблица 1. Окончание.

Table 1. Continued.

Хлорит и серицит, %	30.40		18.80	17.80	18.30	
Касситерит, всего % ***	2.94		0.96	2.47	1.67	
- в виде свободных зерен, %	73.20		33.50	40.30	36.70	
- в виде сростков с сульфидами, %	1.12		23.20	32.20	27.40	
Среднеобъемный размер зерен касситерита, мм <sup>3</sup>	0.096		0.039	0.036	0.038	
Извлечение в 15%-ный концентрат	74.90		22.50	46.80	37.60	
Структура стоимости металлов:						
в руде I сорта			в руде II сорта			
						

Примечание. Руды сорта I охарактеризованы 52 (17) минералогическими пробами, руды сорта II — 33 (11) пробами, в т. ч.: 21 (7) проба из жил Южной и Индукционной, 12 (4) проб из зоны Турмалиновой. В скобках число проб, испытанных на обогатимость. \* — данные по (Иванов, 1984; Митрофанов 2011); \*\* — стоимость металлов в долларах США на декабрь 2018 г. по данным: lme.com, kotco.com, flagma.ru; \*\*\* — рассчитано по содержанию олова.

Notes. Type I ores are characterized by 52 (17) mineral-technological samples, type II ores — 33 (11) samples, including: 21 (7) samples from Yuzhnaya and Induktionsnaya veins, 12 (4) samples from Turmalinovaya zone. In brackets — number of samples tested on concentrating. \* — data by (Ivanov, 1984; Mitrofanov, 2011); \*\* — cost of metals in USA dollars in December 2018 by: lme.com, kotco.com, flagma.ru; \*\*\* — calculated by tin content.

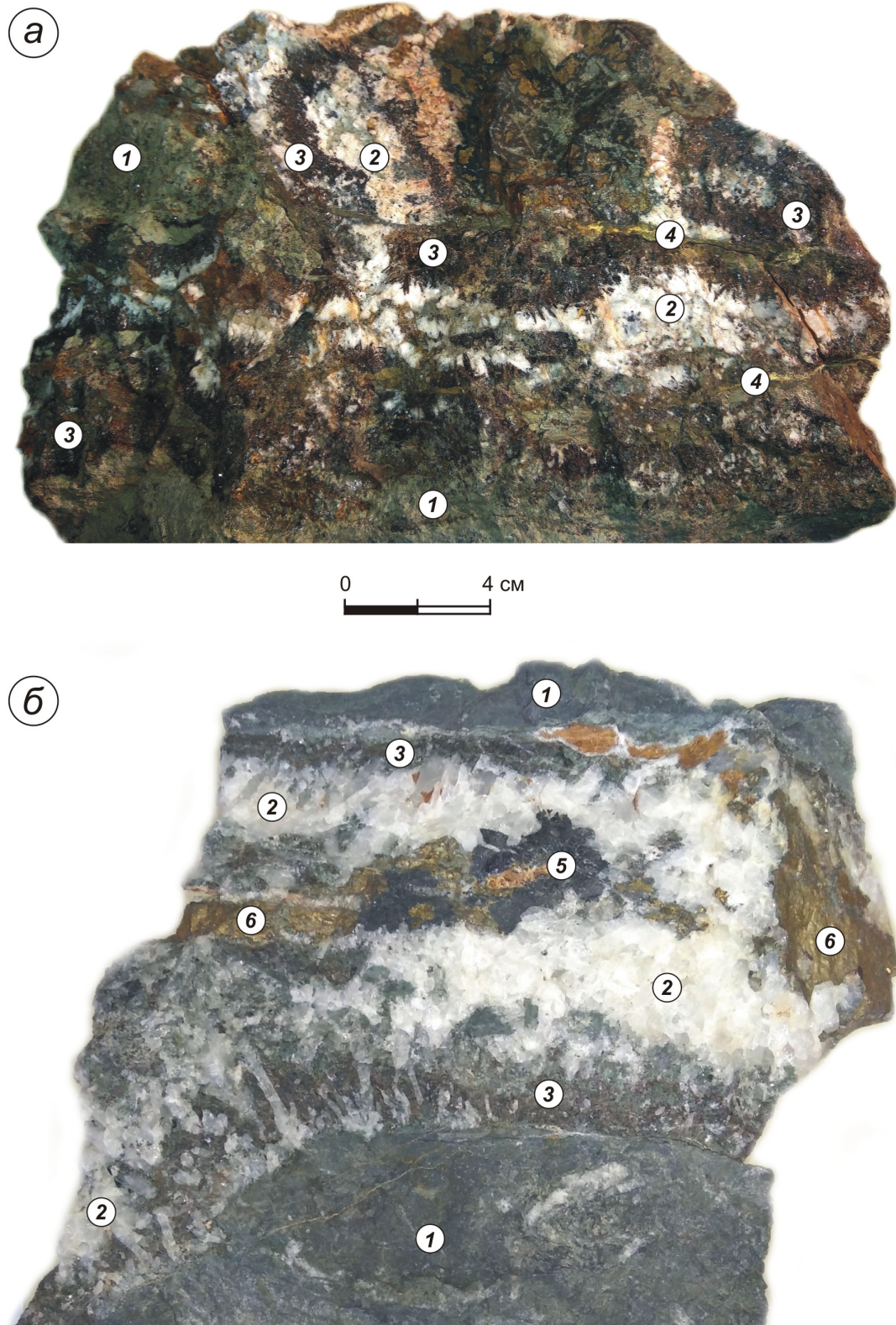
присутствуют свинец, цинк, медь, серебро, а в примесях — висмут, индий, кадмий, сурьма и самородное золото.

