

УДК 068.5.54:044(571.6)

**ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ГАЛЕ-ЭФЕЛЬНЫХ ОТВАЛОВ
РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ**

Г. С. Мирзеханов¹, З. Г. Мирзеханова²

¹*Институт горного дела ДВО РАН,*

E-mail: mgs_gold@mail.ru, ул. Тургенева, 51, 680000, г. Хабаровск, Россия

²*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,*

E-mail: lorp@iver.as.khb.ru, ул. Дикопольцева, 56, 680000, г. Хабаровск, Россия

Дан краткий анализ оценки прогнозных ресурсов гале-эфельных отвалов россыпных месторождений Дальнего Востока России. На примере техногенных комплексов и обрабатываемых объектов, локализованных в Хабаровском крае, Еврейской автономной области, Амурской и Магаданской областях, приведены расчеты прогнозных ресурсов в геле-эфельных отвалах. Рассмотрены различные оценочные комбинации используемых параметров: потери, исходное содержание золота, эфельность песков. Показано, что в зависимости от их сочетания значимость прогнозных ресурсов меняется в количественном и качественном отношении. Представлены жесткий, оптимистичный, реалистичный и нереальный варианты возможных перспектив повторной обработки гале-эфельных отвалов.

Россыпные месторождения, гале-эфельные отвалы, потери золота, ресурсы, кондиции, исходное содержание

DOI: 10.15372/FTPRPI20200213

Объективность в оценке ресурсного потенциала гале-эфельных отвалов отработанных россыпных месторождений золота — важная часть планирования перспективного развития экономики регионов России, где золотодобывающая отрасль имеет в территориально-отраслевой структуре хозяйства доминирующее значение. К таковым на протяжении более 100 лет относятся регионы Сибири и Дальнего Востока. В настоящее время на них приходится более 97 % металла, добываемого ежегодно в стране. Доля россыпного золота составляет не более 30 % и в суммарном количестве не превышает 80 т. В последние годы наблюдается уменьшение значимости россыпных месторождений в общем объеме золотодобычи, связанное с истощением минерально-сырьевой базы, отсутствием подготовленных целиковых месторождений. Перспективы прироста запасов золота обусловлены не только открытием новых месторождений, но и переоценкой отработанных, где наибольший интерес представляет отвальный комплекс, а в нем — гале-эфельные отвалы.

Необходима прогнозная оценка ресурсов золота в гале-эфельных отвалах в пределах различных регионов. В России за 70 лет накоплено 11.9 млрд м³ гале-эфельных отвалов, пригодных к повторной обработке, их ресурсный потенциал оценен в 1.9 тыс. т драгоценного металла [1]. Старатели успешно перебивали отвалы в Амурской области начиная с 1905 г. [2] Повторная обработка гале-эфельных отвалов также проводилась в 40-е и 70-е гг. XX в. в Читинской,

Иркутской, Амурской областях, Республике Саха (Якутия), Бурятии и Чукотском АО и продолжается в настоящее время [1–9]. Однако не решено, что именно следует перебивать повторно: гале-эфельные отвалы или весь техногенный комплекс, сформировавшийся в отработанном пространстве (бортовые и внутриконтурные целики, остаточные приплотиковые части, новообразованные современные золотоносные шлейфы и т. д.), а также какой подход использовать в прогнозной оценке полезного компонента с учетом различных исходных предпосылок оцениваемого техногенного объекта.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМНОЙ СИТУАЦИИ

