

мы их утилизации, осуществлять комплексный подход к освоению недр и экономическому развитию Республики Карелия. Значение экономического использования гипербазитов Гайкольского интрузива еще больше возрастает в связи с увеличением перспективности металлургических руд массива — благороднометаллических, хромитовых, титан-ванадиевых, медно-никелевых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, Ю.И. Высокочастотная керамика на основе диоксида / Ю.И. Алексеев, Е.П. Васильев, В.И. Верещагин, Л.З. Резницкий, П.И. Шаталов // Стекло и керамика. — 1987. — № 8. — С. 21–22.
2. Богачев, В.А. U-Pb возраст интрузий перидотитов-габброноритов и амфиболовых габбро оз. Гайколя в Шомбозерской структуре (Северная Карелия) / В.А. Богачев, Д.И. Матуков / Всероссийская конференция: Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерогенез Северо-Запада России, 12–15 ноября 2007 г. — Петрозаводск: Институт геологии КарНЦ РАН, 2007. — С. 50–54.
3. Амозова, Т.И. Отчет о геологосъемочных работах масштаба 1:50 000, проведенных Кепареченской партией в Кемском районе КАССР (Шомбозерский синклиорий) в 1964–1967 гг. / Т.И. Амозова, А.А. Никольский, Г.Н. Сухолетова. — Фонды Карельской ГЭ, 1968.
4. Верещагин, В.И. Керамические материалы на основе диоксида / В.И. Верещагин, В.К. Меньшикова, А.Е. Бурученко, Н.В. Могилевская // Стекло и керамика. — 2010. — № 11 — С. 13–16.
5. Горбик, Н.А. Комплекс дифференцированных перидотит-габброноритовых интрузий Гайкольской синклинали / Н.А. Горбик // Интрузивные базиты и гипербазиты Карелии. КарФ АН СССР. Институт геологии. — Петрозаводск, 1984. — С. 67–79.

6. Гурьева, В.А. Активация процесса спекания алюмомагнезиальных керамических масс / В.А. Гурьева // Вестник ОГУ. — 2011. — № 5 (124). — С. 171–174.
7. Ильина, В.П. Керамическая масса на основе пироксенита и легкоплавкой глины / В.П. Ильина, И.С. Инина, П.В. Фролов // Стекло и керамика. — 2016. — № 10. — С. 15–18.
8. Макаров, В.Н. Минералогические критерии комплексной переработки рудомещающих гипербазитов / В.Н. Макаров. — Апатиты, 1989. — 94 с.
9. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Кн. 1. — Петрозаводск: Карелия, 2005. — 280 с.
10. Пат. № 2635690 Российская Федерация, МПК С04В 33/04, 33/132. Керамическая масса для изготовления облицовочной плитки / В.П. Ильина, В.В. Щипцов, П.В. Фролов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт геологии Карельского научного центра РАН. — № 2016112493/03; заявл. 01.04.1016; опубл. 15.11.2017, Бюл. № 32. — 3 с.
11. Термический анализ минералов и горных пород. — Л.: Недра, 1974. — 399 с.
12. Pourmand, A. A novel extraction chromatography and MCICPMS technique for rapid analysis of REE, Sc and Y: Revising Clchondrite and PostArchean Australian Shale (PAAS) abundances / A. Pourmand, N. Dauphas, T.J. Ireland // Chem. geol., 2012. — vol. 291. — P. 38–54.
13. S.-s. Sun and W.F. McDonough Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / Geological Society, London, Special Publications 1989; V. 42; P. 313–345.

© Ромашкин А.Е., Ильина В.П., Попова Т.В., 2019

Ромашкин Александр Евгеньевич // roma@krc.karelia.ru

Ильина Вера Петровна // iliyina@igkrc.ru

Попова Татьяна Владимировна // «tpopova»@krc.karelia.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК 553.411 (571.6)

Степанов В.А. (НИГТЦ ДВО РАН)

УПОРНЫЕ И ТРУДНООБОГАТИМЫЕ РУДЫ ЗОЛОТО-РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

*Из месторождений золота Дальневосточного федерального округа в последние годы добывается более половины золота России. Главными объектами добычи взамен истощенных россыпей являются рудные месторождения. Из них в первую очередь отрабатывались месторождения с богатыми и легкообогатимыми рудами. Для эксплуатации месторождений с упорными и труднообогатимыми рудами необходимо внедрение новых современных методов извлечения золота. **Ключевые слова:** месторождения золота, россыпи, добыча, руда, биогидрометаллургия, автоклавное выщелачивание.*

Stepanov V.A. (RGC FEB RAS)

STEADY AND DIFFICULTLY BEARED ORES OF GOLD DEPOSITS OF THE FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT

Of the gold deposits of the Far Eastern Federal District in recent years, more than half of Russia's gold is mined. The main production sites in return for depleted placers are ore deposits.

*Of these, in the first place were worked out deposits with rich and easily enriched ores. For the exploitation of deposits with hard and labor-intensive ores, it is necessary to introduce new modern methods of gold extraction. **Keywords:** gold deposits, placers, mining, ore, biohydrometallurgy, autoclave leaching.*

Введение

Добыча золота в отдельных подразделениях ДФО крайне неравномерна. В 2016 г. она достигла: на Чукотке — 28,8 т, в Магаданской области — 27,3 т, в Республике Саха (Якутия) — 23,5 т, в Амурской области — 22,8 т, в Хабаровском крае — 19,8 т, на Камчатке — 6,6 т, гораздо меньше в Сахалинской области — 1,58 т, в Приморском крае — 0,13 т и в Еврейской автономной области — 0,06 т. Всего: 130,57 т, что составляет более половины добытого за год в России золота (253 т).