В 1984 г. специалистами Приморского территориального геологического управления проведена геолого-экономическая оценка забалансовых оловянно-полиметаллических руд северо-западного фланга жил Южной, Индукционной, а также сульфосольных руд субширотной зоны Турмалиновой. Оцененные запасы составили 1331 тыс. т при содержаниях: олова — 1.02%, свинца — 2.64%, меди — 0.92%, серебра — 105 г/т. По разработанной ВНИИцветметом технологической схеме были получены товарные концентраты: олова (КОШ-1; извлечение — 74.7%, содержание — 31.8%), свинца (КС-6; извлечение — 85.9%, содержание — 45.6%), цинка (КЦ-6; извлечение — 68.4%, содержание — 45.9%), меди (КМ-6%; извлечение — 80.7%, содержание — 21.0%).

Специалистами Дальневосточного геологического института (ДВГИ ДВО РАН) на Арсеньевском месторождении в качестве промышленно-значимой выделена вольфрамовая минерализация (Кокорин и др., 1996, 2008).

Основная часть вольфрама связана в гюбнерите, который совместно с пиритом сконцентрирован в составе поздней кварц-карбонатной ассоциации. В жилах главной серии (субмеридиональных) эта ассоциация является ведущей по объему. В связи с этим, даже при относительно слабой изученности, вольфрамовая минерализация представляется достаточно перспективной. Запасы трехоксида вольфрама, посчитанные для северной части месторождения на глубину 500 м от поверхности, составляют около 10000 тонн при среднем содержании 0.51%. По мнению А.М. Кокорина с коллегами (Кокорин и др., 1996, 2008), эти запасы отражают минимальный уровень и могут быть существенно увеличены при специальном исследовании, в т. ч. за счет более высоких содержаний трехоксида вольфрама. В обоснование указывается, что в зоне Южной, сконцентрировавшей более 60% олова Арсеньевского месторождения, в северной ее части на верхних горизонтах выделено рудное тело (~200 м по простиранию) с содержанием  $WO_3 \geq 1\%$ .

Рассматривая перспективы месторождения, отметим, что наиболее значительные из них



**Рис. 4.** Типы руд Арсеньевского месторождения: *a* — кварц-касситеритовая руда крустификационной текстуры, (ж. Индукционная); *б* — кварц-касситерит-сульфидная руда (ж. Южная): 1 — хлоритовый метасоматит, 2 — кварц, 3 — касситерит, 4 — тонкие прожилки сульфидов, 5 — сфалерит, 6 — халькопирит и др. сульфиды.

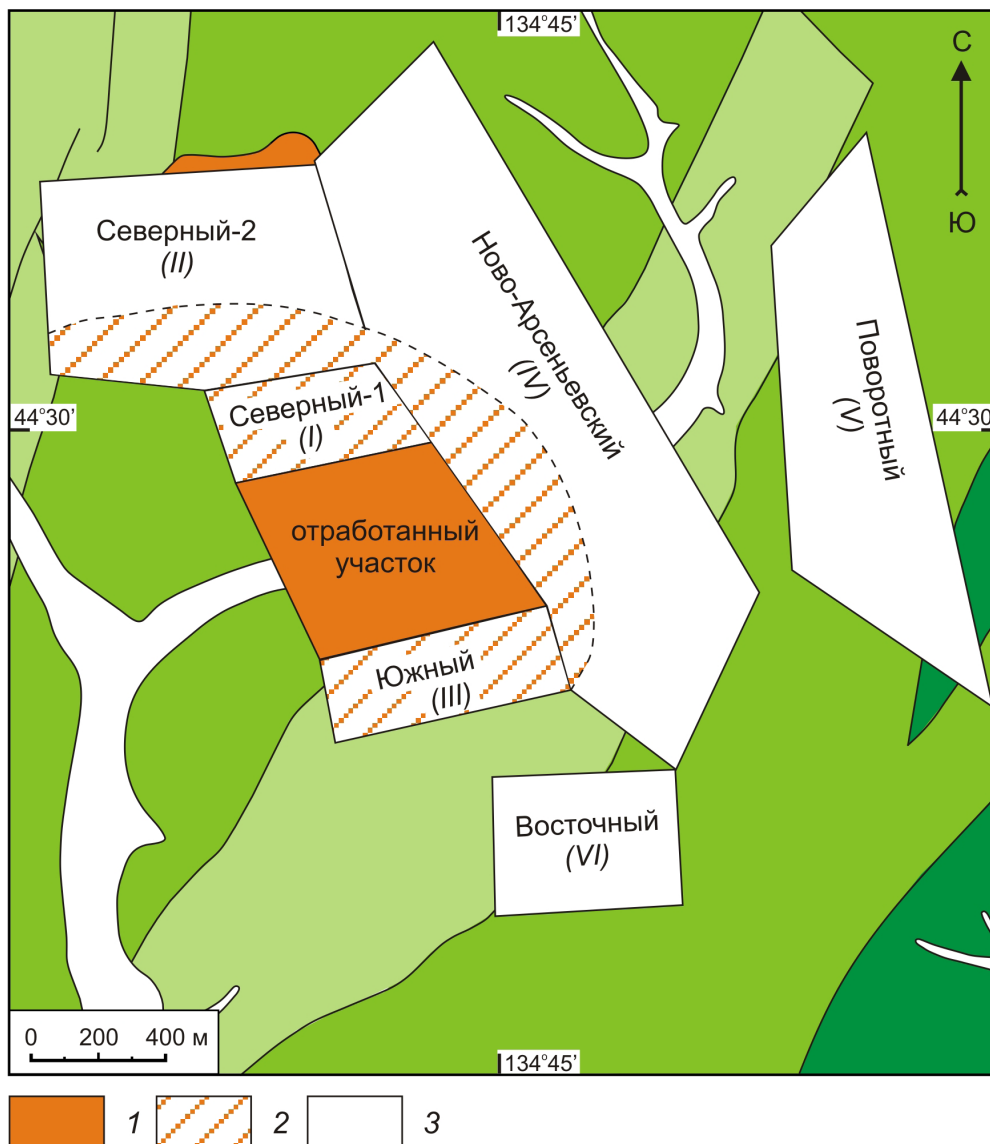
**Fig. 4.** Types of ores in the Arsenyevskoye deposit: *a* — quartz-cassiterite ore of crustification texture, (Induction vein); *b* — quartz-cassiterite-sulphide ore, Arsenyevskoye deposit (Yuzhnaya vein). Numbers on the photo: 1 — chlorite metasomatite, 2 — quartz, 3 — cassiterite, 4 — thin veins of sulphides; 5 — sphalerite, 6 — chalcopyrite and other sulphides.