При оценке прогнозных ресурсов гале-эфельных отвалов учитывают количество добытого металла и уровень проектных технологических потерь для объекта или объема гале-эфельных отвалов и прогнозируемое содержание в них металла. Данные в обоих случаях необъективны, так как параметры технологических потерь, расчет которых проводится по изометричной гранулометрии золота, и содержание золота в гале-эфельных отвалах, взятое за основу, определяются множеством производственно-геологических факторов, которые обычно не принимаются во внимание [4, 5]. К ним относятся: гранулометрический состав металла и его морфология; первичное содержание драгоценного металла в песках; количество тяжелых минералов в шлихе исходных песков; гранулометрический состав исходных песков; литологический состав песков; особенности плотика россыпей; оборудование и техника, используемые при добыче; человеческие возможности; оборудование, применяемое при доводке шлихов; время года, когда происходила промывка песков; качество разведки; послеотрабочные мероприятия. При этом одни факторы (гранулометрический состав металла, количество тяжелых минералов, литологический состав песков и др.) оказывают прямое влияние на потери золота при разработке россыпи, другие (гранулометрия песков, человеческий фактор) — косвенное. При расчете технологических потерь не учитываются такие особенности морфологии золота, как уплощенность, удлиненность (соотношение осей 1 : 2 и более), глинистость песков, высокое исходное содержание золота, наличие тяжелых минералов, от которых могут зависеть потери драгоценного металла при промывке. Совокупность этих факторов может увеличить или уменьшить стандартные технологические потери [4, 10]. Наличие крупного или самородкового золота влияет на результаты разведочных работ [11].

Оценка ресурсного потенциала техногенных образований требует детализации и уточнения доступных факторов. Прогнозные ресурсы техногенных образований россыпных месторождений Хабаровского края (объекты АО «Приморзолото»), отработанных гидравлическим способом, составляют 63 т, Амурской области — 129 т [12]. По данным [13], суммарные прогнозные ресурсы ($P_1 + P_2 + P_3$) россыпного золота Амурской области достигают 243 т, из которых на долю техногенных россыпей приходится 25 %. В техногенном комплексе Магаданской области ожидаемые ресурсы превышают 400 т [14]. Среднее содержание золота в гале-эфельных отвалах Хабаровского края — 0.129 г/м³, в отвалах Амурской области — 0.048–0.122 г/м³ [12, 13]. Содержание полезного компонента в отвальном комплексе Магаданской области находится в интервале 0.023–0.084 г/м³ и не может служить основанием для успешного вовлечения его в повторную отработку [14]. Как показывает геолого-экономическая оценка техногенных россыпей, для рентабельной отработки необходимо, чтобы среднее содержание золота в гале-эфельных отвалах превышало приведенные выше [4].

Отсутствие общепринятой методики прогноза ресурсного потенциала техногенных образований позволяет предположить, что данные по среднему содержанию неверные, так как основываются на результатах точечного опробования или оцениваются через проектные технологические потери. При учете влияния различных факторов, таких как эфельность песков и высокие

исходное содержание золота в песках, прогнозируемое среднее содержание в гале-эфельных отвалах и ресурсы в техногенных образованиях конкретных россыпей могут увеличиваться или уменьшаться. Среднее содержание металла, особенно для крупных объектов, может стать главной причиной рентабельной повторной эксплуатации гале-эфельных отвалов.

Высокое содержание золота в исходных песках при эфельности на уровне 70 % влияет на технологические потери металла при промывке. Для россыпей с содержанием золота в исходных песках более 2.1 г/м^3 технологические потери увеличивались от 2 раз и более относительно расчетных потерь, основанных на учете гранулометрии золота [4]. Не исключаются варианты, когда даже невысокое содержание золота в исходных песках при минимальной эфельности (10–30 %) создают условия формирования эфельных отвалов с высоким содержанием полезного компонента. В таких случаях из-за формирующегося малого объема эфельных отвалов уменьшается количество накопленного ресурса. В связи с этим оценку прогнозных ресурсов гале-эфельных отвалов можно отнести к общей оценке потеряннного золота в целом. Не исследована дифференциация ресурсов техногенных объектов в контексте перспектив для повторной обработки с учетом особенностей конкретных объектов. В настоящей статье сделана попытка провести дифференцированную оценку прогнозных ресурсов гале-эфельных отвалов на примере четырех субъектов Дальневосточного региона, исходя из влияния исходного высокого содержания золота в материнских песках и при 70 % эфельности песков. Рассматривались различные оценочные комбинации: при технологических потерях на уровне 10 и 20 % без учета влияния высокого исходного содержания, при этих же потерях, но с учетом данного фактора.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положены результаты исследований техногенных комплексов, отрабатываемых россыпных объектов Дальнего Востока России, в частности отвалов различного генетического типа, отличающихся морфологическими, морфометрическими параметрами, составом отложений, а также ресурсными возможностями их последующей переработки. Образования гале-эфельных отвалов изучались традиционными методами: галечные, эфельные отвалы отработанных россыпей на всю глубину вскрывались расчистками и канавами, в которых через каждые 10 м отбирались крупнообъемные пробы ($0.5–3 \text{ м}^3$). Они исследовались с учетом содержания золота, характера изменения технологических потерь металла в зависимости от степени эфельности исходных песков и наличия полезного компонента. Все россыпные объекты, в зависимости от исходного содержания металла, разделены на четыре группы: 1) с минимальным содержанием золота в интервале $0.2–0.8 \text{ г/м}^3$; 2) средним содержанием металла — $0.81–2.0 \text{ г/м}^3$; 3) высоким содержанием золота — $2.1–3.0 \text{ г/м}^3$; 4) очень высоким содержанием золота — более 3 г/м^3 .

