УДК 553.044:549.283(571.52)

**ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ
ОТРАБОТАННОЙ РОССЫПИ ЗОЛОТА МАЛЫЙ АЛГИЯК (ТУВА)****Прудников С.Г., Хертек Ч.М.***Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл,
e-mail: prudnikov_s@inbox.ru*

Впервые изучены техногенные образования (отвалы перемытых песков), образованные в результате разработки россыпи золота Малый Алгияк (Тува), их ресурсный потенциал, перспективы повторной эксплуатации техногенных отложений. По своим технологическим свойствам и кондициям техногенные образования являются перспективным объектом для отработки. Ресурсы золота в отвалах отработанной долинной россыпи Малый Алгияк оцениваются авторами в 428 кг при среднем содержании золота 184 мг/м³. Подавляющая часть золота техногенной россыпи 1838–1921 гг. (более 90%) относится к крупным классам (+1,0–5,0 мм, +5,0–10,0 мм, +10,0 мм). Большая часть золота техногенной россыпи 1991–2017 гг. (58%) относится к среднему классу (+0,25–0,5 мм). Это гарантирует при отработке россыпи хорошую извлекаемость. Также высокую извлекаемость и технологичность определяет хорошая степень промывистости эфельных отвалов. Характер распределения пробыности золота в россыпи Малый Алгияк позволяет судить о питающих её источниках. В питании россыпи Малый Алгияк участвовало золото трех генераций: в верхней части преобладает золото Октябрьского типа (890–920‰) до 50%, при подчиненной роли высокопробного (33%). В средней части россыпи начинает преобладать высокопробное золото (930–980‰) до 60%. В нижней части россыпи опять преобладает золото Октябрьского типа (850–910‰) – 50%, но появляется значительная доля низкопробного золота (710–820‰) – до 40%, высокопробное золото в виде единичных замеров. Техногенные россыпи, которые не интересуют крупные золотодобывающие артели, – существенный резерв золотодобычи в Туве. Эти россыпи могут разведывать за собственные средства и обрабатывать малые золотодобывающие предприятия.

Ключевые слова: техногенные россыпи, ресурсы золота, типоморфные особенности самородного золота, россыпи, пробыность золота, Тува

**ESTIMATION OF RESOURCES OF TECHNOGENIC FORMATIONS
OF PROCESSED GOLD PLACER MALYI ALGIYAK (TUVA)****Prudnikov S.G., Khertek Ch.M.***Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the RAS, Kyzyl,
e-mail: prudnikov_s@inbox.ru*

The paper considers for the first time technogenic formations (dumps of outwashed sand) formed as a result of exploration of the Malyi Algiyak (Tuva) gold placer, its mineral resource potential, prospects for re-exploitation of technogenic deposits. Technogenic formations are a promising object for exploration according to technological properties and conditions. Gold resources in dumps of the processed Malyi Algiyak valley placer are estimated as 428 kg by the authors, with an average gold content of 184 mg/m³. Overwhelming part of the gold of the technogenic placer of the period 1838–1921 (more than 90%) belongs to coarse grain (+1.0–5.0 mm, +5.0–10.0 mm, +10.0 mm). Major part of the technogenic placer gold of 1991–2017 period (58%) refers to middle grain (+0.25–0.5 mm). This guarantees good recovery at placer mining. High recoverability and manufacturability also determines a good degree of efel dump washability. The gold of three generations was involved in the feeding of the Malyi Algiyak placer: the October type gold (890–920‰) predominates to 50% in the upper part, subordinate role of the high-grade (33%). High-grade gold (930–980‰) prevails up to 60% in the middle part of the placer. The October type gold prevails (850–910‰) to 50% in the lower part of the placer, but a significant portion of low-grade gold (710–820‰) occurs up to 40%.

Keywords: technogenic placer, gold resources, typomorphic characteristics of native gold, placers, fineness of gold, Tuva

Республика Тыва – является одним из богатейших ресурсных регионов России. За 1848–2017 гг. из россыпных месторождений Тувы извлечено около 50 тонн золота, при этом на местах добычи складированы значительные по объему отвалы перемытых песков [1]. Значимость россыпных месторождений в объеме золотодобычи в последние годы начала уменьшаться, что связано с истощением запасов россыпных месторождений, перспективы прироста запасов за счет открытия новых россыпей в регионе также незначительны. Авторами накоплено достаточно данных,

свидетельствующих о высоких, близких к кондиционным, содержаниям золота в техногенных образованиях – отвалах перемытых песков, образованных в результате разработки россыпных месторождений Тувы.