В последние годы в ДФО перешли от эксплуатации россыпей к эксплуатации рудных месторождений, потенциал которых за многие десятилетия значительно истощен. Выгоды очевидны. Вместо добычи из многочисленных мелких россыпей, а также доработки бортов и отвалов, золотодобывающая промышленность перешла к эксплуатации крупных и средних по запасам рудных месторождений. Вначале, как правило, отрабатывались месторождения с богатыми легкообогатимыми преимущественно золото кварцевыми рудами (Купол, Наталка, Кубака, Токур) или с окисленными легкообогатимыми рудами (окисленные части

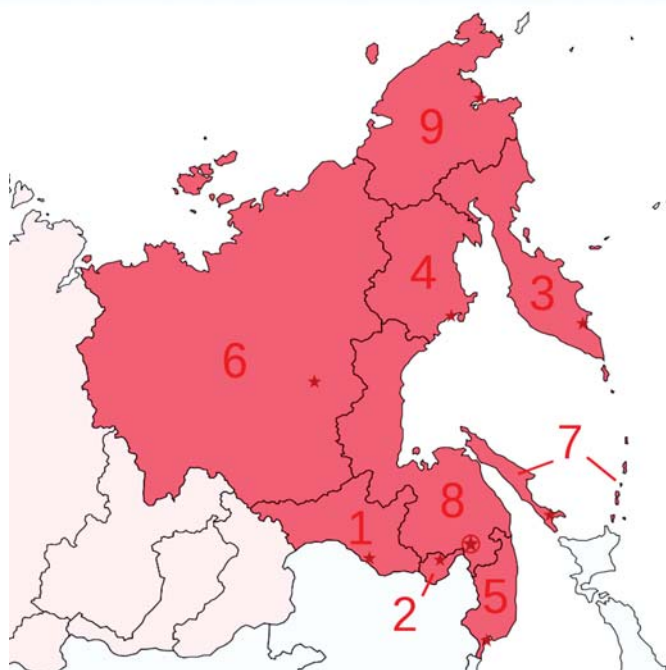


Рис. 1. Территория ДФО: 1 — Амурская область, 2 — Еврейская автономная область, 3 — Камчатский край, 4 — Магаданская область, 5 — Приморский край, 6 — Республика Саха (Якутия), 7 — Сахалинская область, 8 — Хабаровский край, 9 — Чукотка

месторождений Пионер, Маломыр и др.). В резерве остались месторождения с сульфидными, так называемыми «упорными» рудами с тонким золотом, в той или иной мере связанными с сульфидами. Это — месторождение Майское, глубокие горизонты месторождения Пионер, а также крупные по запасам золота труднообогатимые золото-медно-молибден-порфировые месторождения с бедными комплексными золото-медно-молибден порфировыми рудами (Икан, Песчанка и др.). Рано или поздно эти месторождения также будут вовлечены в эксплуатацию. Но для этого необходимо применение новых, современных, в том числе биогидрометаллургических и автоклавных методов извлечения золота (рис. 1).

Приамурская провинция

Золоторудные месторождения Приамурской провинции отнесены нами к следующим достаточно известным и традиционным золоторудным формациям: золото кварцевой, золотошеелит-кварцевой, золотосульфидно-кварцевой, золотосульфидной, золото-серебряной, золотополиметаллической и золото-медно-молибден-порфировой (рис. 2, табл. 1).

Наиболее распространены месторождения золото-кварцевой (20 месторождений) и золотосульфидно-кварцевой (9 месторождений) формаций. Менее распространены месторождения золотосеребряной (6 месторождений), золотополиметаллической и золотосульфидной (по 3 месторождения), золото-медно-молибден-порфировой (2 месторождения), и золотошеелит-кварцевой (1 месторождение) формаций.

Золотокварцевые месторождения провинции по запасам золота преимущественно мелкие, реже средние. Представляется весьма вероятным выявление в дальнейшем крупных и возможно уникальных по запасам месторождений типа Наталкинского Центрально-Кольимской провинции или Мурунтау Западно-Тянь-Шаньской. При доизучении крупным месторождением этого типа с бедными рудами может быть Токур.

Месторождений золотосульфидно-кварцевой формации меньше, чем золотокварцевой. Но среди них находятся не только мелкие и средние по запасам золота, но и крупное месторождение Пионер, запасы которого значительно больше прочих месторождений провинции. В связи со сложностью извлечения золота из первичных упорных золотосульфидно-кварцевых руд отработка месторождения Пионер ограничена зоной окисления. После доразведки к крупным может присоединиться Бамское золотосульфидно-кварцевое месторождение. В перспективе крупные месторождения этого типа могут играть существенную роль в золотодобыче.

Месторождения золотосеребряной формации представлены средним по запасам Покровским месторождением и мелкими (Буринда, Желтунак, Базовое, Иличи Унахинские и Прогнозное). Покровское месторождение в значительной степени отработано.

Таблица 1
Золоторудные формации и крупность месторождений Приамурской золотоносной провинции [2]

№№ пп	Формации/ Месторождения	Мелкие (≤ 10 т)	Средние (>10–100 т)	Крупные (>100 т)
1	Золотокварцевая	Ледяное, Скалистое, Одолго, Успенское, Золотая Гора, Иннокентьевское, Сагур, Тарнах, Харгинское, Афанасьевское, Ингагли, Буровое, Жильное, Лысогорское, Петровско-Еленинское, Кербинское, Токоланское	Кварцитовое, Токур, Албын	
2	Золотошеелит-кварцевая	Унличикан		
3	Золотосульфидно-кварцевая	Александра, Верхнемынское, Ворошиловское, Колчеданный Утес, Снежинка, Ясное	Бамское, Кировское	Пионер
4	Золотосульфидная	Осеннее	Нони, Маломыр	
5	Золотосеребряная	Буринда, Желтунак, Базовое, Иличи Унахинские, Прогнозное	Покровское	
6	Золотополиметаллическая	Чагоянское, Моготинское	Березитовое	
7	Золото-медно-молибден-порфировая			Икан, Восточное Двойное

Особое место занимает крупное по запасам золота золото-медно-порфировое месторождение Икан (Боргуликан). Содержание золота в рудах низкое. Руды труднообогатимые. Освоение его может быть рентабельным при комплексном извлечении меди, молибдена и золота (рис. 2).