связаны с добычей и последующей переработкой оловянно-полиметалльных руд (второй тип). Как показано в тексте, эти руды, даже при положительной оценке их технологических свойств и высокой стоимости «попутных» к олову элементов, не являлись объектом добычи и переработки Хрустальненским горно-обогатительным комбинатом. В обоснование приводим предварительную, но, тем не менее, достаточно достоверную оценку запасов таких компонентов на отдельных участках (блоках) месторождения (рис. 5, табл. 2).

Данные таблицы, а также положение в общей схеме «отработанного» и «неотработанных»

участков показывают, что сохраняются хорошие перспективы обнаружения рудных тел на участках, находящихся на периферии рудного поля — Восточный, Поворотный. Подтверждением таких перспектив является открытие в 1989 г. в юго-западной части рудного района месторождения Искра (Гоневчук и др., 2009; Кокорин и др., 2000), удаленного примерно на 30 км к югу от Арсеньевского.

Месторождение Искра. Геолого-структурное положение месторождения Искра в значительной мере аналогично положению Арсеньевского: рудные тела локализованы в песчаниках и алеволитах (возраст ~110 млн лет), прорванных



**Рис. 5.** Участки проявления комплексных руд Арсеньевского рудного поля (Кокорин и др., 2006 с дополнениями авторов). I–VI — участки: I — Северный-1, II — Северный-2, III — Южный, IV — Ново-Арсеньевский, V — Поворотный, VI — Восточный. 1 — отработанный; 2 — частично отработанные; 3 — неотработанные.

**Fig. 5.** Sites of integrated ores in the Arsenyevskoye deposit (Kokorin et al., 2006 with additions of the authors): I–VI — sites: I — Northern, II — Northern-2, III — Southern, IV — Novo-Arsenyevsky, V — Povorotnaya zone, VI — Eastern (Vostochnaya) zone. 1 — worked; 2 — partially worked; 3 — not worked.



ОЛОВО ПРИМОРЬЯ

Таблица 2. Ресурсы попутных металлов в рудах Арсеньевского месторождения\*.

Table 2. Resources of associated metals in ores of Arsenyevskoe deposit\*.

Рудные участки	Запасы						Среднее содержание					
	Тыс. тонн				Тонн		% масс.				г/т	
	Pb	Zn	Cu	WO <sub>3</sub>	Ag	In	Pb	Zn	Cu	WO <sub>3</sub>	Ag	In
Северная часть жильной серии (I)	81.8	231.7	71.9	9.2	605	554	1.22	2.22	0.65	0.5	66	48
Южная часть жильной серии (II)	5.6	15.9	6.0	**	52	36	0.38	1.20	0.44	**	40	25
Безымянные жилы северного блока (III)	78.6	218.3	47.0	-	451	322	1.05	3.26	0.69	-	68	49
Участок Ново-Арсеньевский (IV)	28.0	85.0	25.0	-	145	110	1.57	2.73	0.51	-	100	51
Участок з. Поворотной (V)	60.0	90.0	30.0	-	450	105	3.30	4.60	0.48	-	380	79
Юго-западный участок з. Восточной (VI)	60.0	30.0	15.0	-	130	167	1.35	1.34	0.71	-	80	40
По месторождению в целом	314.0	670.9	194.9	-	1933	1022	1.55	2.48	0.60	-	126	49

Примечание: римские цифры в скобках соответствуют номерам блоков на рис. 4; \* — данные по (Кокорин и др., 2006); \*\* — не определялись.