Целью исследований является изучение ресурсного потенциала техногенных образований отработанных россыпей золота Тувы и экологических последствий их повторной отработки. Объектом исследования выбраны техногенные образования россыпи Малый Алгияк Амыло-Систигхемского золотоносного района.

Амыло-Систигхемский золотоносный район расположен в северной части Куртушибинского антиклинория в области сочленения Куртушибинского офиолитового пояса и Хемчикско-Сыстыгхемского преддугового коллизионного прогиба, сложенного отложениями средне-верхнекембрийской флишеидной аласугской серии и ордовикской молассовой систигхемской серии. В составе Куртушибинского офиолитового пояса выделены крупные фрагменты условно датированных толеитовых базальтов коярдской толщи позднерифейского возраста, вендских образований вулканогенной макаровской толщи и раннекембрийской вулканогенно-кремнисто-терригенной орешской толщи (эффузивы и субвулканические тела последних двух толщ выделены в макаровско-орешский базальт-андезит-риолитовый комплекс (ранее рассматривались в составе чингинской свиты)) [2]. Золоторудные проявления района приурочены к породам офиолитовой ассоциации и макаровско-орешского базальт-андезит-риолитового комплекса и представлены многочисленными золото-кварцевыми жилами (Октябрьское месторождение), телами метасоматитов лиственит-березитового ряда, зонами окварцевания, являющимися основными источниками россыпного золота. Состав жил кварц-альбитовый и кварц-карбонатный.

Амыло-Систигхемский район является ведущим золотороссыпным районом Тувы. Здесь известны многочисленные россыпные месторождения, вмещающие около 57% от общего объема добытых и разведанных запасов золота Тувы [1]. Общее количество добытого золота в Систиг-Хемском районе равняется 9,75 тонн. Между отдельными объектами этот объем распределяется следующим образом: М. Алгияк – 4,2 т, Б. Алгияк – 2,2 т, Б. Билелиг – 2,15 т, Черная – 0,77 т, М. Билелиг – 0,33 т, месторождение Октябрьское – 0,10 т.

Долина реки Малый Алгияк имеет длину 11 км, протекает в восточном направлении, принимает четыре левых и один правый притоки. Площадь бассейна 72 км², наблюдается его асимметричное строение. Долина реки зрелая, хорошо разработана, с фрагментами террас. Ширина долины в верхней части 200–280 м, в нижней – 400–600 м. В строении долины отмечаются 4 участка с V-образным профилем и два с широкими котловинообразными расширениями. По морфогенетическим особенностям на месторождении выделено 4 типа

россыпей: долинная, террасовая, ложковая, техногенная (А.В. Русанов и др., 1987). Основным объектом по запасам является долинная россыпь. Основные параметры россыпи Мал. Алгияк по разведочным материалам: длина – 10,2 км, ширина – 160 м, мощность – 1,4 м, содержание золота – 609 мг/м³, запасы золота – 2466 кг.

Долинная россыпь приурочена к аллювиальным отложениям поймы и аккумулятивной террасы низкого уровня, прослежена от истоков реки и занимает до 70% площади днища долины. Россыпь характеризуется наличием нескольких участков сужений и расширений, изменчивостью параметров по ширине и мощности, концентраций золота. В суженных участках долины содержания металла в россыпи максимальны, а на участках озеровидных расширений больше запасы металла. Участок сужения в верхней части долины объясняется расположением ее в пределах блока поднятия, ограниченного Сыдыгским неотектоническим разломом. В его пределах расположена и террасовая россыпь. Параметры россыпи: длина 10,2 км, ширина от 40–80 до 300–400 м при средней – 160 м. Объем горной массы – 2326,2 тыс. м³. Запасы золота – 2013,8 кг. Россыпь включает техногенную часть, составляющую 2,3%.