Проанализированы и использованы данные по изучению, эксплуатации россыпных месторождений золота, в том числе и техногенных. Методологической основой исследования является применение совокупности различных методов: анализа, обобщения, сравнения и группировки. Расчеты прогнозируемого среднего содержания золота в гале-эфельных отвалах выполнены по формуле

$$C_1 = CT / K_3 K_1, \quad (1)$$

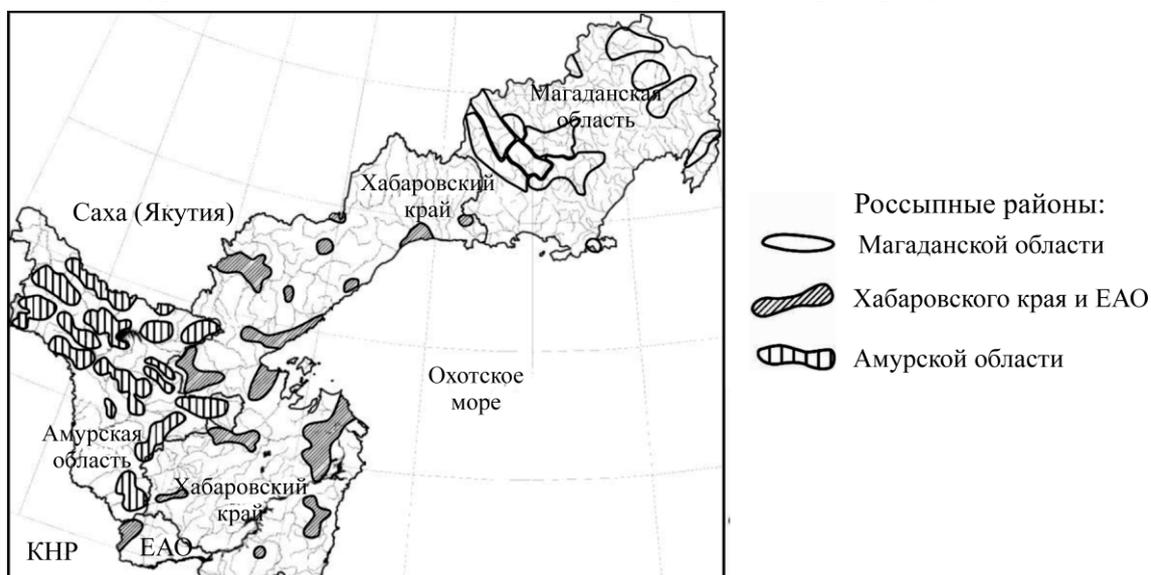
где C_1 — содержание золота в отвальном комплексе; C — исходное содержание золота в первичных песках; T — технологические потери: 10 или 20 % в зависимости от вариантов; K_3 — коэффициент эфельности 0.7, что соответствует 70 % уровню эфельности; K_1 — коэффициент, равный значению 2 и учитывающий влияние высоких исходное содержание для россыпей 3-й и 4-й групп. Расчет ресурсов проводился по формуле

$$P = QT, \quad (2)$$

где P — прогнозируемые ресурсы в гале-эфельных отвалах; Q — запасы в исходных россыпях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные россыпные объекты локализованы на площадях Еврейской автономной области (ЕАО), Амурской, Магаданской областей и Хабаровского края (рисунок).