Основное количество рудного золота до сих пор добывалось из месторождений с легкообогатимыми рудами золото кварцевой (Токур, Албын, Кварцитовое, Золотая Гора), золотосульфидно-кварцевой (Пионер, Кировское), золотосеребряной (Покровское), золотополиметаллической (Березитовое) формаций. Примерно по 30 % от золотодобычи приходится на месторождения золото кварцевой, золотосульфидно-кварцевой и золотосеребряной формаций, около 10 % — золотополиметаллической. Доля золота, добываемого из окисленных руд месторождения Маломыр золотосульфидной формации, невелика. Например, в 2014 г. рудное золото Приамурья было извлечено из месторождений Пионер (9,3 т), Албын (5,7 т), Берези-

товое (4,0 т), Кварцитовое (2,9 т) и Покровское (0,8 т), то есть главным образом из месторождений золото-сульфидно-кварцевой, золото кварцевой и золотополиметаллической формаций.

Таким образом, в Приамурской провинции имеются крупные и средние по запасам месторождения упорных руд (Маломыр, нижние горизонты месторождения Пионер). Кроме того, имеются крупные месторождения золото-медно-молибден-порфировой формации с бедными труднообогатимыми рудами.

Колымо-Чукотская провинция

В Колымо-Чукотской провинции до сих пор не разрабатываются крупные Майское, Туманное, Сильное и другие месторождения золотосульфидной формации с упорными золотосульфидными рудами [1].

Кроме того, в провинции находится ряд месторождений золото-медно-молибден-порфировой формации. К ним относятся месторождения Песчанка, Находка, Лучик, Камень, Такмыка и др. Из них наиболее перспективным является месторождение Песчанка, запасы

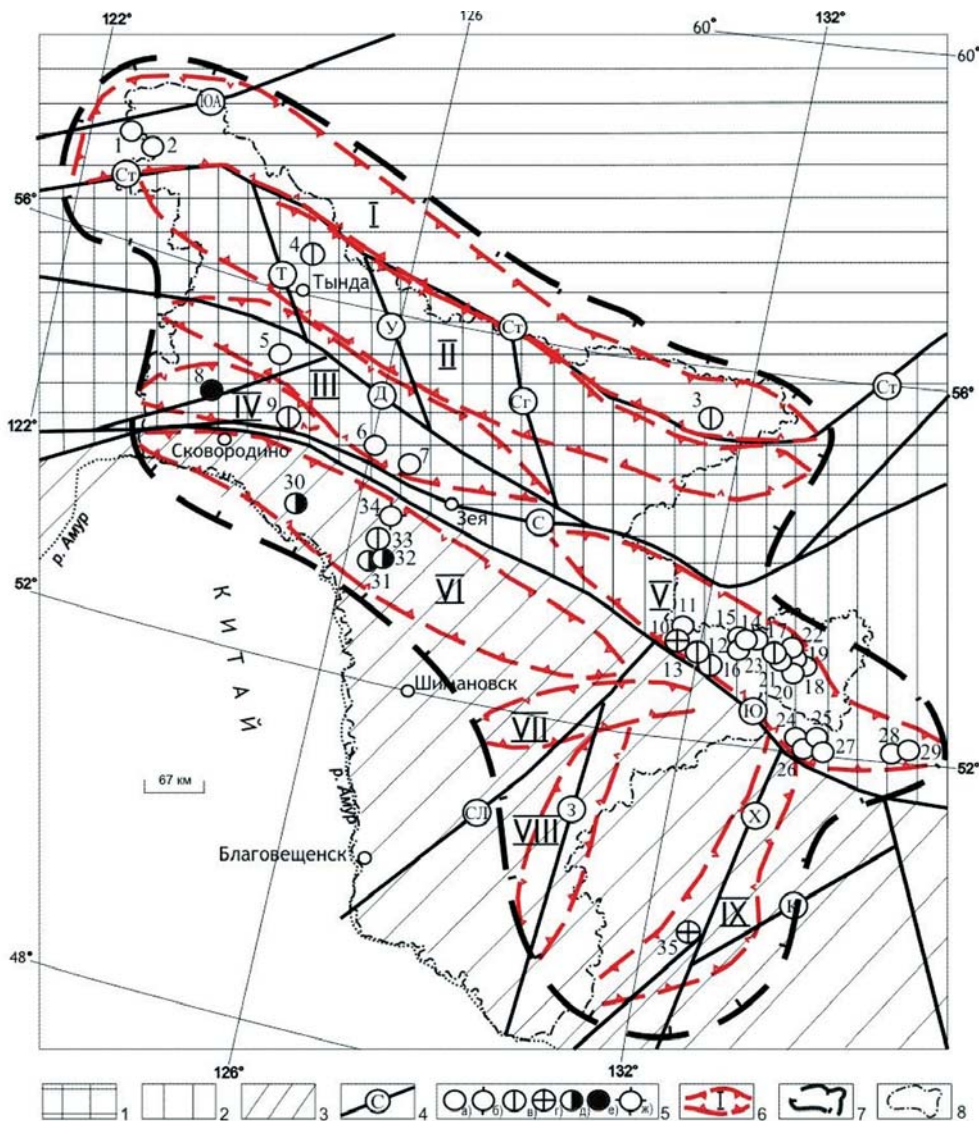


Рис. 2. Приамурская золотоносная провинция [5]:

1–3: геоблоки: 1 — Алдано-Становой, 2 — Монголо-Охотский, 3 — Амурский; 4 — региональные разломы (ЮА — Южно-Алданский, Ст — Становой, Т — Тунгурсанский, С — Северо-Турурингский, Ю — Южно-Турурингский, Д — Желтулакский, У — Унахинский, СГ — Сугджарский, З — Западно-Туранский, СЛ — Селемджинский, Х — Хинганский, К — Курский); 5 — золоторудные месторождения, их формационная принадлежность и номера: а — золото кварцевой (1 — Ледяное, 2 — Скалистое, 5 — Одолго, 6 — Успенское, 7 — Золотая Гора, 11 — Кварцитовое, 14 — Токур, 15 — Иннокентьевское, 16 — Сагур, 17 — Тарнах, 18 — Албын, 19 — Харгинское, 20 — Афанасьевское, 21 — Ингагли, 24 — Буровое, 25 — Жильное, 26 — Лысогорское, 27 — Петровско-Еленинское, 28 — Кербинское, 29 — Токоланское), б — золотошелит-кварцевой (22 — Унгличан), в — золотосульфидно-кварцевой (3 — Колчеданный Утес, 4 — Бамское, 9 — Кировское, 12 — Ворошиловское, 13 — Верхнемынское, 23 — Ясное, 33 — Пионер), г — золотосульфидной (10 — Маломыр, 35 — Нони), д — золотосеребряной (30 — Буринда, 31 — Покровское, 32 — Желтунак), е — золотополиметаллической (8 — Березитовое), ж — золото-медно-молибден-порфировой (Икан) формаций; 6 — границы металлогенических зон (I — Южно-Якутская, II — Северо-Становая, III — Желтулакская, IV — Янканская, V — Джагды-Селемджинская, VI — Северо-Буриинская, VII — Чагоян-Быссинская, VIII — Туранская, IX — Восточно-Буриинская); 7 — контур Приамурской провинции; 8 — граница Амурской области

II — Северо-Становая, III — Желтулакская, IV — Янканская, V — Джагды-Селемджинская, VI — Северо-Буриинская, VII — Чагоян-Быссинская, VIII — Туранская, IX — Восточно-Буриинская); 7 — контур Приамурской провинции; 8 — граница Амурской области

Таблица 2

Группировка геолого-промышленных типов месторождений золотосеребряной формации Камчатки [7]

Геолого-промышленные типы месторождений	Доля в общей стоимости руды			Отношение золота к серебру в рудах	Отношение золота к серебру в рудах (округленно)
	золото	серебро	Медь, цинк, свинец		
Собственно золотой	>90 %	<10	<10 %	1:2,27	>1:2
Серебряно-золотой	50–90 %	10–50 %	<10 %	1:2,27–1:20	1:2–1:20
Золотосеребряный	10–50 %	50–90 %	<10 %	1:20–1:180	1:20–1:200
Полиметаллический золотосеребряный	10 %	50–90 %	10–50 %	1:20–1:180	1:20–1:200
Собственно серебряный	<10 %	>90 %	<10 %	1:180	<1:200

которого при среднем содержании золота 0,42 г/т оцениваются в 378 т, а ресурсы в 112 т [1].

Камчатская провинция

В Камчатской золотосеребряной провинции преобладают вулканогенные золотосеребряные месторождения с богатыми легкообогатимыми рудами (рис. 3). Но среди них отмечаются и месторождения с упорными и труднообогатимыми рудами.

К ним относятся немногочисленные проявления золотосульфидной и золотосульфидно-кварцевой формаций, развитые в складчатых комплексах основания вулканоплутонического пояса (ВПП). Имеются проблемы в технологии извлечения золота из некоторых типов руд золотосеребряных месторождений (табл. 2). В ней показано, что, кроме собственно золотосеребряных, имеются полиметаллические золотосеребряные месторождения (Мутновское, Китхойское, Лазурное, Мир), руды которых нуждаются в особых технологиях разделения