Террасовая россыпь приурочена к террасе, развитой в правом борту долины р. Мал. Алгияк. Длина террасы 900 м при ширине 10–50 м и высоте уступа 16–25 м. Положение террасы по отношению к современному уровню реки непостоянно на протяжении всей долины и находится: в верховьях – значительно выше современного уровня реки (14 м), снижаясь в среднем течении до 8 м и в нижнем течении до уровня реки. Максимальная высота террасы отмечается в пределах неотектонического блока поднятия, ограниченного Сыдыгским разломом. Терраса перекрыта склоновыми отложениями, частично разрушена и выделяется фрагментами в виде террасоувалов. От поймы она отделена эрозионным окном шириной до 60 м, сложенным делювиальными отложениями. Россыпь, как типично террасовая, выделяется в верхней части долины, где терраса отчетливо выражена. Ниже она выделяется уже как террасоувальная. Аллювиальные отложения террасы сохранились фрагментарно, незначительной мощности и протяженности. Параметры россыпи: длина 200 м, ширина 30 м. Объем горной массы – 9,4 тыс. м³. Запасы золота – 44,9 кг.

Ложковые россыпи выявлены в долинах притоков р. Мал. Алгияк – ручьев Октябрьского и Дроновского. Долины ручьев длиной 1,2 км размывают рудное поле Октябрьского золотокварцевого месторождения, слабо врезаны и в своих нижних частях имеют котловинообразное строение днищ. Особенностью разрезов продуктивных толщ ложковых россыпей является неотсортированность материала, слабая степень окатанности, наличие золота по всему разрезу с обогащением в его нижней части, распределение золота в россыпях гнездовое. Россыпи эти, видимо, являются образованиями одного эрозионного цикла и имеют непосредственную связь с коренными источниками, возраст – верхний плейстоцен. Параметры россыпей: длина 400 и 600 м; ширина 60 и 28 м. Объем горной массы – 70,2 тыс. м³. Запасы золота – 58,3 кг.

Техногенная россыпь Малый Алгияк

В истории формирования техногенных россыпей Мал. Алгияк можно выделить два периода: первый период связан с отработками мускульным способом с 1838 по 1921 г.; 2 период связан с отработкой россыпей в 1991–2017 гг. механизированным способом.

1 период. Россыпное месторождение Мал. Алгияк отрабатывалось с 1838 по 1921 г. Добычные работы проводились методом открытых разрезов, реже подземным способом, включая и так называемую «ямную» отработку. Участки для отработки россыпи выбирались по предварительным шурфовочным работам. Критериями для выбора участков являлись мощности торфов и песков, содержание золота, а также гидрогеологические условия. Добыча металла производилась мускульным способом. Извлеченные пески промывались на колоде. Всего добыто 4119 кг золота. Пораженность месторождения отработками составила 15% от всей площади россыпи Мал. Алгияк.

Эта техногенная россыпь была изучена в 1986–1987 гг. двумя линиями траншей (А.В. Русанов и др., 1987). Отвалы подразделяются на вскрышные и отвалы промывки пласта (эфельные). Оценивались только отвалы промывки (эфельные), выделение которых было проведено по результатам бурения и данным геоморфологических наблюдений. В результате оконтуривания техногенная россыпь в плане условно разделилась на 7 участков, которые имеют неправильную геометрическую форму,

среднюю ширину от 41 до 119 м, среднюю длину от 155 до 2015 м, среднюю мощность от 2,7 до 5,3 м. На дневной поверхности россыпь имеет сложный рельеф, образованный благодаря чередованию полузасыпанных, а порой и затопленных карьеров с многочисленными отвалами, высота которых колеблется от 3 до 14 м над уровнем реки. Для основной части техногенной россыпи (60%) плотиком служат отложения поймы. Граница между отвалами и подстилающими породами устанавливается по маломощному (до 0,7 м) слою торфа и голубой глины, появление которой связано с выносом глинистой фракции из техногенных отложений инфильтрационными водами. При нахождении техногенных отложений в карьерах (40%) плотиком россыпи являются коренные породы. Золото в плотике обычно отсутствует, что связано с хорошей зачисткой его при эксплуатации. Контуры техногенной россыпи на отдельных участках накладываются на контуры долинной россыпи. Литологический состав техногенной россыпи, сверху вниз по долине, изменяется незначительно. Отвалы состоят из гравийно-галечных обломков на 85%. Галька преобладает средняя, меньший объем занимает мелкая и крупная. Заполнителем являются песок и супесь. Порода сыпучая. На месторождении пройдены 2 траншеи. По траншее 1 промыто 1000 м³ техногенных отложений и извлечено 233105,41 мг золота. По траншее 2 промыто 174 м³ породы и получено 40326,41 мг металла.