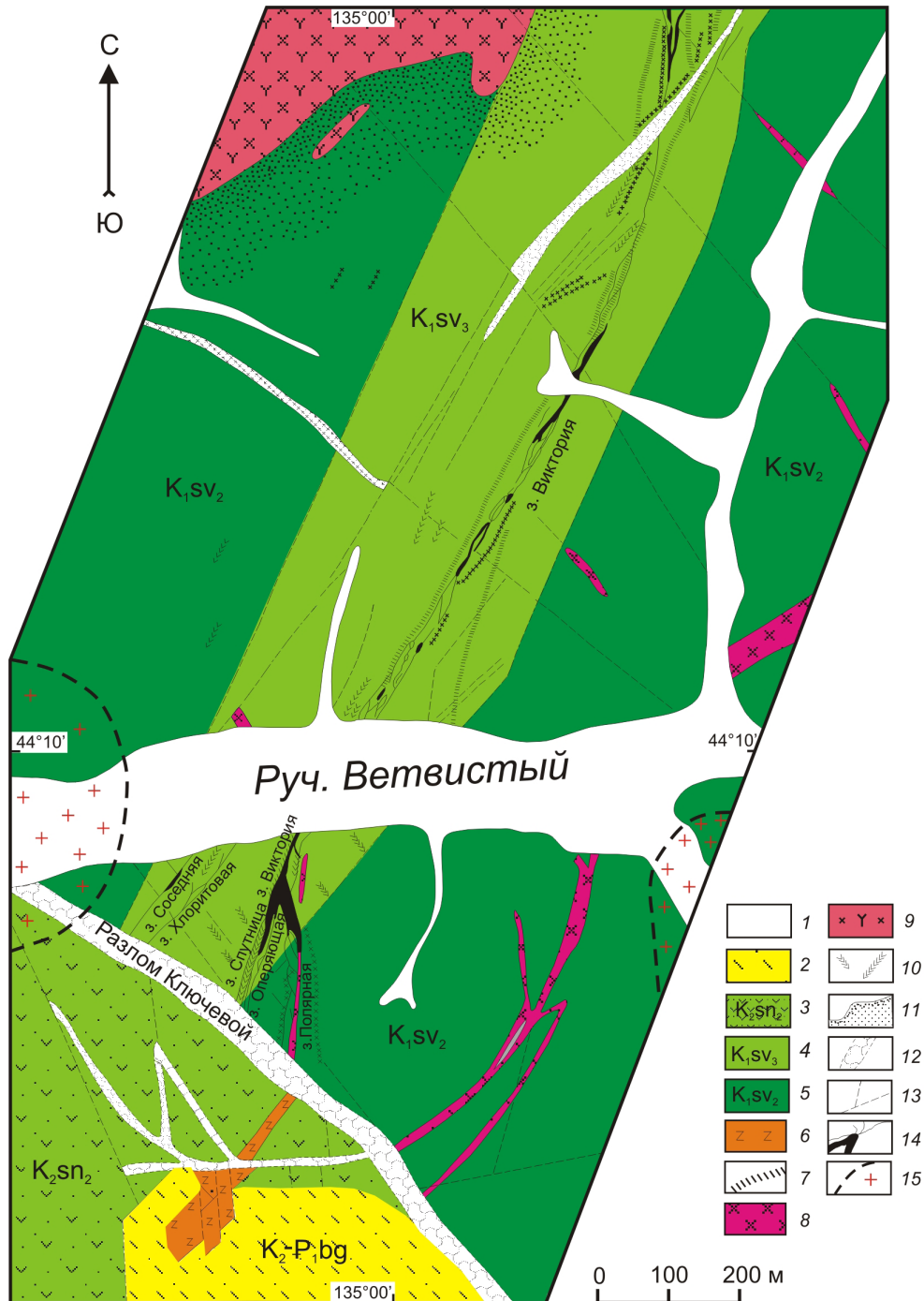
Notes. Roman numerals in brackets refer to numbers of blocks in Figure 4.\* - data by (Kokorin A.M. et al., 2006); \*\* — not determined.

гранитоидами (~100 млн лет). На месторождении выявлено несколько в разной степени рудоносных линейных тектонических структур — зон минерализации: Виктория, Полярная, Спутница, Оперяющая, Хлоритовая, Соседняя и другие (рис. 6). Главная из них — рудоносная зона Виктория — с поверхности (канавы и редкая сеть буровых скважин) прослежена более чем на 2 км. Более детально она изучена в пределах приподнятого южного блока, где на интервале 500 м выявлена и в большей части отработана промышленная оловянная минерализация. Общая протяженность подземных выработок, которые являлись одновременно «добычными» и «разведочными», на горизонте 450 м по зонам Виктория и Полярная превышает 3000 м. Строение зоны Виктория кулисное, мощность невыдержанная: раздувы до 20–30 м сменяются пережимами до 1–3 м. По падению руды прослежены до глубины 240 м при средней мощности рудного тела 3.3 м и среднем содержании олова 1.85 мас.%. Зона сопровождается апофизами, из которых наиболее крупные — Спутница, Оперяющая — имеют протяженность до 300 м. На сопряжении с зоной Полярной (центральная часть южного блока) мощность зоны Виктория составляет 30 м, а далее к северу уменьшается до 1–2 м с последующим расщеплением и переходом в проводники. Вблизи южной границы блока, в качестве которой рассматривается разлом Ключевой, зона разделена на три маломощные ветви

с бедными оловянными рудами. В прилегающих к разлому с юго-запада эффузивных породах (палеоцен-эоценовый риолит-дацитовый комплекс) рудоносные структуры месторождения не прослежены. Между тем, специалистами старательской артели, осуществлявшей эксплуатацию месторождения Искра, в поле развития указанных пород были обнаружены и отработаны «гнезда» кварц-касситеритовых руд с содержанием олова до 10%. Положение их в общей структуре месторождения и его ближайшего обрамления не изучено. Показательно, что геологический возраст пород риолит-дацитового комплекса аналогичен определенному нами возрасту оловянной минерализации и риолитов синрудной дайки месторождения — 65–63 млн лет (Гоневчук и др., 2005).

Кроме крупных апофиз — рудных зон, локализованных в трещинах оперения (Спутница и Оперяющая), зона Виктория в пределах южного блока сопровождается многочисленными короткими (до 10–15 м) зонами прожилково-вкрапленной минерализации мощностью до 3.0 м с богатыми оловянными рудами.

По мере удаления к северу от границы южного блока в строении зоны возрастает роль слабо минерализованных участков монолитного строения (мощность до 30 м, протяженность от 300 до 600 м), чередующихся с интервалами расщепления (мощность — первые метры, протяженность — 150–250 м), где «минерализация»



**Рис. 6.** Геологическая схема месторождения Искра (Кокорин и др., 2000) с дополнениями авторов: 1 — отложения речных долин; 2 — риолиты богопольской свиты ( $K_2-P_1bg$ ); 3 — андезиты и их туфы, сияновская свита ( $K_2sn$ ); 4 — преимущественно полимиктовые песчаники, третья пачка светловоднинской свиты ( $K_2sv_3$ ); 5 — преимущественно алевролиты, вторая пачка светловоднинской свиты ( $K_2sv_2$ ); 6–11 — интрузивные породы (в возрастной последовательности): 6 — базальты; 7 — риолиты, риодациты; 8 — дациты, гранодиориты; 9 — монцодиориты (Аракатский интрузив); 10 — андезиты; 11 — контактово-ороговикованные породы; 12 — мощные зоны дробления; 13 — прочие разрывные нарушения; 14 — рудоносные зоны; 15 — предполагаемый по геофизическим данным гранитный интрузив.