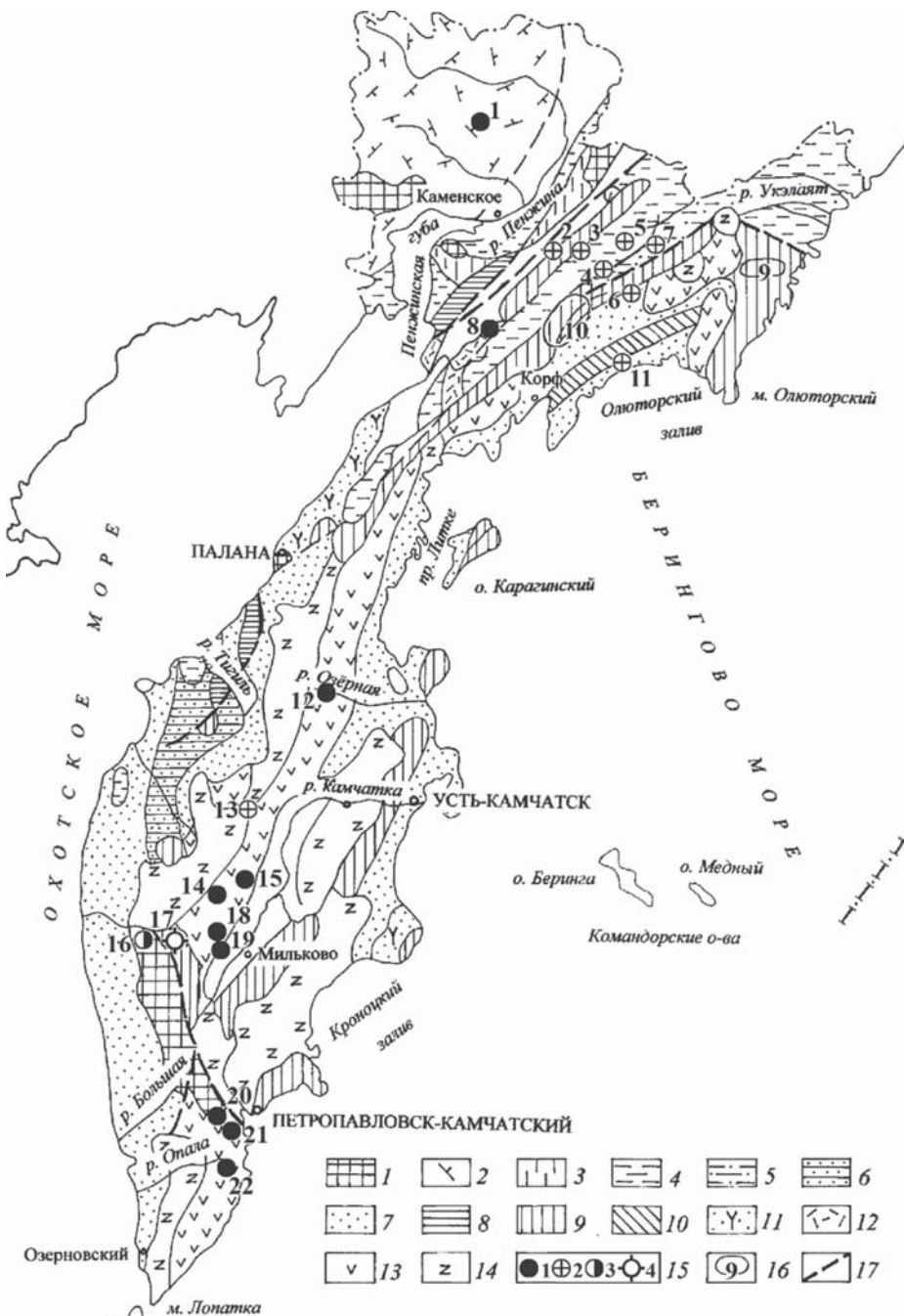


Рис. 3. Схема металлогении Камчатки, геологическое строение [3]: 1 — метаморфические образования докембрия и палеозоя; 2 — меловые вулканы и интрузии Охотско-Чукотского пояса; 3–7 — терригенные отложения: 3 — нижнемеловые, 4 — верхнемеловые, 5 — верхнемеловые-палеогеновые, 6 — палеогеновые, 7 — олигоцен-миоценовые; 8–11 — подводно-вулканогенные отложения: 8 — нижнемеловые, 9 — верхнемеловые, 10 — палеогеновые, 11 — олигоцен-нижнемиоценовые; 12–14 — наземные вулканы: 12 — олигоцен-нижнемиоценовые риолит-дацитового состава, 13 — неогеновые андезитового состава, 14 — четвертичные базальтового состава; 15 — рудные месторождения и их номера: 1 — золоторудные (1 — Сергеевское, 8 — Аметистовое, 12 — Озерновское, 14 — Агинское, 15 — Сухариковские Гребни, 18 — Бараньевское, 19 — Золотое), 2 — ртутные (2 — Ясное, 3 — Озерное, 4 — Ляпнагайское, 5 — Нептун, 6 — Тавена, 7 — Красная Горка, 11 — Олоторское, 13 — Чемпуринское), 3 — золото и платиноносные медно-никелевые (16 — Шануч), 4 — золотосодержащие медные (17 — Кирганикское); 16 — платинометаллические россыпные узлы (9 — Эпильчикский, 10 — Сейнава-Гальмозанский); 17 — разломы

золотых и полиметаллических концентраций. Немалые трудности возникнут и при отработке собственно серебряных золотосодержащих технологий.

К труднообогатимым отнесены руды месторождений золото-медно-молибден-порфириновых и меднозолотых формаций, играющие значительную роль в добыче золота ряда ВПП. На Камчатке к ним относятся — молибден-меднопорфириновые, золотомедные и медно-мышьяковые (рис. 3, табл. 2).

Молибден-меднопорфириновый геолого-промышленный тип

Месторождения этого типа пространственно и во времени ассоциируют с интрузиями раннемиоценовой габбро-диорит-гранодиоритовой формации, входящей в состав андезит-диоритовой ассоциации Центрально-Камчатского ВПП. Наиболее изученным объектом и эталоном молибден-меднопорфиринового геолого-промышленного типа является Малахитовое рудопроявление Крутогоровско-Андреановского рудного узла.

Штокверковое золотосодержащее молибденово-медное оруденение приурочено к миоценовому штоку гранодиорит-порфиринов, прорывающему гранодиоритовый массив. Площадь рудоносного штокверка 2,2–2,5 км². Центральная часть штокверка (кварцевое ядро) сложена интенсивно окварцованными и калишпатизированными породами с убогой халькопирит-молибденитовой минерализацией. Более богатые руды приурочены к северо-восточному, восточному и юго-восточному флангам штокверка.

Средние содержания полезных компонентов в гипогенных рудах: Cu — 0,17–0,49 %, Mo — 0,013–0,014 %, Au — до 0,61 г/т, Ag — до 10 г/т, Co — до 0,1 %, Sn — до 0,08 %.

Ряд мелких рудопроявлений (Меридиональное, Озерное, Квахонское, Андреановское и Право-Хейванское), выявленных в этом же районе, обладают сходными характеристиками.

Несколько типичных рудопроявлений золото-молибден-меднопорфиринового типа выявлено в зоне сочленения Охотско-Чукотского ВПП с Мургалским поднятием. Наиболее значительным среди них является рудопроявление Цирковое.