Расположение изученных и проанализированных россыпных районов

Россыпные объекты Амурской области дифференцированы по золотороссыпным районам. Выделено 16 районов, в пределах которых отрабатывается около 700 россыпных объектов с общими запасами около 941 т золота (табл. 1). Доля запасов металла, сконцентрированного в месторождениях с высоким содержанием (более 2.1 г/м^3), достигает 40.9 % по Амурской области. Они сосредоточены в четырех районах: Дамбукинском, Джалинда-Урканском, Октябрьском и Селемджинском. Прогнозные ресурсы гале-эфельных отвалов, определенные через технологические потери на уровне 10 %, составляют 94 т, на уровне 20 % — 188 т. При $K_s = 0.7$ и без учета влияния исходного высокого содержания на потери металла при технологических потерях 10 % в гале-эфельных отвалах прогнозируется содержание золота $0.140 - 0.429 \text{ г/м}^3$.

Влияние высокого содержания золота выражается в двукратном увеличении технологических потерь, с учетом этого фактора среднее содержание металла для гале-эфельных отвалов россыпей 3-й и 4-й групп варьирует в пределах от 0.714 до 0.957 г/м^3 и более, что увеличивает количество запасов сконцентрированного в них полезного компонента на 38.5 т. В данном случае в Амурской области возможен прогноз наличия высокоперспективных гале-эфельных отвалов с общими ресурсами более 76 т с содержанием от 0.714 г/м^3 и более. Ожидаемое распределение ресурсов по районам приведено в табл. 2. Технологические потери на уровне 20 % увеличивают ресурсный потенциал высокоперспективных гале-эфельных отвалов. Согласно табл. 3 и 4, общие ресурсы возрастут до 265.2 т. Количество ресурсов в гале-эфельных отвалах с содержанием золота $0.428 - 1.951 \text{ г/м}^3$ достигнет 247.6 т (93 % от всех ресурсов).

ТАБЛИЦА 1. Распределение запасов по россыпям в районах Амурской области в зависимости от исходного содержания золота, т

Россыпной район	Количество россыпей / добыто	Распределение запасов золота в россыпях* по группам с различным исходным содержанием			
		1	2	3	4
Гилуойский	36/10	3	7	—	—
Верхне-Токский	23/5	1	4	—	—
Купури-Майский	2/1	—	1	—	—
Нюкжинский	62/42	0.84	33.6	7.56	—
Дамбукинский	190/222	—	155.4	66.60	11.1
Бомнакский (Сугдjarский)	22/7	—	7	—	—
Уруша-Ольдойский	54/35	50	50	—	—
Джалинда-Урканский	40/200	10	50	140	—
Тыгда-Улунгинский	89/30	12	18	—	—
Унья-Бомский	31/20	2.0	18.0	—	—
Норский (Туксинско-Нора-Эгорский)	20/5	3.0	2.0	—	—
Октябрьский	60/94	—	20.68	53.58	18.8
Селемджинский	14/184	—	97.52	60.7	25.76
Шимановский (Сиваглинский)	25/2	2	—	—	—
Северотуранский (Ульминский)	20/5	2.5	2.5	—	—
Ивановский (Архаринский)	11/4	1.6	1.6	0.8	—
Всего	699/941.14	87.94	468.3	329.24	55.66

*Россыпи, сгруппированные по разным исходным содержаниям золота, дифференцирование по группам приведено в тексте

В Хабаровском крае, включая ЕАО, россыпные объекты находятся в 16 административных районах, где локализовано 800 россыпей и россыпепроявлений, к настоящему времени отработанных и повторно вовлекающихся в отработку с общими запасами драгоценного металла 696.5 т (рисунок).

Россыпные месторождения со средним содержанием золота более 2.1 г/м^3 могут изменить баланс ресурсного потенциала гале-эфельных отвалов. Доля запасов металла, сконцентрированного в подобных месторождениях ЕАО и Хабаровского края, составляет 53 %, при их разбросе в зависимости от локализации по объектам южной экономической части — лишь 0.6 %, в центральной увеличивается до 45.9 %, в северной достигает 54.3 %. Наиболее высок этот показатель в Аяно-Майском, Охотском и Верхнебуреинском районах края.