**Fig. 6.** Geological sketch of the Iskra deposit (Kokorin et al., 2000) with additions by the authors: 1 — river valleys deposits; 2 — rhyolites of bogopolsky formation ( $K_2-P_1bg$ ); 3 — andesites and their tuffs of siyanovsky formation ( $K_2sn$ ); 4 — mostly polymictic sandstones, the third pack of svetlovodninsky formation ( $K_2sv_3$ ); 5 — predominantly siltstone, the second pack of svetlovodninsky formation ( $K_2sv_2$ ); 6–11 — intrusive rocks (sequence by the age): 6 — basalts; 7 — rhyolites, rhyodacites; 8 — dacites, granodiorites; 9 — monzodiorites (Ararat intrusion); 10 — andesites; 11 — contact- corneous rocks; 12 — wide tectonic zones; 13 — other faults; 14 — ore-bearing zones; 15 — granite intrusive, assumed according to geophysical data.

усиливается, в основном за счет пирита. На северном фланге, на удалении около полутора километров от разлома Ветвистого (рис. 6), зона расщепляется на серию веерных трещин в интенсивно ороговикованных песчаниках и алевролитах, иногда прорванных мелкими телами монзонитов. Оловорудная минерализация здесь полностью затухает.

Зона Полярная, расположенная в этом же блоке восточнее зоны Виктория, контролируется субмеридиональной трещинной системой (протяженность 450 м), и северным флангом сопрягается со структурой зоны Виктория. В ней на интервале 200 м в пределах южного блока локализуются линзовидные тела промышленных оловянных руд (мощность до 30 м.).

Богатые оловорудные тела локализованы также в оперяющих трещинах — апофизах зоны Виктория. Одна из таких апофиз — зона Поперечная — вмещает богатое медью и оловом рудное тело (табл. 3), мощность которого изменяется от 3.0 до 0.2 м. Близкая зоне Поперечной по составу руд, зона Хлоритовая (табл. 3) расположена на удалении 150 м к западу от зоны Виктория. Протяженность ее 350 м, мощность — от 1–3 м на северном фланге, до 4–7 м — на южном. Северный фланг зоны не оконтурен. Наличие таких руд, в

которых наряду с оловом присутствуют медь и золото (до 1 г/т) — дополнительный аргумент в обоснование перспективности рассмотренного месторождения.

Содержание и цены рудных компонентов в основных зонах месторождения показывают, (см. табл. 3) что стоимость оловянных и медных руд существенно разнятся. При этом она существенно выше в последних. Показательно, что в «медной руде» значительно выше содержание не только меди, но и олова, и индия, и серебра. Это создает предпосылку для отработки «забалансовых» по олову участков рудных зон и вмещающих их слабо минерализованных пород.

Среднее по месторождению содержание основных компонентов в рудах: олово — 2.77%; медь — 5.45%; серебро — 277.27 г/т (Архипов, 2011), обеспечивало рентабельность их отработки в самые тяжелые годы «перестройки». Старательской артелью «Полиметалл» на месторождении Искра за период с 1992 по 2001 г. добыто 12078 т олова (годовая добыча до 1716 т). Извлечение олова в концентрат составляло 63.9%, содержание олова в концентрате — 45.9%. Отработка месторождения прекращена с октября 2001 г. Остаточные запасы олова составляют 11247 т, прогнозные ресурсы (при содержании олова

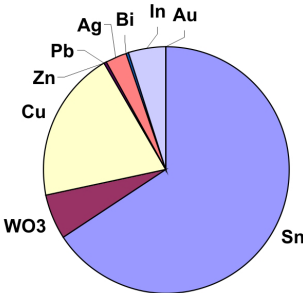
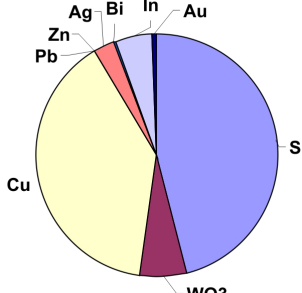
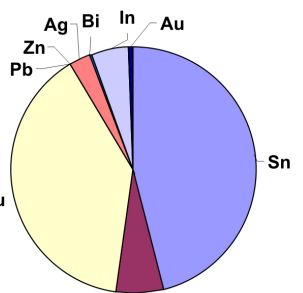
Таблица 3. Химический состав руд месторождения Искра и стоимость металлов в 1 тонне руды \*.

Table 3. Chemical composition of ores of Iskra deposit and cost of metals in 1 ton of ore \*.