Золотомедный (золото-меднопорфириновый) геолого-промышленный тип

Проявления золотомедного типа сосредоточены в Хим-Кирганикском рудном узле. Оруденение наложено на протерозойские и палеозойские метаморфические комплексы Срединного массива. Наиболее значительным является Кирганикское месторождение; кроме него известны рудопроявления Позднее, Сухое и Шаромское.

Рудные залежи Кирганикского месторождения, прослеженные при поисково-оценочных работах канавами и скважинами по профилям, имеют линзовидную форму. В плане совокупность рудных тел образует полукольцевую (с эродированной восточной частью) минерализованную зону в центре Кирганикской вулканоструктуры. Всего установлено пять крутопадающих залежей средней мощностью от 15 до

130 м и протяженностью от 200 до 1 250 м. Наиболее крупные из них, локализованные в центральной, наиболее эродированной части месторождения, прослежены на глубину до 300 м.

Среднее содержание меди в руде составляет 0,5–0,7 %. Промышленные медные руды содержат также золото (в среднем 0,5–0,7 г/т), серебро (6–7 г/т), платину (0,8 г/т), палладий (1 г/т), ванадий, кобальт и фосфор.

Медно-мышьяковый геолого-промышленный тип

Медно-мышьяковый тип медных месторождений (в том числе золото- и серебряносодержащих) включен в число новых, мало распространенных типов объектов с промышленными концентрациями меди.

В Камчатском крае к этому типу относятся *рудопроявления* участков Юбилейный и Октябрьский, расположенные в северном Корьякском звене Центрально-Камчатского ВПП, в пределах Ильпинского прогнозируемого рудного района.

Серосодержащие вторичные кварциты, являющиеся продуктами сольфатарно-фумарольной деятельности Малетойваямского палеовулкана и содержащие мелкие стратоидные залежи серноколчеданных руд мощностью до первых десятков сантиметров, развиты в зоне север-северо-западного простирания мощностью 300–500 м и протяженностью до 7 км.

Медно-мышьяковая (люционит-энаргитовая) стратоидная Au-Ag-содержащая минерализация ассоциирует с мелкими субвулканическими телами диоритовых порфиринов, которые отнесены к миоценовому комплексу габбро-диорит-гранодиоритовой формации.

Содержания меди в медно-мышьяковых рудах невысоки. В одной из скважин содержание меди на глубине от 90 до 180 м варьируют от 0,01 % до 0,2 %, достигая на отдельных пятиметровых интервалах максимальных значений в 1,2–2,7 %. Кроме повышенных концентраций меди, мышьяка и ртути во вторичных кварцитах Малетойваяма пробирным и спектрально-химическими анализами выявлено золото с содержанием от 0,1 до 0,6 г/т и серебро до 20 г/т.

Приморская провинция

В металлогеническом плане территория Приморского края представляет собой Сихотэ-Алинский сегмент Тихоокеанского рудного пояса, богатого месторождениями рудного золота. Тем не менее, в настоящее время добыча рудного и россыпного золота в Приморье значительно отстает от добычи этого металла в сопредельных территориях ДФО (рис. 4).

Месторождение Глухое золотосульфидного типа с упорными рудами расположено в бассейне р. Грозная в центральном Сихотэ-Алине. Вмещающими служат терригенные черносланцевые толщи усть-колумбинской и приманковской свит раннего мела (алевролиты, песчанистые алевролиты, тонкий флиш). Они прорваны дайками диоритовых порфиринов, реже гранит-порфиринов, гранодиорит-порфиринов, керсантитов и диабазов раннего мела. Встречаются небольшие интрузии диоритов позднего мела. Терригенные породы

собраны в серию складок северо-восточного, субмеридионального простирания [4].

Золотосульфидное оруденение золотомышьякового геохимического типа приурочено к зоне Кулишовского разлома северо-восточного субмеридионального простирания с наклоном на юго-восток под крутыми углами. Рудные тела представляют собой зоны смятия, дробления и милонитизации черносланцевых пород, насыщенные кварцевыми прожилками, а также тонко-вкрапленными пиритом и арсенопиритом. Основным полезным минералом является золото. Оно тонкое и пылевидное, свободное, часто связанное в арсенопирите и пирите. Проба его меняется в широких пределах (508–914‰), но чаще составляет 807–930‰.

Наибольший интерес представляет главное рудное тело, изученное с поверхности канавами через 80 м на протяжении 1400 м и по двум профилям с интервалом между ними в 200 м скважинами колонкового бурения на глубину до 400 м. Средняя мощность рудного тела 19 м. Среднее содержание золота по пересечениям от 1,56 до 3,8 г/т. В одном из раздувов на интервал 83,9 м содержание золота составляет 3,15 г/т. Подсчитаны ресурсы на длину рудного тела 655 м, ширину 23–84 м и среднем содержании 2,8 г/т. При бортовом содержании золота в 1 г/т, ресурсы по кат. Р₁ до глубины 200 м оцениваются в 27,5 т. Выявленные в пределах рудного поля другие рудоносные зоны (Брекчиевая, Северо-Восточная, Бортовая, Встречная и др.) являются слабо изученными. Общие прогнозные ресурсы месторождения оцениваются в 80 т золота.

К месторождениям с труднообогатимыми рудами отнесены золото-медно-порфировые месторождения — Конторское и Лазурное Сихотэ-Алинской металлогенической зоны. На месторождении Конторское располагается штокверковое золото-медно-порфиоровое оруденение на площади

0,3 км². Оно развито среди терригенных и кремнисто-вулканогенных пород пермского возраста, прорванных дайками андезитов раннего мела. Штокверк оконтурен по изолинии меди 0,1 %, среднее содержание в нем меди — 0,37 %. В штокверке выделяются обогащенные медью интервалы с содержаниями до 2,22 % на мощность 9,7 м и до 1,9 % на мощность 8,2 м. Содержания молибдена 0,001–0,002 %, золота от 0,01 до 1,2 г/т.

