

сходство с уранинитами Хадатканды. Уникально и сходство их внутреннего строения с идентичным развитием в пустотах и порах уранинита золота и теллуридов свинца.

Выявленные особенности состава и условий локализации весьма интересных, промышленно перспективных уран-золоторудных объектов группы Ромпас могут быть использованы при проведении поисковых работ как в этом районе, так и в сходных по геологическому строению регионах России, в частности на территории Карелии.

Авторы статьи глубоко признательны в организации посещения уран-золоторудных объектов руководству Федерального Агентства по Недропользованию (Роснедра), профессору, кандидату наук геологии твердых полезных ископаемых и использованию недр, сотруднику Геологической службы Финляндии Ференцу Молнеру, вице президенту по разведке месторождений компании Маусон Ресурс Лимитед, бакалавру (с отличием), кандидату наук Нику Куку, а также менеджеру по разведке месторождений Скандинавии, геологу компании Маусон Ресурс Лимитед, кандидату наук Эрки Ванханену.

© Коллектив авторов, 2015

Гребенкин Николай Анатольевич // grebenkin2@mail.ru
Леденева Надежда Викторовна // naled@rambler.ru
Филиппов Николай Борисович // nikolay.philippov@scmin.spb.ru
Житников Владимир Александрович // zva_1953@mail.ru
Литвиненко Василий Игоревич // litvinenko@scmin.spb.ru

УДК 553.411:553.04

Литвиненко И.С., Голубенко И.С. (СВКНИИ ДВО РАН)

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗОЛОТА В ОТВАЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ОТРАБОТАННЫХ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Проведена оценка прогнозных ресурсов золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений Магаданской области на основе систематизации и анализа данных средствами ГИС-технологий. По результатам выполненных расчетов установлено, что общее количество металла, перешедшего в отвальный комплекс, превышает 400 т. Прогнозные ресурсы золота в отвальных техногенных россыпях при ориентировке на содержание золота в них $>0,13 \text{ г/м}^3$ оцениваются в 180 т, а при ориентировке на содержание $>0,3 \text{ г/м}^3$ сокращаются до 120 т. **Ключевые слова:** Северо-Восток России, золото, россыпи, отвальный комплекс, ресурсы.*

Litvinenko I.S., Golubenko I.S. (SVKNII FEB RAS)

RESOURCE POTENTIAL OF GOLD IN THE DUMP COMPLEX OF THE FULFILLED LOOSE FIELDS OF THE MAGADAN REGION

Data available on earlier mined placer deposits were systematized and analyzed using the GIS-technologies and, on this basis, an assessment was made of possible gold reserves of post-mining placer dumps. According to this assessment, the general metal content of post-mining dumps is more than 400 tons. Inferred gold reserves of technogenic dump placers can be about

180 tons, with estimated gold grade more than 0.13 г/м^3 , or about 120 tons with estimated gold grade more than 0.3 г/м^3 .

Key words: North-East Russia, gold, placer deposit, dump placer, reserves.

На Северо-Востоке России на фоне высокой отрабатанности выявленных ранее россыпных месторождений все активнее поднимается вопрос о техногенных россыпях как серьезном долговременном источнике пополнения минерально-сырьевой базы золотодобывающей отрасли.

По выполненным оценкам при отработке россыпных месторождений Магаданской области образовано от 500 до 1500 млн м^3 и более техногенного комплекса, в котором сосредоточено от 250 до 1000 т золота. Средние содержания при этом оцениваются от 1,0 до 0,1 г/м^3 . Столь широкие вариации проведенных оценок, по мнению Б.К. Михайлова, «свидетельствуют об очевидной неразберихе и незнании самой сути проблемы» [7].

Согласно предложенной Н.А. Шилов классификации, техногенные россыпи подразделяют на остаточные (целиковые) и отвальные [8]. Остаточные техногенные россыпи включают в себя целики и недоработки в бортовых частях, подошве и кровле отработанных пластовых россыпных месторождений. В настоящее время именно на них приходится основная доля добываемого из техногенных россыпей металла и они, как правило, являются основными объектами работ малых золотодобывающих предприятий. Определение «остаточные» или «целиковые» при этом зачастую опускается (особенно в средствах массовой информации). Это создает путаницу и появление не отвечающих действительности представлений о существенной роли в золотодобыче Магаданской области именно техногенных, т.е. сосредоточенных в отвалах, россыпей.

Исходя из генетической сущности термина «техногенные россыпи», собственно техногенными россыпями можно называть лишь скопления полезного компонента (в нашем случае самородного золота), сосредоточенные в отвальном комплексе (все остальное — это «недоработки пластовых россыпных месторождений»). Оценке ресурсов золота именно в отвальном техногенном комплексе и посвящена настоящая работа. Ее выполнение определилось тем, что в ранее проведенных оценках рассчитывалась общая масса металла, перешедшего в отвальный комплекс, исходя из величины потерь при промывке песков [5, 6 и др.]. Целью данной работы является определение доли золота, из перешедшего в отвальный комплекс, в объектах, рентабельных для освоения на данном уровне развития золотодобывающих технологий и экономической ситуации в стране и Мире.

Отработка россыпных месторождений в Магаданской области велась в 12 россыпных районах (рис. 1). Добычными работами охвачено более 1400 россыпных объектов, из которых извлечено около 2700 т золота. Оценка прогнозных ресурсов в образовавшемся отвальном комплексе авторами проведена на основе систематизации и анализа средствами ГИС-технологий материалов по отработанным россыпным месторождениям, собранных в базу геопространственных данных.