№№ проб	Sn окисл. %	Sn раств. %	WO <sub>3</sub> %	Pb %	Zn %	Cu %	Ag %	Bi %	In %	Au г/т
Зона Хлоритовая										
1627	6.25	0.79	0.042	0.010	0.25	14.40	0.018	0.009	0.075	1.0
1628	3.78	0.83	0.080	0.002	0.26	10.00	0.023	0.005	0.057	1.0
1629	0.17	0.10	0.015		0.03	0.178	0.006	0.006		н.о.
1630	6.71	0.16	0.020	0.002	0.09	1.13	0.005	0.005	0.009	н.о.
1631	0.29	0.04		0.002	0.03	0.02	0.003	0.007		н.о.
1632	3.14	0.14	0.020	0.002	0.12	3.33	0.009	0.005	0.019	н.о.
1633	2.48	0.009	0.040		0.18	0.70	0.002	0.006	0.005	н.о.
1634	6.48	0.23	0.008	0.002	0.15	3.92	0.012	0.004	0.022	н.о.
19-98	2.05	2.59	0.050	0.004	0.34	15.12	0.010	0.005	0.115	0.23
20-98	8.55	0.82	0.315		0.009	0.132	<0.001	0.004	0.006	0.19
20-98a	14.03	5.91	0.065	0.003	0.123	16.14	0.012	0.004	0.097	0.46
Среднее	4.90	1.06	0.060	0.004	0.14	5.92	0.01	0.01	0.04	0.0003
Стоим. металла в 1 тонне руды	950.60	205.64	102.99	0.09	3.55	351.12	50.51	2.16	89.55	0.01
Зона Виктория										
2-99	2.93	0.03	0.043	0.002	0.139	6.70	0.007	0.005	0.035	0.37
3-99	4.89	0.04	0.140	0.020	0.127	3.26	0.004	0.005	0.020	0.22
4-99	0.55	0.07	0.013	0.002	0.017	0.33	0.001	0.003	0.002	0.26
5-99	6.11	0.08	0.051	0.012	0.025	0.34	0.002	0.005	0.003	0.23
6-99	1.16	0.02	0.007	0.031	0.054	0.007	0.003	0.005	0.002	0.17
Среднее	3.13	0.05	0.05	0.010	0.070	2.130	0.003	0.004	0.010	0.25
Стоим. металла в 1 тонне руды	607.22	9.70	85.82	0.20	1.77	126.33	17.17	0.87	22.39	10.38

Таблица 3. Окончание

Table 3. Continued

Зона Поперечная										
101-99	0.60	0.170	0.038	0.002	0.092	4.26	0.019	0.006	0.014	н.о
8-98	1.07	0.120	0.075	0.002	0.049	25.84	0.013	0.007	0.090	0.21
26-98	10.39	0.509	0.053	0.001	0.062	12.74	0.009	0.006	0.034	0.22
1-99	3.57	0.073	0.067	0.004	0.041	2.99	0.003	0.005	0.010	0.29
Среднее	3.91	0.220	0.060	0.002	0.060	11.46	0.010	0.010	0.040	0.18
Стоим. металла в 1 тонне руды	758.54	42.68	102.99	0.05	1.52	679.69	50.51	2.16	89.55	7.48
Структура стоимости металлов										
Зона Хлоритовая			Зона Виктория				Зона Поперечная			
										

Примечания. Зона Хлоритовая: 1627-1634 — групповые пробы по скважинам, остальное — штуфы по горным выработкам. Зона Виктория — штуфы по скважинам. Зона Поперечная: 101-99 — бороздовая проба, остальное — штуфы по выработкам. Анализы выполнены в исследовательском центре ДВГИ ДВО РАН. \* — стоимость металлов в долларах США на декабрь 2018 г. по данным: lme.com, kotco.com, flagma.ru.

Notes. Chloritovaya zone: 1627-1634 — bulk samples from drillholes, other samples — lumps from mine workings. Victoria zone — lumps from drillholes. Poperechnaya zone: 101-99 — trench sample, other — lumps from mine workings. Analyses were performed in research center of the Far East Geological Institute (FEGI FEB RAS). \* — cost of metals in USA dollars in December 2018 by: lme.com, kotco.com, flagma.ru; \*\* — not determined.

1.5–2.0%) по категории  $P_1$  — 20000 т, по категории  $P_2$  — 5000 т. (Лошак, 2002). Запасы меди — около 2 тыс. т (Архипов, 2011). Отметим, что на удалении около 20 км к югу от месторождения Искра, расположено наиболее крупное в Приморье ( $\geq 650$  тыс. т Cu), детально разведанное медно-молибденовое месторождение Лазурное, связанные с которым золотоносные россыпи много лет обрабатываются старательскими артелями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Россия, не входящая в число стран — ведущих производителей и экспортеров олова, располагает, тем не менее, значительными разведанными запасами его — около 2 млн т, что составляет примерно 7% мировых запасов (5 место). При этом почти 90% из них сосредоточены в месторождениях Дальнего Востока. Отдельные его территории значительно различаются по уровню социального и экономического развития, что обуславливает разные возможности освоения расположенных на этих территориях месторождений олова. Наиболее благоприятными в этом отношении условиями располагает Приморский

край, где разработка оловянных месторождений ведется с 1936 г., а учтенные балансовые запасы олова составляют более 470 тыс. т.

Приведенные в статье сведения по Кавалеровскому рудному району и отдельным — «типовым», месторождениям в нем, показывают, что главной перспективой оловодобывающей промышленности в крае необходимо рассмотреть вовлечение в эксплуатацию объектов полиметалльных, в рудах которых наряду с оловом присутствуют свинец, цинк, медь, серебро, индий, золото и другие компоненты. Реализация этой перспективы потребует разработки и внедрения в практику новых технологических схем переработки «высокосурьфидных» оловянно-полиметалльных руд, что вписывается в общую программу модернизации промышленности России.

Сохраняется также возможность обнаружения новых рудных тел на месторождениях «отработанных» как монометалльные — оловянные, и новых месторождений — на прилегающих к ним территориях. Примером тому является Арсеньевское месторождение, где учтенные и прогнозные запасы олова и сопутствующих ему

компонентов в рудах неосвоенных «участков» превышают таковые «отработанного» — Центрального. Как самостоятельное месторождение, по уже установленным содержаниям полезных компонентов и их запасам, рассматривается здесь участок Поворотный.