В итоге по техногенной россыпи подсчитаны запасы золота – 58,3 кг. Суммарная площадь россыпи составила 513600 м², объем горной массы – 1654,1 тыс. м³. Ср. содержание золота на массу по траншее – 233 мг/м³.

2 период. Эксплуатация описанных выше россыпей продолжается с 1991 г. по настоящее время. Практически все россыпи будут выработаны в течение 2018 г. В результате отработки россыпей в долине Мал. Алгияк образовались большие объемы техногенных отложений (рисунок). Оценку объемов техногенного комплекса авторы провели в прямой зависимости от объемов переработанной целиковой горной массы (табл. 1). Техногенный комплекс представлен гале-эфельными отвалами, образовавшимися после обогащения песков целиковой россыпи на промывочных приборах, они наиболее отсортированы, обладают хорошей промывистостью. В них можно признать наличие золота в объеме ранее согласованных нормативов потерь при до-

быче ($\approx 3\text{--}10\%$ от разведанных запасов). В долинной россыпи Мал. Алгияк, возраст которой относится к неогеновому возрасту, количество золота может быть больше, чем объем нормативных потерь, в связи с высокой глинистостью песков.

В ходе реализации проекта РФФИ № 17-45-170526 в 2017 г. авторами впервые в регионе была выполнена предварительная прогнозная оценка ресурсов техногенного комплекса отложений (гале-эфельных отвалов) отработанной россыпи Мал. Алгияк. В связи с тем, что общепринятой методики разведки отработанных (погашенных ранее проведенной эксплуатацией) россыпей в настоящее время в России нет [3], прогнозные ресурсы авторами подсчитаны двумя способами:

1. Расчетным способом, основанным на допустимых 10% технологических потерь от разведанных запасов. Рассчитанные таким образом прогнозные ресурсы техногенных россыпей составят: $2466 \text{ кг} \times 0,1 = 246,6 \text{ кг}$.

2. Путем опытного опробования гале-эфельных отвалов. Главным видом опробования техногенного отвального комплекса являются среднеемкие рядовые пробы объемом $0,2 \text{ м}^3$ (согласно методическим ре-

комендациям [4]). Опробование производилось на двух точках: 1 – в средней части долины на правобережной террасе (террасовая россыпь четвертичного возраста), 2 – в нижней части долины в месте слияния с долиной Бол. Алгияк (долинная россыпь неогенового возраста) (рисунок). Содержание золота в точке 1 составило $8,7 \text{ мг/м}^3$, в точке 2 – 184 мг/м^3 . Прогнозные ресурсы техногенных отложений представлены в табл. 1.

Техногенный отвальный комплекс отработанной россыпи Малый Алгияк (1, 2 – точки отбора среднеемких проб)

Таблица 1
Выявленные опробованием прогнозные ресурсы техногенных отложений

Тип россыпи	Объем горной массы техног. комплекса, тыс. м^3	Содержание золота, мг/м^3	Ресурсы, кг
Долинная	2326,2	184	428
Террасовая	9,4	8,7	0,08
Ложковая	70,2	8,7	0,6
Техногенная (1838–1921 гг.)	1654,1	8,7	14,4
Всего прогнозные ресурсы			443,08

Таблица 2
Результаты ситового анализа

Фракции крупности золота, мм	Траншея 1 (1987 г.)		Траншея 2 (1987 г.)		Точка 1 (2017 г.)		Точка 2 (2017 г.)	
	вес золота, мг	%	вес золота, мг	%	вес золота, мг	%	вес золота, мг	%
+10,0	114625,45	49,2	21894,42	54,3				
+5,0–10,0	26843,59	11,5	4056,84	10,1				
+1,0–5,0	76609,73	32,9	11836,22	29,4	0,79	91		
+0,5–1,0	5184,57	2,2	902,99	2,2	0,08	9		
+0,25–0,5	7279,2	3,1	1193,46	3,0			11	58
–0,25	2569,45	1,1	426,71	1,0			8	42
Всего	233111,99	100	40310,64	100				

*Характеристика золота
техногенных отложений*

Золото из техногенных россыпей подвергалось ситовому анализу (табл. 2). В обеих траншеях стабильно выдерживаются соотношения фракций. Максимальное количество золота техногенной россыпи 1838–1921 гг. (около 50%) приходится на фракцию +10,0 мм. Большая часть золота техногенной россыпи 1991–2017 гг. (58%) относится к среднему классу (+0,25–0,5 мм).