Ввод, организация, хранение, редактирование и отображение картографической и атрибутивной информации в созданной базе данных осуществлялись на основе пакета программ ArcGIS 10 (ESRI). Атрибутивная информация слоя «россыпи» включает данные о горно-технических показателях отработанных россыпей: о параметрах месторождений (длина, ширина, мощности торфов и песков), крупности и пробыности золота, количестве добытого металла, объемах промытых пород. Данные по отработке разделены на четыре периода: 1932–1965, 1966–1985, 1986–1995 и 1996–2013 гг., которые характеризуются различным уровнем содержания золота в обрабатываемых россыпях и различной сохранностью составляющих техногенного комплекса.

Методические подходы оценки прогнозных ресурсов золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений с использованием ГИС-технологий авторами разработаны на примере самого крупного в Магаданской области Берелехского золотоносного района. Методика расчетов, обоснование величин используемых в них коэффициентов детально рассмотрены в работе [3]. На ее основе выполнена авторская оценка прогнозных ресурсов золота в отвальных образованиях золотоносных россыпных районов Магаданской области в целом.

На первом этапе работ проведен анализ распределения добытого золота по классам его средней крупности

и среднего содержания в отработанных россыпях (рис. 2). На его основе выполнена оценка общей массы золота, поступившего в отвальный комплекс отработанных россыпных месторождений, и общего уровня его содержания.

Для оценки общего количества золота, перешедшего в отвальный техногенный комплекс, на Северо-Востоке России обычно используется методика, основанная на анализе потерь при отработке россыпных месторождений. По этой методике, исходя из принимаемого среднего размера потерь в 20 % [6], количество ушедшего в отвальные техногенные россыпи золота при отработке россыпных месторождений золотоносных районов Магаданской области может оцениваться в 540 т.

Рассчитанное с использованием базы геопространственных данных распределение добытого золота по классам его средней крупности в отработанных россыпях (рис. 2) позволяет уточнить оценку количества золота, перешедшего в отвальный комплекс. Выполненный расчет дает возможность принять не усредненный показатель потерь, а конкретный для отработанных россыпей с определенной средней крупностью сосредоточенного в них металла.

Количество золота, перешедшего в отвальный комплекс при отработке россыпей со средней крупностью металла данного класса, рассчитывалось отдельно для каждого класса как произведение количества золота,