Прогнозные ресурсы гале-эфельных отвалов, определенные через технологические потери на уровне 10 %, составляют 69.7 т, на уровне 20 % — 139.4 т. При $K_s = 0.7$ и без учета влияния исходного содержания на потери металла в гале-эфельных отвалах ожидаемое содержание полезного компонента находится в диапазоне от 0.071 до 0.714 г/м^3 . При учете влияния высокого содержания золота в исходных песках, выражающегося в двукратном увеличении технологических потерь, среднее содержание для гале-эфельных отвалов россыпей 3-й и 4-й групп изменится до 0.856 и 1.428 г/м^3 соответственно, что увеличит количество металла, сконцентрированного в них на 37 т. В Хабаровском крае и ЕАО прогнозируются высокоперспективные гале-эфельные отвалы с общими ресурсами 74 т драгоценного металла и содержанием $0.856 - 1.426 \text{ г/м}^3$. Ожидаемые прогнозные ресурсы золота в гале-эфельных отвалах отработанных россыпей региона

при 10 % технологических потерях и учете влияния высокого среднего содержания составляют 106.7 т, из них 74.02 т высокоперспективные, пригодные к повторной отработке при экономических требованиях в настоящее время.

ТАБЛИЦА 2. Распределение ожидаемых ресурсов в Амурской области при технологических потерях 10 % и учете влияния высокого среднего содержания, т

Россыпной район	Всего ресурсов	В том числе высокоперспективные ресурсы со средним содержанием	
		> 0.428 г/м ³	> 1.951 г/м ³
Гиллойский	1	—	—
Верхне-Токский	0.5	—	—
Купури-Майский	0.1	—	—
Нюкжинский	4.96	1.51	—
Дамбукинский	31.04	13.32	2.22
Бомнакский (Сугджарский)	0.7	—	—
Уруша-Ольдойский	10	—	—
Джалинда-Урканский	34	28	—
Тыгда-Улунгинский	3	—	—
Унья-Бомский	2	—	—
Норский (Туксинско-Нора-Эгорский)	0.5	—	—
Октябрьский	16.7	10.7	3.76
Селемджинский	27.2	12.2	5.15
Шимановский (Сиваглинский)	0.2	—	—
Северотуранский (Ульминский)	0.5	—	—
Ивановский (Архаринский)	1.12	0.16	—
Итого	172.02	65.8	11.2

Гале-эфельные отвалы со средним содержанием 0.428 г/м³ также являются высокоперспективными техногенными образованиями с уровнем технологических потерь 20 %. Общие ресурсы в таком случае достигнут 213.43 т, в том числе высокоперспективные — 192.63 т (табл. 3).

Магаданская область обладает большими запасами россыпного золота: 2679 т сконцентрировано в 1408 россыпных объектах 12 россыпных районов (рисунок). Прогнозные ресурсы гале-эфельных отвалов по рассматриваемым россыпным районам с учетом степени эфельности ($K_s = 0.7$) и технологических потерь на уровне 20 % приведены в [14], где при оценке не исследуется дифференциация россыпей по исходному содержанию металла, а также не учтено влияние высокого содержания золота. Это снижает реальные перспективы и привлекательность гале-эфельных отвалов. Доля ресурсов золота, сконцентрированного в месторождениях с высоким содержанием металла (более 2.1 г/м³ — 3-я и 4-я группы россыпей) при разбросе по россыпным районам Магаданской области, — 52.4 %.

Прогнозные ресурсы гале-эфельных отвалов, определенные через технологические потери на уровне 10 %, составляют 267.9 т, на уровне 20 % потерь — 535.8 т. При $K_s = 0.7$ и без учета влияния высокого исходного содержания при 10 % технологических потерях металла в гале-эфельных отвалах следует ожидать содержание золота 0.143–0.429 г/м³. При учете влияния высокого исходного содержания на потери в технологическом процессе среднее содержание золота для гале-эфельных отвалов россыпей 3-й и 4-й групп достигает 0.714 и 0.858 г/м³. Количество металла, сконцентрированного в них, увеличится на 140.2 т. В данном случае прогнозируемые ресурсы высокоперспективных гале-эфельных отвалов с содержанием более 0.714 г/м³

составят 280.6 т полезного компонента при общих ресурсах 408.3 т (табл. 3). При технологических потерях на уровне 20 %, а также с учетом эфельности и высокого содержания общие ресурсы превысят 816.6 т. На долю высокоперспективных ресурсов со средним содержанием полезного компонента более 0.428 г/м³ приходится 91 %, или 742.8 т.