В пределах штокверка выделяется зона метасоматитов хлоритового и актинолит-хлоритового составов с кварцевыми и слюдисто-кварцевыми прожилками, несущими золотую минерализацию. Максимальное

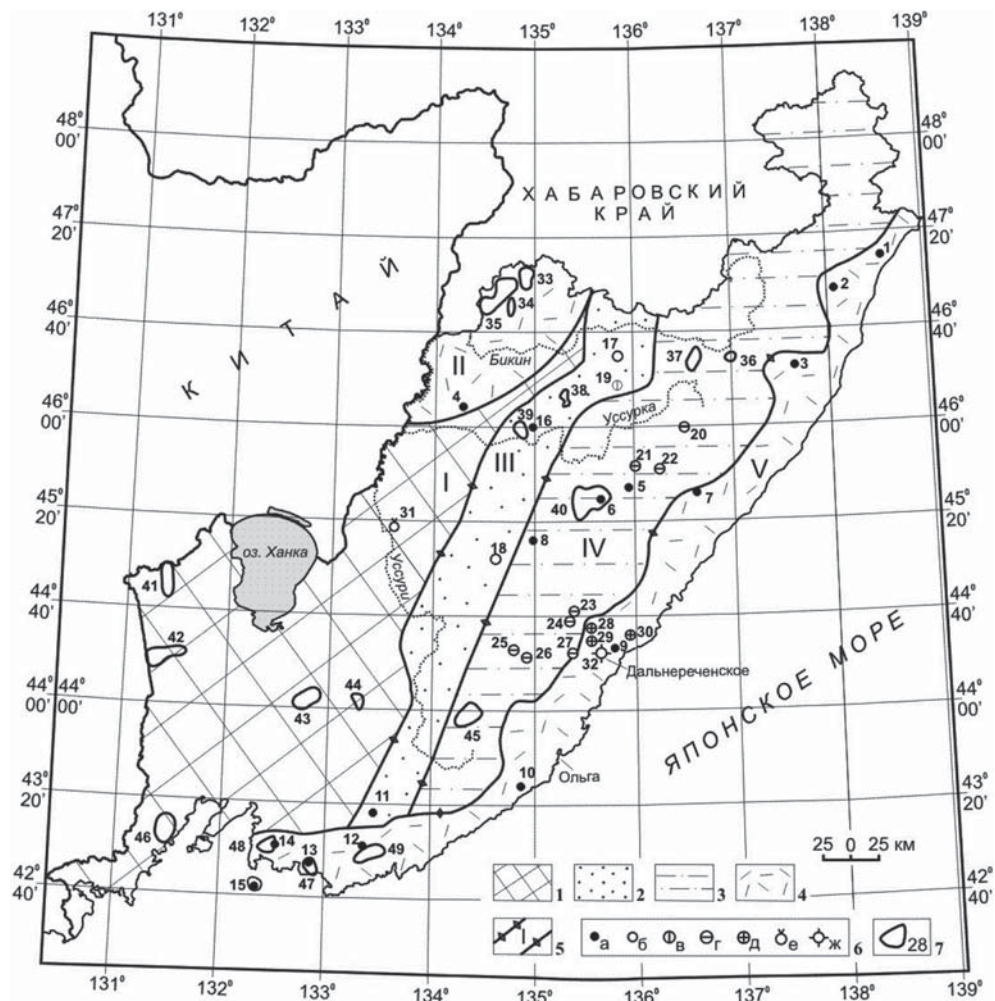


Рис. 4. Схема металлогенического районирования Приморья [4]: 1 — Ханкайский древний массив; 2–3 — мезозойские складчатые зоны триас-юрского (2) и раннемелового (3) возраста; 4 — вулканический пояс позднемелового-палеогенового возраста; 5 — границы металлогенических зон и областей: I — Ханкайская область, II–V — металлогенические зоны: II — Дурминская, III — Самаркинская, IV — Сихотэ-Алинская, V — Прибрежная; 6 — месторождения: а — золота, б — вольфрама, в — вольфрама и олова, г — олова, д — полиметаллов, е — железа, ж — бора (номера месторождений: 1–16 — золота: 1 — Ягодное, 2 — Приморское, 3 — Салют, 4 — Силанское, 5 — Глухое, 6 — Благодатное, 7 — Таежное, 8 — Малиновское, 9 — Майское, 10 — Милоградовское, 11 — Пасечное, 12 — Порожистое, 13 — Прогресс, 14 — Криничное, 15 — Аскольд, 16 — Незаметнинское; 17–18 — вольфрама: 17 — Восток-2, 18 — Скрытое; 19 — олова и вольфрама — Тигриное; 20–27 — олова: 20 — Тернистое, 21 — Зимнее, 22 — Дальнетаежное, 23 — Встречное, 24 — Смирновское, 25 — Арсеньевское, 26 — Верхнее, 27 — Высокогорское; 28–30 — полиметаллов: 28 — Николаевское, 29 — Партизанское, 30 — Красногорское; 31 — железа: Большесмольное; 32 — бора: Дальнереченское; 7 — золотороссыпные узлы (номера узлов: 33 — Предгорный, 34 — Улиткинский, 35 — Бешеный, 36 — Светловодный, 37 — Средне-Бикинский, 38 — Голубичный, 39 — Незаметнинский, 40 — Благодатненский, 41 — Комиссаровский, 42 — Фадеевский, 43 — Снегуровский, 44 — Арсеньевский, 45 — Антоновско-Соболиный, 46 — Кедровой Пади, 47 — Находкинский, 48 — Криничный, 49 — Кривореченский)

содержание золота составляет в одном канавном пересечении — 4,6 г/т на мощность 13 м, в другом — 6,3 г/т на мощность 11,4 м. Зона прослежена на глубину 17 м скважиной. В ее кернах содержание золота снижается до 0,4 г/т. Прогнозные ресурсы месторождения на 2008 г. составляют: золото — 2,3 т со средним содержанием 3,24 г/т, медь — 15 тыс. т со средним содержанием 0,37 %.