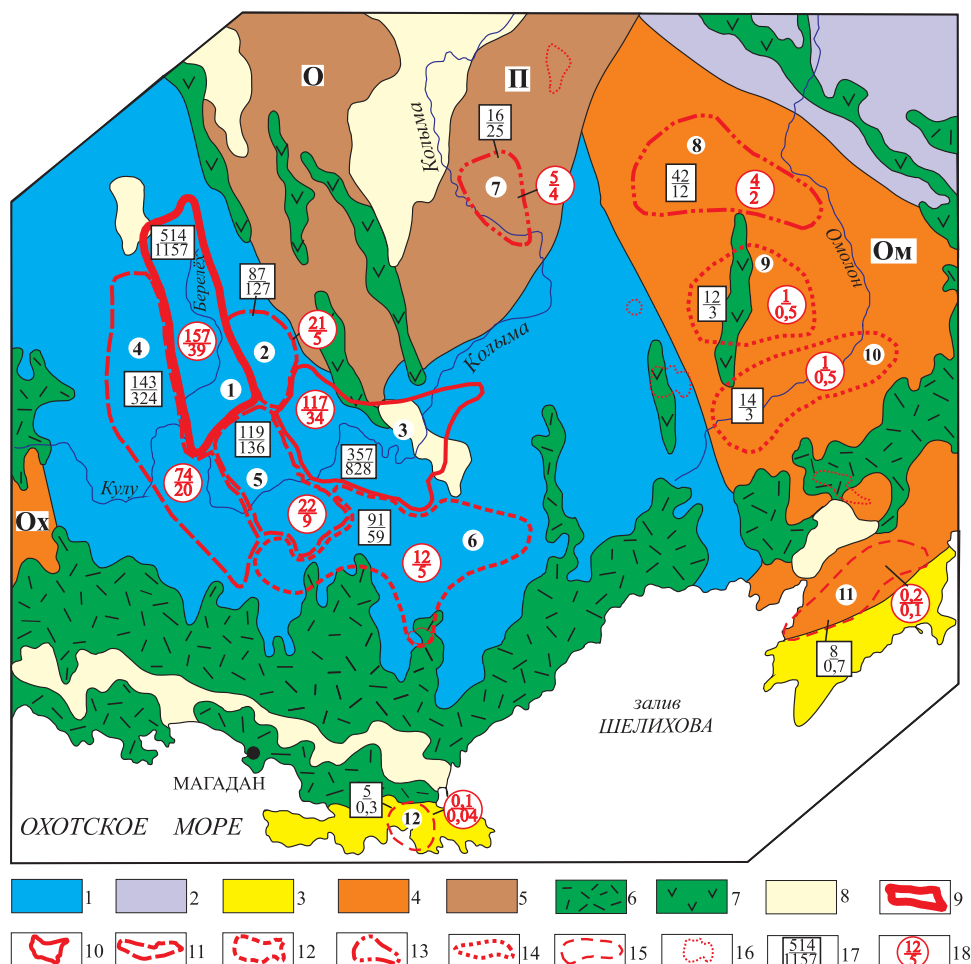


Рис. 1. Схема россыпной золотоносности Магаданской области. 1–3 — складчатые области: 1–2 — Верхояно-Чукотская (Яно-Колымская (1) и Чукотская (2) системы), 3 — Корякско-Камчатская; 4 — Охотский (Ох) и Омолонский (Ом) срединные массивы; 5 — Омурлевское (О) и Приколымское (П) поднятия; 6–7 — Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (6), прочие вулканогенные пояса и зоны (7); 8 — наложенные кайнозойские впадины; 9–15 — золотоносные районы, ранжированные по количеству добытого золота из пластовых россыпей (в т): >1000 (9), 500–1000 (10), 100–500 (11), 50–100 (12), 10–50 (13), 1–5 (14) и <1 (15); 16 — золотоносные узлы с непромышленными пластовыми россыпями; 17–18 — характеристики районов: 17 — в числителе — число объектов, из которых велась добыча россыпного золота, в знаменателе — добыча (т); 18 — в числителе — оценка количества золота, перешедшего в отвальный комплекс (т), в знаменателе — оценка прогнозных ресурсов золота со средним содержанием >0,3 г/м³ в отвальном комплексе (т). Золотоносные районы: 1 — Берелехский, 2 — Мылгино-Дебинский, 3 — Таскано-Среднеканский, 4 — Кулино-Тенькинский, 5 — Бохапчино-Тыэллахский, 6 — Нериго-Буюндинский, 7 — Шаманиха-Столбовской, 8 — Северо-Омолонский, 9 — Кедрово-Коргодонский, 10 — Южно-Омолонский, 11 — Тайгоносский, 12 — Кони-Пьягинский

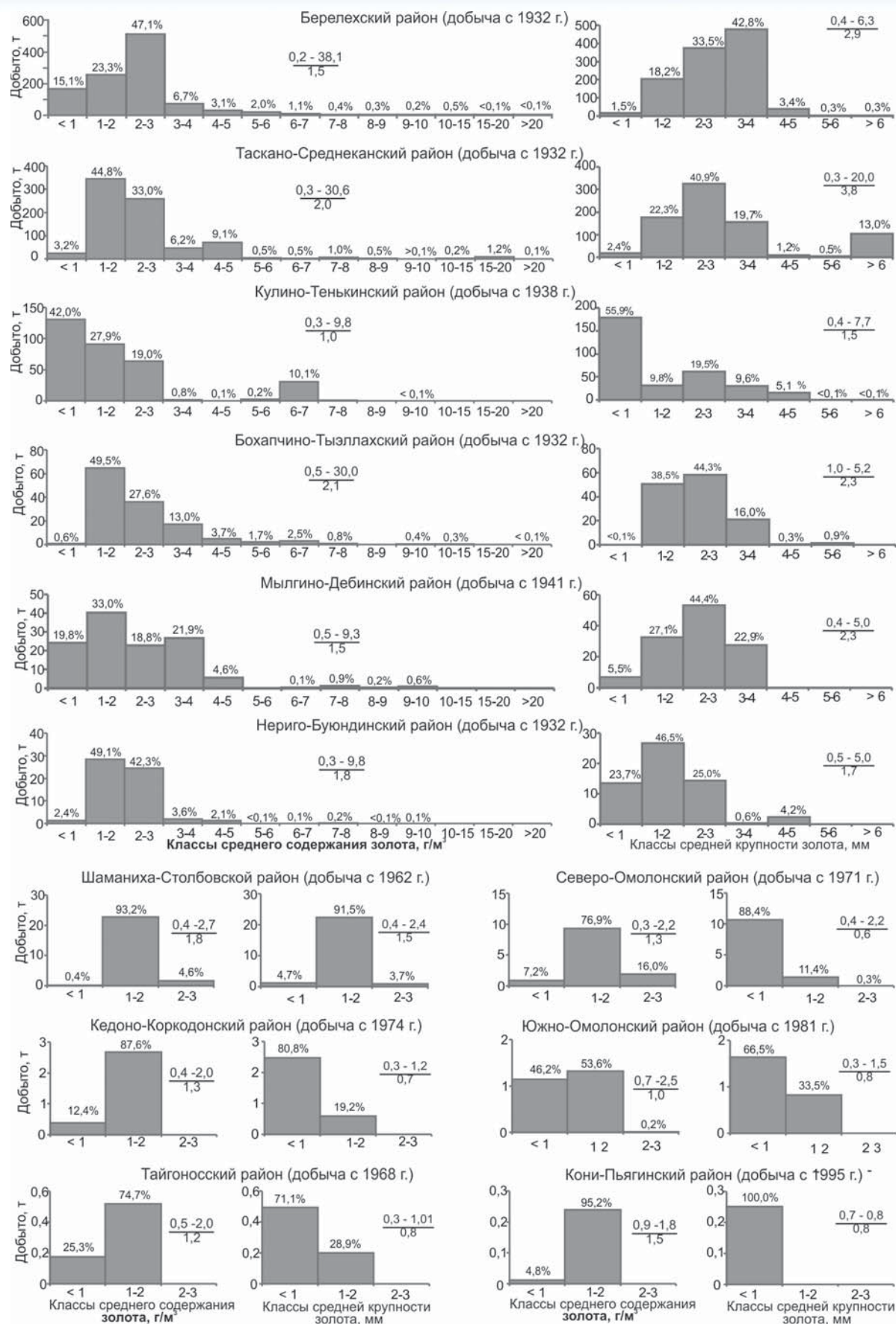


Рис. 2. Распределение добытого из россыпных месторождений золота по классам его среднего содержания и средней крупности в отработанных россыпях золотоносных районов Магаданской области. В надписях у гистограмм: в числителе — интервалы колебаний, в знаменателе — средневзвешенное значение среднего содержания и средней крупности золота в отработанных россыпях; над столбцами — доля золота данного класса от всего добытого

Таблица 1

Сводная характеристика отработанных россыпных месторождений и золотоносности отвального комплекса Магаданской области