ТАБЛИЦА 3. Распределение ожидаемых ресурсов в Магаданской области и Хабаровском крае, включая ЕАО, при различных технологических потерях металла и учете влияния высокого среднего содержания

Субъект РФ	Уровень технологических потерь, %	Прогнозируемое содержание золота, г/м ³ / ресурс по группам россыпей*, т				Всего ресурсов, т
		1	2	3	4	
Магаданская область:						
без учета высокого содержания	10	143/36.9	214/91	357/96.6	429/43.7	268.2
	20	246/73.8	428/182	714/193	858/87.4	536.2
с учетом высокого содержания	10	143/36.9	214/91	714/193	858/87.4	408.3
	20	49/73.8	86/182	286/386	343/174.8	816.6
Хабаровский край:						
без учета высокого содержания	10	77/10.4	214/22.3	428/11.7	714/25.3	69.7
	20	144/20.8	428/44.63	856/23.4	1428/50.6	139.43
с учетом высокого содержания	10	77/10.4	214/22.3	856/23.4	1428/50.6	106.7
	20	144/20.8	428/44.63	1712/46.8	2856/101.2	213.43

*Россыпи, сгруппированные по разным исходным содержаниям золота, дифференцирование по группам приведено в тексте

Приводимые параметры среднего содержания золота в гале-эфельных отвалах с учетом влияния высокого среднего содержания могут показаться нереалистичными, но практика показывает, что это возможно [15, 16]. Содержание золота в гале-эфельных отвалах, повторно отрабатываемых в Амурской области еще в 1905 г., достигало более 1.5 г/м³ [2]. Не существует прямых технологических потерь на уровне 20 %, рассчитанных через гранулометрию золота россыпей различных регионов.

Данные о высоких потерях золота обусловлены не гранулометрическими особенностями золота, с учетом которых рассчитываются технологические потери, а производственно-технологическими факторами, которые проявляются в разной степени при определенных условиях: высокая глинистость песков, низкая степень эфельности, высокое исходное содержание золота, человеческий и технологический факторы и др. [4, 17, 18]. Кроме технологического перемешивания гале-эфельных отвалов, происходящего в процессе разработки россыпей открытым раздельным способом, эти отвалы подлежат рекультивации, что приводит к разубоживанию металла за счет смешивания с вскрышными породами, мощность которых превышает мощность золотоносных песков в 2 – 10 раз. Считается, что сами вскрышные породы “торфа” могут содержать золото до 0.1 г/м³ [1]. Однако пласт оконтуривается при содержании металла 0.07 г/м³, а промышленным кондициям соответствует горная масса с содержанием золота 150 г/м³. В торфах может присутствовать золото, но если не нарушать технологию производства, то его содержание не превысит 0.020 – 0.030 г/м³. Таким образом, придерживаясь кондиционных требований (не менее 0.140 г/м³ металла на горную массу) и учитывая пятикратное перемешивание гале-эфельных отвалов с торфами, можем определить реальные прогнозные ресурсы отвального комплекса, пригодного к повторной обработке (табл. 4).

ТАБЛИЦА 4. Ресурсы и содержание золота в гале-эфельных отвалах различных регионов при пятикратном перемещивании с торфами и с учетом высокого исходного содержания

Субъект РФ	Уровень технологических потерь, %	Прогнозируемое содержание золота, г/м ³ / ресурс по группам россыпей* с различным исходным содержанием золота, т				Всего ресурсов, т
		1	2	3	4	
Амурская область	10	29/8.8	43/46.8	143/65.8	191/11.2	132.6
	20	49/17.6	86/93.6	306/131.6	390/22.4	265.2
Магаданская область	10	29/36.9	43/91	143/193	171/87.4	408.3
	20	49/73.8	86/182	286/386	343/174.8	816.6
Хабаровский край	10	15/10.4	49/22.3	171/23.4	286/50.6	106.7
	20	29/20.8	86/44.6	342/46.8	571/101.2	213.4