Сравнивая перспективы отдельных оловорудных районов Приморья, отметим, что в Кавалеровском районе, наряду с описанными месторождениями Арсеньевское и Искра, разведано и до середины девяностых годов прошлого века эксплуатировалось месторождение Верхнее — рудоносный штокверк, балансовые запасы олова в котором, при невысоком (ок. 0.3% масс.) его содержании в рудах, составляют почти 100 тыс. т (Архипов, 2011). По мнению большинства исследователей, аналогичные штокверки могут присутствовать на глубоких, близких к апикальным частям гранитоидных криптобатолитов (Геология..., 1980), горизонтах большинства месторождений района. Этот рудный район по уровню развития инфраструктуры, наличию хорошо изученных месторождений олова и перспективам обнаружения новых, может быть основой для кластера оловодобывающей промышленности в крае. Его перспективу на длительное развитие обеспечивают также другие, менее изученные объекты, в частности, прилегающие к нему с севера и с юга Арминский и Фурмановский рудные районы. По мнению авторов, одним из приоритетных направлений в исследовании металлогении олова Приморья должно стать изучение месторождений порфирирового типа (Кривцов, 2007; Родионов и др., 1983). Из-за высокого содержания сульфидов, в том числе сульфида олова — станина, и относительно низкого оксида олова — касситерита, такие объекты ранее не входили в число «первоочередных» при проведении работ по поиску и разведке. Тем не менее, на рассматриваемой территории они известны, в разной степени изучены и, с учетом мирового опыта, могут существенно повлиять на оценку ее перспективности.

#### Список литературы [References]

Архипов Г.И. Минеральные ресурсы горнорудной промышленности Дальнего Востока // М.: Горная книга. 2011. 831 с. [Archipov G.I. Mineral resources of Far Eastern mining industry // M.: Gornaya kniga. 2011. 831 p.]

Геология, минералогия и геохимия Кавалеровского района. Ред. Е.А. Радкевич. М.: Наука. 1980. 251 с. [Geology, mineralogy and geochemistry of Kavaleroovo ore district. Editor Radkevich E.A. M.: Nauka. 1980. 251 p.]

Гоневчук В.Г., Гоневчук Г.А., Кокорин А.М. и др. Новые изотопно-геохронологические данные и некоторые вопросы генезиса оловянного оруденения Кавалеровского района (Приморье, Россия) //

Тихоокеанская геология. 2005. Т. 24. № 6. С. 77–87 [Gonevchuk V.G., Gonevchuk G.A., Kokorin A.M. et al. New isotope-geochronological data, and some genesis problems of tin mineralization of Kavaleroovo district (Primorye, Russia) // Russian Journal of Pacific Geology. 2005. V. 24. № 6. P. 77–87].

Гоневчук В.Г., Кокорин А.М., Коростелев П.Г. и др. О проблемах в классификации оловянных месторождений на формационной основе // Тихоокеанский рудный пояс: материалы новых исследований. Сборник к столетию Е.А. Радкевич. Владивосток: Дальнаука. 2008. С. 70–89. [Gonevchuk V.G., Kokorin A.M., Korostelev P.G. et al. About problems in classification of tin deposits by formation basis // Pacific ore belt: new research materials. Compilation dedicated to E.A. Radkevich 100 anniversary. Vladivostok: Dalnauka, 2008. P. 70–89.]

Гоневчук В.Г., Крылова Т.Л., Орехов А.А. и др. Особенности флюидного режима при формировании систем с медно-молибденово-золотой и медно-оловянной минерализацией (Искра-Соболиный узел Кавалеровского рудного района. Приморье) // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28. № 1. С. 5–21 [Gonevchuk V.G., Orekhov A.A., Gonevchuk G.A. et al. Specific features of the fluid regime during the formation of systems with copper-molybdenum-gold and copper-tin mineralizations (Iskra-Soboliny knot, Kavaleroovo ore district, Primorye) // Russian Journal of Pacific Geology. 2009. V. 3. P. 3–18. <https://doi.org/10.1134/S1819714009010023>].

Иванов О.П. Минералого-технологическое картирование оловорудных месторождений в процессе разведки. М.: Недра, 1984. 34 с. [Ivanov O.P. Mineralogic-technological mapping of tin deposits during prospecting. M.: Nedra, 1984. 34 p.]

Кокорин А.М., Кокорина Д.К., Недашковский А.П. Арсеньевское месторождение — уникальный пример комплексных руд Приморья // Тихоокеанская геология. 1996. Т. 15. № 5. С. 83–97 [Kokorin A.M., Kokorina D.K., Nedashkovskiy A.P. Arsenievskoye ore deposit - a unique example of complex ores in Primorye // Russian Journal of Pacific Geology. 1997. V. 13. № 5. P. 913–936].

Кокорин А.М., Гвоздев В.И., Гоневчук В.Г. и др. Месторождение Искра — новый объект Кавалеровского оловорудного района (геология, состав руд, генезис) // Рудные месторождения континентальных окраин. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука. 2000. С. 226–247 [Kokorin A.M., Gvozdev V.I., Gonevchuk V.G. et al. Iskra deposit — new object of study in Kavaleroovo ore district (geology, ore composition, genesis) // Ore deposits of continental margins. Iss. 1. Vladivostok: Dalnauka. 2000. P. 226–247].

Кокорин А.М., Гоневчук В.Г., Кокорина Д.К. Арсеньевское месторождение // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. М.: ИГЕМ РАН. 2006. Т. 3. Кн. 2. С. 565–585 [Kokorin A.M., Gonevchuk V.G., Kokorina D.K. Arsenievskoye deposit // Large and super-large deposits of ore mineral resources. M.: IGEM RAS. 2006. V. 3. Book 2. P. 565–585. <https://doi.org/10.1134/S1819714008020036>].