Золотоносный район	N	Q	V	C _{ср}	D _{ср}	M _т	M _п	K _p	Q _т	C _т
Берелехский	514	1156,7	764 700,4	1,5	2,8	8,0	1,0	9,0	157,1	0,023
Таскано-Среднеканский	357	831,5	411 008,2	2,0	3,8	7,6	1,2	7,2	116,5	0,039
Кулино-Тенькинский	143	324,3	328635,4	1,0	1,5	7,7	2,4	4,2	74,2	0,054
Бохапчино-Тыэллахский	119	136,3	65 013,6	2,1	2,3	10,2	1,2	9,8	21,8	0,034
Мылгино-Дебинский	87	127,2	84 485,2	1,5	2,3	7,9	0,8	10,3	20,8	0,024
Нериго-Буюндинский	91	59,2	32 200,3	1,8	1,7	3,9	1,2	4,4	12,0	0,084
Шаманиха-Столбовской	16	24,5	14 049,8	1,8	1,5	7,3	1,9	4,8	5,0	0,075
Северо-Омолонский	42	12,1	9751,9	1,3	0,6	4,2	1,1	4,7	3,5	0,077
Кедоно-Коркодонский	12	3,1	2417,5	1,3	0,7	4,1	1,0	5,2	0,9	0,071
Южно-Омолонский	14	3,1	2955,9	1,0	0,8	2,9	1,0	3,9	0,8	0,071
Тайгоносский	8	0,7	562,0	1,2	0,8	2,4	0,6	5,0	0,2	0,067
Кони-Пьягинский	5	0,3	169,0	1,5	0,8	2,1	0,8	3,8	0,1	0,119
Всего	1408	2678,8	1 715 949,1	—	—	—	—	—	412,9	—

Примечание. N — число отработанных россыпных объектов; Q — добыто золота, т; V — промыто песков, тыс. м³; C_{ср}, D_{ср} — средневзвешенные (на массу добытого золота) значения соответственно среднего содержания (г/м³) и средней крупности (мм) золота в отработанных россыпях; M_т, M_п — средневзвешенные (на массу золота, перешедшего в отвальный комплекс) значения мощности (м) соответственно торфов и песков в отработанных россыпях; K_p — коэффициент разубоживания золотоносности продуктов промывки песков в случае их смешивания с материалом торфов, рассчитанный по формуле $K_p = (M_t + M_p)/M_{п}$; Q_т — масса золота, перешедшего в отвальный комплекс, т; C_т — содержание золота в отвальных отложениях на весь их объем, г/м³. Прочерк — показатель не определялся.

добытого из россыпей со средней крупностью металла данного класса, на коэффициент потерь (K_p) при отработке россыпей со средней крупностью металла данного класса (при отработке россыпей со средней крупностью металла менее 1 мм K_p принят равным 0,3; 1–2 мм — 0,2; 2–3 мм — 0,15; 3–4 мм — 0,1; более 4 мм — 0,05). Последующее суммирование и составило общую оценку количества золота, перешедшего в отвальный комплекс отработанных россыпных месторождений по золотоносным районам. Это количество колеблется по золотоносным районам от 0,1 до ~160 т и в целом составляет ~410 т (табл. 1).

Таким образом, проведенные расчеты показывают, что в отвальном техногенном комплексе отработанных россыпных месторождений Магаданской области сосредоточено более 400 т золота. При этом речь идет о легкодоступных, в принципе лежащих на поверхности россыпных объектах, большинство из которых в настоящее время остается невостребованными. Связано это с тем, что их отработка с целью доизвлечения потерянного металла сопряжена со многими, прежде всего экономическими проблемами, обусловленными невысоким в целом уровнем среднего содержания золота в отработанных россыпях, преобладанием в них в боль-

шинстве случаев средних и крупных фракций золота (рис. 2), а главное, сложностью строения техногенного комплекса, связанной с длительным периодом эксплуатации россыпных месторождений (особенно крупных и суперкрупных).

Разработка большинства россыпных месторождений начиналась, как правило, с отработки наиболее богатых (центральных) участков. Затем по мере развития землеройной техники происходила их доработка (вскрытие шахтных полей, углубление днищ полигонов в коренные породы и т.д.). В результате снижения кондиций расширялся к бортам долины и разрабатываемый контур. При этом техногенные формы рельефа и связанные с ними техногенные россыпи предыдущих стадий работ уничтожались или погребались. Все это приводило к формированию очень сложного техногенного рельефа и очень сложному строению отвальных техногенных россыпей. В этих условиях, казалось бы, само собой разумеющимся рассматривать отвальные техногенные россыпи как всю массу отвальных образований. Однако проведенные с использованием созданной авторами базы геопространственных данных по россыпным месторождениям Магаданской области расчеты показывают, что содержание золота «на круг» в отвальных образованиях основных золотоносных районов составляет от 23 до 84 мг/м³ (табл. 1). При таком уровне содержания сплошная переработка всей их массы с целью доизвлечения потерянного металла нерентабельна. Интерес могут представлять лишь отвальные комплексы отдельных россыпных месторождений с высоким уровнем среднего содержания и большой долей трудноизвлекаемых фракций золота.

Следовательно, сущность проблемы доизвлечения потерянного металла из отвального комплекса в большинстве случаев заключается в выявлении в нем техногенных россыпных месторождений — отвальных образований, содержащих ценный полезный компонент в количестве, экономически выгодном для его извлечения. Отсюда на первое место выдвигается вопрос о выполнении оценки прогнозных ресурсов золота в отдельных промышленных блоках (малых техногенных россыпях). Такая оценка позволяет охарактеризовать не эфемерную, а реальную россыпную минерально-

сырьевую базу в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений и определить экономическую целесообразность ее освоения.