*Россыпи, сгруппированные по разным исходным содержаниям золота, дифференцирование по группам приведено в тексте

В зависимости от подходов к оценке ресурсного потенциала гале-эфельных отвалов выделяются четыре ситуации:

— жесткий вариант с минимально возможными технологическими потерями (10%), что позволяет оценить общие ресурсы в объеме 432 т, в том числе близкие к кондиционным в размере 25.3 т (5.8%);

— оптимистичный, в котором за основу принимаются технологические потери на 20% уровне; в этом случае общие ресурсы составят 863.83 т, в том числе близкие к кондиционным — 431.4 т (49.9%);

— реалистичный, при котором технологические потери оцениваются на уровне 10%, но для россыпных месторождений со средним содержанием золота более 2.1 г/м³ (3-я и 4-я группы) учитывается влияние высокого исходного содержания; при этом общие ресурсы составят 647.6 т, в том числе близкие к кондиционным — 431.4 т (66.6%);

— нереальный с технологическими потерями 20%, а для россыпей с высоким средним содержанием при оценке учитывается влияние высокого исходного содержания, тогда общие ресурсы увеличиваются и достигают 1295.2 т, а ресурсы кондиционного типа — 862.8 т.

Данная оценка касается только отвального комплекса отработанных россыпей. Перспективы техногенных образований могут достигать 10–227% от количества изъятых запасов конкретного объекта [3, 4, 6, 7]. В чистом виде “техногенные россыпи — гале-эфельные отвалы” повторно в отработку не вовлекались. Отрабатываются отвальный комплекс, остаточные плотики, остаточные вне- и внутриконтурные и бортовые целики [4–9]. В зависимости от состояния (“техногенные объекты”) отвалов и их элементов в антропогенном рельефе подходы к их изучению должны различаться. Если элементы техногенного объекта не картируются в отдельности (перемещены, рекультивированы), то целесообразно использовать траншейный способ разведки с промывкой всего выемочного грунта. Это позволит определить содержание золота на горную массу и оценить запасы в целом. Когда все элементы объекта отчетливо картируются, необходимо применять комбинированный подход к изучению для отвального комплекса траншеи с полной промывкой выемочного грунта, для остаточных целиковых участков — траншейный способ с секционным опробованием и бурение с традиционным опробованием. В таком случае отдельно оцениваются запасы отвального комплекса и выделяются участки с промышленными контурами в остаточных целиках для открытого раздельного способа отработки. Данный подход успешно использовался для переоценки семи техногенных россыпей в Хабаровском крае и Амурской области с приростом запасов на более чем 110% от исходных с разбросом 23–226% по конкретным объектам [4, 5].

ВЫВОДЫ

Прогнозная оценка ресурсов золота в гале-эфельных отвалах варьирует в широких пределах, определяя перспективы возможной повторной отработки.

С учетом различных оценочных комбинаций технологических потерь и влияния высокого исходного содержания золота в целиковых песках рассмотрены варианты оценки прогнозных ресурсов драгоценного металла в гале-эфельных отвалах. Выделены категории наиболее перспективных для повторного освоения. Если придерживаться более жесткого варианта оценки, в котором технологические потери не могут превышать 10 %, то прогнозные ресурсы по описываемым регионам незначительны и не могут влиять на поддержание минерально-сырьевой базы золота.

Из-за технологических потерь 20 % общий ресурсный потенциал золота достигает 1295.2 т, в том числе 862.8 т в перспективных отвалах с содержанием более 0.140 г/м³ в горной массе, увеличивается их привлекательность для повторной отработки. Технологические потери на уровне 20 % характерны для ограниченного круга россыпных месторождений, поэтому оптимистичный вариант прогноза следует рассматривать условно.