Кокорин А.М., Кокорина Д.К., Орехов А.А. Многометалльность и высокая продуктивность локальных

- рудно-магматических систем Сихотэ-Алиня (на примере Арсеньевского месторождения, Кавалеровский район) // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27. № 2. С. 29–46 [Kokorin A.M., Kokorina D.K., Orekhov A.A. Multimetal potential and high productivity of local ore-magmatic systems of Sikhote-Alin: Evidence from the Arsenyevskoe deposit // Russian Journal of Pacific Geology. 2008. V. 2. № 2. P. 122–13].
- Коростелев П.Г., Гонеvчук В.Г., Семеняк Б.И. и др. Месторождение Солнечное (Комсомольский район, Хабаровский край) как типовой объект касситерит-силикатной формации // Рудные месторождения континентальных окраин. Выпуск 2. Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 131–155 [Korostelev P.G., Gonevchuk V.G., Semenyak B.I. et al. Solnechnoye deposit (Komsomolsky district, Khabarovsk region) as a typical object of cassiterite-silicate formation // Ore deposits of continental margins. Iss. 2. Vladivostok: Dalnauka. 2001. P. 131–155].
- Кривцов А.И. Металлогения андезитовых вулканоплутонических поясов. 2-е издание. М.: Геокарт-ГЕОС. 2007. 587 с. [Krivtsov A.I. Metallogeny of andesitic volcano-plutonic belts. Second edition. M.: Geokart-GEOS. 2007. 587 p.].
- Лошак Н.П. Дальневосточный мезозойский вольфрамородный металлогенический пояс // Вопросы геологии металлогении, поисков и оценки месторождений Дальнего Востока (сборник статей, ред. Бакулин Ю. И.) Хабаровск: ДВИМС. 2002. С. 37–56 [Loshak N.P. Far Eastern Mesozoic tungsten-ore metallogenic belt // Issues of geology of metallogeny, prospecting and evaluation of deposits of the Far East (collection of articles, editor Bakulin U.I.) Khabarovsk: DVIMS. 2002. P. 37–56].
- Митрофанов Н.П. Арсеньевское месторождение олова — типичный представитель полиметалльно-оловянной формации. М.: ВИМС, 2011. 117 с. [Mitrofanov N.P. Arsenyevskoye ore deposit - typical representative of the polymetal-tin formation M.: VIMS, 2011. 117 p.].
- Радкевич Е.А. Оловородные формации и их практическое значение // Советская геология. 1968. N 1. С. 14–24 [Radkevich E.A. Tin-bearing formations and their practical value // Soviet geology. 1968. №1. P. 14–24].
- Родионов С.М., Макеев Б.В. Оловянно-порфировое оруденение Сихотэ-Алиня // Металлогения олова и вольфрама Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 136–152 [Rodionov S.M., Makeev B.V. Tin-porphyry mineralization of Sikhote-Alin // Metallogeny of tin and tungsten of Far East. Vladivostok: DVNC AN SSSR, 1983. P. 136–152].
- Семеняк Б.И., Коростелев П.Г., Гонеvчук В.Г. Олово-полиметаллические месторождения Фурмановского рудного района (Южное Приморье, Россия) как потенциальные объекты возрождения добычи олова в Приморье // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. 2018. Вып. 38. № 2. С. 76–83. <https://doi.org/0.31431/1816-5524-2018-2-38-76-83> [Semenyak B.I., Korostelev P.G., Gonevchuk V.G. Tin-polymetallic deposits of Furmanovsky ore region (Southern Primorye, Russia) as potential objects of reviving tin mining in Primorye region // Vestnik KRAUNC. Earth sciences. 2018. № 2 (38). P. 76–83].
- Ханчук А.И., Раткин В.В., Рязанцева М.Д. и др. Геология и полезные ископаемые Приморского края: Очерк. Владивосток: Дальнаука, 1995. 65 с. [Khanchuk A.I., Ratkin V.V., Ryazantseva M.D. et al. Geology and mineral resources of Primorye region: Essay. Vladivostok: Dalnauka, 1995. 65p.]
- Hall A. Geochemistry of the Cornubian tin province // Mineral Deposita. 1990. V. 25. P. 1–6. <https://doi.org/10.1007/BF03326377>.
- Gonevchuk V.G., Gonevchuk G.A., Korostelev P.G. et al. Tin deposits of the Sikhote-Alin and adjacent areas (Russian Far East) and their magmatic association // Australian Journal of Earth Sciences, 2010. V. 57. № 6. P. 777–802. <https://doi.org/10.1080/08120099.2010.503993>.

## TIN IN PRIMORYE REGION. THE KAVALEROVO ORE DISTRICT

A.A. Orekhov, V.G. Gonevchuk, B.I. Semenyak

*Far Eastern Geological Institute FEB RAS, 690022, Vladivostok, Russia*

The article presents the history of the development and the current state of tin mining industry in Primorye Region and its leading ore district. The main features of tin mineralization are characterized by examples of some typical deposits. In the description of the deposits, the authors focused on the ore composition determining their commercial value as well as on prognostic estimates. It is shown that the revival of regional tin mining industry is associated with polymetallic state of ores in the prevailing cassiterite-sulfide deposits, in which tin exists with other economically important elements such as Zn, Cu, Ag, Pb, In, and Au. The article provides a detailed description for the Arsenyevskoe deposit. With its considerable reserves of tin and a unique combination of diverse mineralization, this deposit is considered here as a geological object that reflects main features of metallogeny of tin in Primorye. A brief outline is given to the Iskra tin deposit, the last of the discovered (1989) and exploited (1992–2001) deposits in Primorye.

*Keywords: tin, Primorye, Kavalerovo, deposits, ores, reserves, perspectives.*