При этом очевидно, что речь должна идти об оценке ресурсов золота в легко визуально выделяемых составляющих техногенного комплекса. Ориентироваться на то, что такие малые техногенные россыпи будут выявлены в общей массе отвальных отложений в результате изыскательских работ, не приходится. Переразведка всей массы техногенных отложений потребует гораздо больших затрат, чем было израсходовано на разведку первичных россыпей и экономически вряд ли целесообразна, так как речь идет о многократно меньших запасах с соответственно ухудшенными показателями. Принцип аналогии, когда опытно-эксплуатационными работами заверяют отдельные участки, не может использоваться, так как отработка каждой пластовой россыпи, а главное, состояние возникшего в результате этого техногенного комплекса имеют свои особенности.

Исходя из вышеизложенного, проведение оценки прогнозных ресурсов золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений Магаданской области упиралось в решение двух вопросов: в каких генетических элементах техногенного комплекса должна проводиться такая оценка и с каким уровнем среднего содержания.

Основными оставляющими техногенного комплекса при отработке россыпных месторождений, как известно, являются отвалы вскрыши, галечные, эфельные и илоотстойники. Во вскрышные отвалы поступают отложения, располагающиеся выше золотоносного пласта. Они могут содержать в себе рассеянную знаковую золотоносность и отдельные мелкие обогащенные гнезда, но в целом данные образования, несомненно, представляют собой очень слабо золотоносную, не имеющую промышленного интереса массу. Каких-либо сводных данных по содержанию золота в торфах отработанных россыпей нет. Если по отдельным мелким россыпным месторождениям его как-то можно оценить по разведочным материалам, то выполнить корректно такую работу по всем россыпям при условии, что большинство материалов геологоразведочных служб ГОКов и приисков за годы реформ утеряны, невозможно и нецелесообразно. Что касается поднимаемого некоторыми авторами вопроса об уходе части металла из золотоносных пластов во вскрышные отвалы, то тут можно отметить следующее. При недобросовестном выполнении геолого-маркшейдерской службой своих обязанностей не исключается поступление во вскрышные отвалы верхней части золотоносных пластов, особенно при очень неровной их кровле. Если в отдельных случаях данное явление и имело место, оценить такие потери не представляется возможным, да и интересны такие обогащенные участки в отвальном комплексе могут быть лишь для старателей-одиночек.

Не представляют интереса и галечные отвалы. При их разваловке, действительно, иногда находят единичные самородки, но их масса на весь объем галечного отвала дает очень низкие содержания. Сводных данных по отработанным россыпям о доле в них самородковой фракции и ее потерях нет. Оценить потери золота в

галечный отвал, если имелись случаи нарушения технологии отработки россыпи (промывка так называемых «мерзляков» — не оттаявших песков), также невозможно, и вообще такие потери не могут являться предметом региональной оценки.

В илоотстойниках, в которые уходит илесто-глинистая составляющая промываемых золотоносных песков, отлагаются тонкодисперсные частицы самородного золота. Так как количество такого металла в россыпях не определялось, то и оценить его массу в осадках илоотстойников без проведения опробовательских работ нельзя. Поскольку большинство отработанных россыпных месторождений было сформировано в динамически активной аллювиальной среде, то количество дисперсных выделений золота в них, как показывают результаты опробования золотоносных пластов пробирным анализом, ничтожное. Поэтому вряд ли скопления таких частиц золота в илесто-глинистых отложениях отстойников могут представлять промышленный интерес.

В целом можно отметить, что оценить количество золота, перешедшего в илоотстойники, вскрышные и галечные отвалы без проведения опробовательских работ невозможно и не имеет смысла. Интерес с позиции оценки ресурсов золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений представляют лишь эфельные образования. Имеющиеся данные об объемах промытых песков, массе добытого металла, его средней крупности позволяют провести на достаточно представительном уровне оценку прогнозных ресурсов золота в них. При этом следует отметить, что золотоносные эфельные отвалы (особенно первых периодов отработок) могут быть смешаны со вскрышными и галечными. Оценить содержание золота в таком «перебураторе», а следовательно, и рентабельность его отработки без опробовательских работ невозможно. Поэтому оцениваться могут лишь ресурсы золота в сохранившихся эфельных отложениях. Смешанные же образования, как уже говорилось, в большинстве случаев будут являться нерентабельными для отработки.

Что касается второго вопроса — каким же уровнем среднего содержания следует руководствоваться при расчете прогнозных ресурсов золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений в Магаданской области, — то его решение не столь определено. Вполне очевидно, что отработку отвальных техногенных россыпей не имеет смысла проводить по технологическим схемам, применявшимся при отработке первичных россыпных месторождений. Как отмечают Б.К. Михайлов с соавторами, «...для широкого вовлечения техногенных минерально-сырьевых образований в переработку требуется строительство предприятий, реализующих новые технологические принципы и решения», и далее: «отсюда и ожидаемая высокая капиталоемкость нового строительства и реконструкции с заменой действующих технологических линий на новые» [7]. Как это скажется на уровне содержания золота в отвальных техногенных россыпях, чтобы обеспечить рентабельность их отработки, оценить трудно. При определении минимального промышленного содержания золота в процессе оценки

прогнозных ресурсов в техногенных россыпях приходится ориентироваться лишь на экономические показатели по отработке первичных россыпных месторождений.

Проведенные Б.К. Михайловым с соавторами [7] технико-экономические расчеты возможного освоения отвального золотоносного комплекса в четырех рудно-россыпных узлах Центрально-Колымских золотоносных районов по аналогии с обычными россыпями показали, что техногенные образования в этих районах могут представлять коммерческий интерес при содержаниях золота $>0,3 \text{ г/м}^3$. Существенное понижение его за счет роста цены на золото (до 1600 руб/г в 2014 г. против используемой в расчетах цены 1300 руб/г) вряд ли возможно, так как рост цены на металл компенсируется пропорциональным ростом затрат на топливо [2]. Поэтому минимальное среднее содержание в $0,3 \text{ г/м}^3$ было принято в одном из вариантов расчетов прогнозных ресурсов золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений Магаданской области.