Характер распределения пробности золота в россыпи Мал. Алгияк позволяет судить о питающих её источниках [5]. В питании россыпи участвовало золото трех генераций: в верхней части преобладает золото Октябрьского типа (890–920‰) до 50%, при подчиненной роли высокопробного (33%). В средней части россыпи начинает преобладать высокопробное золото (930–980‰) до 60%. В нижней части россыпи опять преобладает золото Октябрьского типа (850–910‰) – 50%, но появляется значительная доля низкопробного золота (710–820‰) – до 40%, высокопробное золото в виде единичных замеров.

Заключение

По своим технологическим свойствам и кондициям техногенные образования отработанных россыпных месторождений являются перспективным объектом для повторной отработки. Ресурсы золота в отвалах отработанной долинной россыпи Малый Алгияк оцениваются авторами в 428 кг при среднем содержании золота 184 мг/м³. Подавляющая часть золота техногенной россыпи 1838–1921 гг. (более 90%) относится к крупным классам (+1,0–5,0 мм, +5,0–10,0 мм, +10,0 мм). Большая часть золота техногенной россыпи 1991–2017 гг. (58%) относится к среднему классу (+0,25–0,5 мм). Это гарантирует при отработке россыпи хорошую извлекаемость. Также высокую извлекаемость и технологичность определяет хорошая степень промывисто-

сти эфельных отвалов. Техногенные россыпи, которые не интересуют крупные золотодобывающие артели, – существенный резерв золотодобычи в Туве. Эти россыпи могут разведывать за собственные средства и отрабатывать малые золотодобывающие предприятия.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 17-45-170526.

Список литературы

1. Прудников С.Г. Закономерности размещения россыпей золота в морфоструктурах Тувы и Западного Саяна: автореф. дис. ... канд. г.-м.н. – Новосибирск, 2004. – 20 с.
2. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200000. Серия Западно-Саянская лист N-46-XXIX. Объяснительная записка. Составили Попов В.А., Митус А.И., Нечаева С.П. Редактор Чучко В.Н. – Кызыл, 2000. – 187 с.
3. Чернявский А.Г. К вопросу о «техногенных россыпях золота» // Золотодобыча. – 2017. – № 5 (222). – С. 38–42.
4. Куторгин В.И., Тарасов А.С., Головкин С.А. К методике разведки и оценки техногенного комплекса на россыпи платиноидов р. Кондёр // Золотодобыча. – 2016. – № 10 (215). – С. 31–35; – № 11 (216). – С. 32–37.
5. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Золотоносность Амыло-Систигемского района (Тува) // Природные системы и экономика Центрально-Азиатского региона: фундаментальные проблемы и перспективы рационального использования: Материалы III Всероссийской молодежной школы-конференции с международным участием (26–28.09.2017, Кызыл, Россия). – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2017. – С. 46–51. Режим доступа: http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=18.

References

1. Prudnikov S.G. Zakonomernosti razmeshheniya rossypей zolota v morfostrukturah Tuvy i Zapadnogo Sajana: avtoref. dis. ... kand. g.-m.n. Novosibirsk, 2004. 20 p.
2. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta RF masshtaba 1:200000. Serija Zapadno-Sajanskaja list N-46-XXIX. Objasnitelnaja zapiska. Sostavili Popov V.A., Mitus A.I., Nechaeva S.P. Redaktor Chuchko V.N. Kyzyl, 2000. 187 p.
3. Chernjavskij A.G. K voprosu o «tehnogenyh rossypjakh zolota» // Zolotodobycha. 2017. no. 5 (222). pp. 38–42.
4. Kutorgin V.I., Tarasov A.S., Golovkin S.A. K metodike razvedki i ocenki tehnogennoho kompleksa na rossypi platinojdoj r. Kondjor // Zolotodobycha. 2016. no. 10 (215). pp. 31–35; no. 11 (216). pp. 32–37.
5. Prudnikov S.G., Hertek Ch.M. Zolotonosnost Amylo-Sistigehemskogo rajona (Tuva) // Prirodnye sistemy i jekonomika Centralno-Aziatskogo regiona: fundamentalnye problemy i perspektivy racionalnogo ispolzovanija: Materialy III Vserossijskoj molodjozhnoj shkoly-konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (26–28.09.2017, Kyzyl, Rossija). Kyzyl: TuvIKOPR SO RAN, 2017. pp. 46–51. Rezhim dostupa: http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=18.