Наиболее оптимальным и соответствующим действительности является реалистичный вариант оценки ресурсов: общие ресурсы золота в субъектах Дальневосточного региона оцениваются в 647.6 т, в том числе близкие к кондиционным — 431.4 т (66.6 %). Однако существуют проблемы сохранности и расположения отвалов в отработанном пространстве, участия отвального комплекса в формировании современных аллювиальных россыпей, вовлечения в повторную отработку при неоднократном освоении россыпных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Беневольский Б. И.** Золото России: Проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. — М.: ЗАО “Геоинформарк”, 2002. — 464 с.
2. **Анерт Э. Э.** Богатство недр Дальнего Востока. — Хабаровск; Владивосток: АО “Книжное дело”, 1928. — 932 с.
3. **Шило Н. А.** Основы учения о россыпях. — М.: АГН, 2000. — 632 с.
4. **Мирзеханов Г. С., Мирзеханова З. Г.** Ресурсный потенциал техногенных образований россыпных месторождений золота. — М.: МАКС Пресс, 2013. — 228 с.
5. **Мирзеханов Г. С., Мирзеханова З. Г.** Перспективы техногенных россыпей Дальневосточного региона для повторной отработки // Маркшейдерия и недропользование. — 2017. — № 5 (91). — С. 14–20.
6. **Кавчик Б. К.** Пример успешной отработки техногенной россыпи в современных условиях // Золотодобыча: информ.-рекл. бюл. Иргиредмет. — 2012. — № 163. — С. 16–22.
7. **Успех** на техногенке определяют аналитика и творческий подход / интервью директора ООО “Гран” Ю. И. Бабий // Бизнес-газета “Наш регион — Дальний Восток”. — 2017. — № 1. — С. 16–17.
8. **Прудников С. Г., Хертек Ч. М.** Оценка ресурсов техногенных образований отработанных россыпей золота Кара-Хем, Проездной (Тува) // Успехи совр. естествознания. — 2009. — № 2. — С. 67–72.
9. **Бенедюк П. Ф., Ерошенко С. И., Бенедюк Т. Ф.** Еще раз о мелком золоте техногенных россыпей на примере месторождения р. Хомолхо // Золотодобыча: информ.-рекл. бюл. Иргиредмет. — 2020. — № 1 (254). — С. 18–21.
10. **Бураков А. М., Касанов И. С.** Обоснование методики оценки прогнозных ресурсов техногенных россыпей Якутии // ГИАБ. — 2019. — № 9. — С. 168–183.

11. **Кавчик Б. К.** Проблемы разведки и отработки россыпей с крупным золотом // Добыча и переработка золото- и алмазосодержащего сырья: сб. науч. тр. — Иркутск: Иргиредмет, 2001. — С. 356–365.
12. **Мамаев Ю. А., Ван-Ван-Е А. П., Сорокин А. П., Литвинцев В. С., Пуляевский А. М.** Проблемы рационального освоения золотороссыпных месторождений Дальнего Востока (геология, добыча, переработка). — Владивосток: Дальнаука, 2002. — 200 с.
13. **Васильев И. А., Капанин В. П., Ковтонюк Г. П., Мельников В. Д., Лужнов В. Л., Данилов А. П., Сорокин А. П.** Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. — Благовещенск: Зея, 2000. — 168 с.
14. **Литвиненко И. С., Голубенко И. С.** Ресурсный потенциал золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений Магаданской области // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 5. — С. 17–24.
15. **Иванова А. А., Рожкова И. С.** Потери в отвалах и россыпи Восточного склона Урала (Западная Сибирь). Юбилейный выпуск 200 лет золотой промышленности Урала. — Свердловск: Урал. отделение АН СССР, 1948. — 510 с.
16. **Тищенко Е. И., Амосов А. В., Игнатьева О. П.** Перспективы наращивания МСБ россыпного золота в Иркутской области за счет техногенных россыпей // Разведка и охрана недр. — 2004. — № 8–9. — С. 23–26.
17. **Чемезов А. В., Тальгамер Б. Л.** Техногенные россыпи (образование, оценка и эксплуатация). — Иркутск: ИрТГУ, 2013. — 239 с.
18. **Литвинцев В. С.** О ресурсном потенциале техногенных золотороссыпных месторождений // ФТПРПИ. — 2013. — № 1. — С. 118–126.

Поступила в редакцию 29/I 2020

После доработки 10/III 2020

Принята к публикации 10/IV 2020