Наиболее низкие средние содержания золота в отработываемых россыпях Магаданской области отмечают при дражной отработке (на уровне $0,1 \text{ г/м}^3$) [2]. В среднем они составляют $0,13 \text{ г/м}^3$ [1, 4]. Поскольку дражная отработка (с привлечением мини-драг) техногенных отвальных россыпей представляется достаточно перспективной [7], то во втором варианте при расчетах прогнозных ресурсов в отвальном комплексе принято минимальное содержание $0,13 \text{ г/м}^3$.

Итак, исходя из вышеизложенного, отметим, что объектами для оценки прогнозных ресурсов золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений Магаданской области могут являться либо отвальные комплексы отдельных россыпей, пригодные для сплошной отработки, либо (для остальных россыпей) сохранившиеся эфелые образования. Оценка ресурсов может иметь двухвариантный характер: при ориентировке на минимальное среднее содержание $0,13$ и $0,3 \text{ г/м}^3$. Проведение такой оценки осуществлялось в два этапа.

На первом этапе были определены россыпи, у которых отработка связанных с ними отвальных комплексов на всю массу представ-

ляется рентабельной. С этой целью для каждой из россыпей был рассчитан уровень содержания золота в связанном с ней отвальном комплексе на всю его массу ($C_t = Q_p \cdot V \cdot ((M_n + M_t) \cdot M_n) \cdot K_n$, где C_t — содержание золота в отвальном комплексе; Q_p — количество золота, добытого из россыпи; V — объем промытых песков; M_n и M_t — мощности песков и торфов; K_n — коэффициент потерь при отработке россыпи исходя из средней крупности сосредоточенного в ней металла). Россыпей, у которых содержание золота в связанных с ними отвальных комплексах превысило $0,13 \text{ г/м}^3$ на массу, оказалось 174, а с содержанием более $0,3 \text{ г/м}^3$ — 25 (табл. 2). Ресурсы золота в отвальном комплексе для каждой из них рассчитаны как произведение количества золота, добытого из россыпи, на коэффициент потерь K_n . Суммарные прогнозные ресурсы золота в связанных с данными россыпями отвальных комплексах Магаданской области при ориентировке на содержание $>0,13 \text{ г/м}^3$ оцениваются в 42 т, а при ориентировке на содержание $0,3 \text{ г/м}^3$ — в 15 т.

В качестве замечаний о возможности реализации ресурсов золота в отвальных комплексах, пригодных для отработки на всю их массу, следует отметить, что вовлечение в переработку вскрышных отложений резко увеличит объемы промываемых пород и, как следствие,

Таблица 2
Прогнозные ресурсы золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений Магаданской области

Золотоносный район	Прогнозные ресурсы при содержании $>0,13 \text{ г/м}^3$						Прогнозные ресурсы при содержании $>0,3 \text{ г/м}^3$					
	P_n		P_m		P_s	Всего	P_n		P_m		P_s	Всего
	N	P	N	P			N	P	N	P		
Берелехский	27	10,12	57	7,58	39,97	60,01	27	10,12	6	0,17	28,25	39,10
Таскано-Среднеканский	5	1,63	53	10,38	39,24	52,36	4	0,54	8	1,59	31,36	33,89
Кулино-Тенькинский	1	0,03	27	14,37	15,85	30,83	1	0,03	7	9,98	9,36	19,53
Бохапчино-Тыэллахский	10	0,76	13	1,29	9,86	12,57	9	0,66	2	0,12	7,79	8,78
Мылгино-Дебинский	3	0,53	6	1,42	8,00	10,67	3	0,53	0	0,00	4,40	5,14
Нериго-Буюндинский	—	—	11	3,13	4,48	7,75	—	—	1	0,24	4,85	5,22
Шаманиха-Столбовской	1	0,02	1	3,17	1,21	4,42	—	—	1	3,2	1,04	4,25
Северо-Омолонский	—	—	4	0,55	1,87	2,41	—	—	—	—	2,18	2,19
Кедоно-Коркодонский	—	—	1	0,07	0,55	0,61	—	—	—	—	0,46	0,46
Южно-Омолонский	—	—	1	0,002	0,51	0,65	—	—	—	—	0,42	0,48
Тайгоносский	—	—	—	—	0,12	0,12	—	—	—	—	0,09	0,09
Кони-Пьягинский	—	—	—	—	0,06	0,07	—	—	—	—	0,04	0,04
Всего	47	13,09	174	41,97	121,72	182,46	44	11,88	25	15,30	90,24	119,17

Примечание. P_n и P_m — прогнозные ресурсы золота в пригодных для отработки на всю их массу продуктах промывки добытых подземным способом песков (P_n) и продуктах промывки добытых открытым способом песков и вскрышных отвалах (P_m); N — число россыпных объектов; P — сосредоточенные в них ресурсы золота, т; P_s — прогнозные ресурсы золота в отвалах эфелей, т. Прочерк — данный показатель отсутствует.

длительность промывочных работ, которая будет измеряться годами, а то и десятилетиями. И нет гарантии, что при планомерной последовательной переработке всего отвального комплекса в первые годы она окажется рентабельной. Есть все основания опасаться, что во избежание банкротства в первый же год недропользователи прежде всего будут обрабатывать наиболее богатые участки — сохранившиеся эфельные отвалы, без которых отработка всей оставшейся массы техногенного комплекса (или ее части) может стать нерентабельной. В результате отмеченный выше ресурсный потенциал золота в отвальных комплексах, пригодных для отработки на всю их массу, может быть реализован не полностью.