Месторождение Лазурное расположено в верховьях рек Изюбриная и Соболиная Падь [8]. Вмещающими служат терригенные породы катаевской, дивнинской и светловонинской свит апт-альбского возраста. Они прорваны интрузивными образованиями трех комплексов: предположительно рудным березовско-араратским малых интрузий габбро-монзонитов, монцодиоритов и монцогранодиоритов апт-сеноманского возраста, богоспольским мелкими штоками и даек риолитов, риодацитов и дацитов маастрихт-датского возраста, связь которых с оруденением не ясна и суворовским палеогеновым комплексом пострудных даек базальтов, андезитобазальтов и андезитовых порфириров. Рудные тела представлены залежами со штокверковым и прожилково-вкрапленным оруденением, располагающимся в экзо- и эндоконтакте интрузивных тел, подвергнутых интенсивной гидротермально-метасоматической проработке. Руды массивные, брекчиевые, брекчиевидные, вкрапленные, прожилково-вкрапленные и полосчатые. Прожилково-жилвные образования на 80–99 % сложены кварцем. Основные рудные минералы — самородное золото, электрум, пирит, арсенипирит, второстепенные — халькопирит, молибденит, халькозин, галенит, сфалерит, ковеллин. Золото-серебряное отношение меняется в рудах от 1:1 до 1:10. Размеры золотин от 0,01 до 0,62 мм, средняя проба его — 835.

Заключение

Из месторождений золота ДФО в последние годы добывается более половины золота России. Наблюдается переход от эксплуатации порядком истощенных россыпей к рудным месторождениям. На рудных месторождениях в первую очередь обрабатывались богатые и легкообогащаемые руды, вследствие чего их доля значительно сократилась. Для извлечения золота из упорных и труднообогащаемых руд необходимо внедрение современных новых биогидрометаллургических и автоклавных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков, А.В. Перспективы развития добычи золота в Чукотском автономном округе / А.В. Волков, А.Л. Галямов, А.А. Сидоров // Изучение и освоение природных ресурсов Арктики. — М.: Наука, 2017. — С. 83–95.
2. Мельников, А.В. Месторождения рудного золота Приамурской провинции / А.В. Мельников, В.А. Степанов, А.С. Вах и др. — Благовещенск: АмГУ, 2017. — 150 с.
3. Степанов, В.А. Перспективы выявления золоторудных месторождений на Камчатке / В.А. Степанов // Изв. вузов. Геология и разведка. — 2008. — № 1. — С. 29–34.
4. Степанов, В.А. Металлогения золота Приморья / В.А. Степанов // Вестник АмГУ. — 2012. — Вып. 59. — С. 112–119.
5. Степанов, В.А. Золоторудные формации Приамурской провинции / В.А. Степанов, А.В. Мельников // Изв. вузов. Геология и разведка. — 2016. — № 4. — С. 42–49.
6. Степанов, В.А. О продуктивности рудно-россыпных узлов Приамурской золотоносной провинции / В.А. Степанов, А.В. Мельников // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 1. — С. 8–16.
7. Щепотьев, Ю.М. Оценка состояния, использования и перспектив развития рудной минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов Камчатского края с целью выделения локальных участков для проведения поисковых работ и лицензирования участков недр. Кн.1. / Ю.М. Щепотьев, А.Ф. Литвинов. — М.: Росгео, 2012. — 236 с.
8. Юшманов, Ю.П. Структура и зональность Au-Cu оруденения месторождения Лазурное в Центральном Сихотэ-Алине / Ю.П. Юшманов // Тихоокеанская геология. — 2002. — Т. 21. — № 2. — С. 85–9.

© Степанов В.А., 2019

Степанов Виталий Алексеевич // vitstepanov@yandex.ru

ОХРАНА НЕДР И ЭКОЛОГИЯ

УДК 550.47:546.79:504.7:630.164.5

Юсупов Д.В., Рихванов Л.П., Судыко А.Ф.,
Барановская Н.В., Дорохова Л.А. (Национальный
исследовательский Томский политехнический
университет)

РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (ТОРИЙ, УРАН) В ЛИСТЬЯХ ТОПОЛЯ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ И ИХ ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ

Представлены данные о накоплении тория и урана в листьях тополя на территории городов севера Азии. Приведены оценки средних содержаний радиоэлементов и индикаторного отношения тория к урану. Детально рассмотрено влияние природных и техногенных факторов на распределение радионуклидов на примере городов Ново-

сибирска, Иркутска, Краснокаменска и др. Важную роль в накоплении радиоактивных элементов в листьях тополя играет воздушный перенос аэрозолей. **Ключевые слова:** торий, уран, Th/U отношение, листья тополя, урбанизированные территории, биогеохимия, индикаторы.

Yusupov D.V., Rikhvanov L.P., Sudyko A.F., Baranovskaya N.V., Dorokhova L.A. (National Research Tomsk Polytechnic University)

RADIOACTIVE ELEMENTS (THORIUM, URANIUM) IN THE POPLAR LEAVES ON URBAN AREAS AND THEIR INDICATOR ROLE

The article presents data about accumulation of thorium and uranium in poplar leaves in the cities of North Asia. The mean contents of radioelements and the indicator ratio of thorium to uranium are estimated. The influence of natural and techno-