На первом же этапе отдельно были оценены содержания золота во всем отвальном комплексе промытых песков россыпей, отработанных подземным способом. Эти содержания рассчитывались как произведение среднего содержания золота в промытых песках россыпи на коэффициент потерь при промывке песков исходя из средней крупности сосредоточенного в них металла. Всего для сплошной переработки при ориентировании на содержание $>0,13 \text{ г/м}^3$ оказались пригодными отвальные комплексы от промывки песков 47 россыпных месторождений, а при ориентировании на содержание $>0,3 \text{ г/м}^3$ — 44. Ресурсы золота в них, рассчитанные как произведение количества золота, добытого из россыпи, на соответствующий его крупности коэффициент потерь, составили в сумме соответственно 13 и 12 т (табл. 2).

Второй этап включал в себя расчет для остальных россыпей ресурсов золота в сохранившихся эфельных образованиях. При разработке методических подходов такого расчета на примере Берелехского золотоносного района была выполнена оценка ресурсов золота в сохранившихся эфельных отвалах двумя способами: по суммарным показателям и показателям отдельных россыпей. Поскольку оценки прогнозных ресурсов золота в сохранившихся эфельных отвалах Берелехского золотоносного района, полученные разными способами, оказались достаточно близкими [3], а второй способ (отталкиваясь от показателей отдельных россыпей) — более простым по исполнению, то для остальных золотоносных районов расчет прогнозных ресурсов выполнялся отдельно по каждой отработанной россыпи. Он носил многоуровневый характер:

распределение добытого золота в россыпи по указанным выше периодам отработки;

оценка содержания золота в эфельных образованиях в различные периоды отработок ($C_{\text{эп}} = 1,3 \cdot C_{\text{срп}} K_{\text{п}}$, где $C_{\text{эп}}$ — содержание золота в эфельных образованиях в данный период отработки россыпи; $C_{\text{срп}}$ — среднее содержание золота в россыпи в данный период отработки; $K_{\text{п}}$ — коэффициент потерь, определявшийся исходя из средней крупности металла в россыпи; 1,3 — коэффициент увеличения содержания золота в результате сокращения объема вмещающего его материала);

отбор эфельных образований со средними содержаниями $>0,13$ и $>0,3 \text{ г/м}^3$ по периодам;

оценка прогнозных ресурсов в отобранных эфельных образованиях для различных периодов отработки рос-

сыпи ($P_{\text{эп}} = Q_{\text{рп}} K_{\text{п}} K_{\text{с}}$, где $P_{\text{эп}}$ — прогнозные ресурсы золота в эфельных образованиях для данного периода отработки россыпи; $Q_{\text{рп}}$ — количество золота, добытого из россыпи в данный период; $K_{\text{п}}$ — коэффициент потерь (исходя из средней крупности металла в россыпи); $K_{\text{с}}$ — коэффициент сохранности эфельных образований для данного периода отработки россыпи, равный для первого-четвертого периодов 0,15, 0,6, 0,8 и 0,9 соответственно);

сводное определение количества прогнозных ресурсов золота в эфельных образованиях по отдельным россыпям и в целом по золотоносным районам.

Суммарные прогнозные ресурсы золота в сохранившихся эфельных образованиях по всем золотоносным районам при ориентировке на минимальное среднее содержание в $0,13 \text{ г/м}^3$ составили 122 т, а при ориентировке на содержание $0,3 \text{ г/м}^3$ — 90 т (табл. 2).

Суммирование прогнозных ресурсов золота в техногенных комплексах, пригодных для отработки на всю их массу, и в сохранившихся эфельных образованиях остальных россыпей дает общий показатель прогнозных ресурсов золота в отвальном техногенном комплексе отработанных россыпных месторождений Магаданской области (табл. 2). При ориентировке на среднее содержание золота $>0,13 \text{ г/м}^3$ они могут оцениваться в 180 т, т.е. составляют 7–8 % от количества золота, добытого из отработанных первичных аллювиальных россыпей. При ориентировке на уровень содержания $>0,3 \text{ г/м}^3$ их количество сокращается до 120 т (4–5 % от добычи из первичных россыпей).

Таким образом, отвальные техногенные россыпи вряд ли можно рассматривать как панацею для золотодобывающей отрасли Магаданской области. В то же время возможность наличия в них более 100 т золота в объектах с содержанием его $>0,3 \text{ г/м}^3$, к тому же легко выявляемых (так как речь идет либо о сплошной переработке отвальных образований, либо о сохранившихся эфельных отвалах), служит достаточно серьезным основанием для разработки рациональной технологической схемы освоения техногенных отвальных россыпей.

С другой стороны, полученные материалы указывают, что необходимо уделить самое серьезное внимание рациональной отработке оставшихся запасов в пластовых россыпях, с тем чтобы не создавать новых техногенных россыпей. В настоящее время отработка оставшихся запасов золота в россыпных месторождениях Магаданской области ведется в основном с применением традиционных способов гравитационного обогащения. К тому же культура отработки и технологии извлечения в последние годы резко снизилась. Выбрасывать золото в техногенный отвал, а потом разрабатывать методики его выявления и извлечения — более нерациональную схему трудно себе представить. Полное извлечение металла при отработке находящихся на балансе Магаданской области россыпных месторождений может позволить дополнительно получить несколько десятков тонн золота. С этой целью должна быть выполнена их геолого-технологическая типизация с позиции запасов в них трудноизвлекаемого золота. Россыпи с повышенным содержанием такого металла

должны лицензироваться при наличии у недропользователя соответствующего обогащительного оборудования и стать объектом повышенного внимания геологического контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беневольский Б.И., Голенев В.Б. Минерально-сырьевая база драгоценных металлов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2013. — № 5. — С. 124–143.
2. Гальцева Н.В., Горячев Н.А., Чугунов А.Н. О повышении инвестиционной привлекательности минерально-сырьевой базы Северо-Востока России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2013. — № 6. — С. 30–37.
3. Литвиненко И.С., Голубенко И.С. О проблеме оценки прогнозных ресурсов золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений на Северо-Востоке России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2014. — № 1. — С. 25–31
4. Проблемы и перспективы социально-экономического развития Магаданской области / Н. В. Гальцева, О. В. Акулич, Г. Н. Ядрышников и др. — Магадан: Полиарк, 2008.
5. Прусс Ю.В. Технология сплошной переработки отвального комплекса россыпной золотодобычи / Проблемы освоения техногенного комплекса месторождений золота: Материалы межрегиональной науч. конф. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2010. — С. 47–54.
6. Россыпи золота Северо-Востока России (модели для прогноза, поисков и разведки) / Под ред. М.М. Константинова и др. — М.: Комитет природных ресурсов по Магаданской области, Минприроды РФ, 1999.
7. Техногенные минерально-сырьевые ресурсы / Под ред. Б.К. Михайлова. — М.: Научный мир, 2012.
8. Шило Н.А. Учение о россыпях. — М.: Изд-во академии горных наук, 2000.

© Литвиненко И.С., Голубенко И.С., 2015

Литвиненко Иван Степанович // litvinenko@neisri.ru
Голубенко Ирина Сергеевна // golubenko@neisri.ru

УДК 553.061.12553.495+553.411.072(282.256.3)

Данковцев Р.Ф., Шашорин Б.Н., Выдрич Д.Е.
(ФГУП «ВИМС»)

ПЛОТНОСТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА НЕДР СЕВЕРО-ЕНИСЕЙСКОГО УРАН-ЗОЛОТОНОСНОГО РАЙОНА И ГЛУБИННЫЕ ФАКТОРЫ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

*Изучена плотностная инфраструктура верхней коры Северо-Енисейского уран-золотоносного района; сформулированы глубинные факторы контроля оруденения, обеспечивающие возможность целенаправленного металлогенического районирования территории. **Ключевые слова:** локальные очаги разуплотнения, каналы термофлюидного транзита, структурно-энергетические рудоконтролирующие пороги (области сужения каналов транзита).*

Dankovtsev R.F., Shachorin B.N., Vydrich D.E. (VIMS)

DENSITY INFRASTRUCTURE DEPTHS OF THE NORTH-YENISEI URANIUM-GOLD-BEARING AREA AND DEPTH FACTORS MINERAGENIC CONTROL

*Studied density infrastructure of the upper crust of the North-Yenisei uranium-gold-bearing area; formulated depth the factors controlling mineralization, providing purposeful metallogenic zoning. **Key words:** local pockets of decompression, channels thermofluids transit, structure-energy ore-controlling thresholds (the area of narrowing channels transit).*

Северо-Енисейский рудный район располагается в пределах Центрально-Ангарского и Восточно-Ангарского тектонических блоков Енисейского кряжа (рис. 1). Он сложен дислоцированными и метаморфизованными от зеленосланцевой до амфиболитовой фаций терригенными, терригенно-карбонатными и карбонатными отложениями рифея. Значительный геологический объем Северо-Енисейского рудного района составляют неопротерозойские (R_3) гранитные массивы тейского, ерудинского, татарско-аяхтинского и глушихинского комплексов, которые в совокупности со складчатой и разрывной тектоникой играют важную роль в размещении месторождений полезных ископаемых [1–7].

В составе *тейского* и *ерудинского* комплексов выделяются гранитоиды Тейского, Каламинского и Ерудинского массивов, расположенные в северо-восточной части Центрально-Ангарского тектонического пояса (рис. 1). В строении этих массивов преобладают амфибол-биотитовые, биотитовые граниты, а также гранитоиды, диориты и плагиограниты, относящиеся к известково-щелочной и известковой магматическим сериям. Геохимические особенности пород данных массивов показывают, что они соответствуют промежуточным характеристикам *S*- и *I*-типов гранитов. Их образование произошло в узком интервале времени — от 880 до 865 млн. лет [1, 2].

В составе *татарско-аяхтинского* комплекса выделяются гранитоиды Аяхтинского и Чиримбинского массивов, расположенные в центральной части Центрально-Ангарского геоблока в зоне влияния Татарского и Ишимбинского надвигов (рис. 1). Породы данных массивов представлены амфибол-биотитовыми гранитами нормальной щелочности, низкощелочными гранитами и субщелочными разностями с подчиненным количеством кварцевых сиенитов и лейкогранитов. Они отвечают геохимическим особенностям гранитов *A*- и смешанного *S-I*-типов [1, 2], образовались в узком временном интервале — 760–750 млн. лет (через 100–120 млн. лет после формирования пород тейского комплекса) в период коллизии Центрально-Ангарской пластины с Сибирским кратоном при плавлении преимущественно коровых магматических источников палеопротерозойского возраста [1, 2].

В составе *глушихинского* комплекса выделяются гранитоиды Глушихинского, Лендахского, Верхнекилейского, Гремяхинского, Гаревского и Стрелковского массивов, расположенные преимущественно в западной части Центрально-Ангарского пояса (рис. 1). Становление указанных массивов, согласно $U-Pb$ данным по цирконам, произошло в интервале 752–718 млн. лет [1]. Они сложены преимущественно лейкогранитами, относящимися к щелочно-известковой и известково-щелочным сериям. Основные геохимические особенности этих пород, соответствующих редкометалльным гранитам *A*-типа [1], проявлены в обогащенности кремнеземом, калием, железом, фтором, значительном обеднении европием, барием и стронцием [1]. Граниты *глушихинского* комплекса рассматриваются многими исследователями как поздние или постколлизийные, образованные вслед за синколлизийными *татарско-аяхтинскими* гранитами.