

Техногенные россыпи: условия формирования, факторы, определяющие потери, особенности методики разведки

Аннотация. Рассмотрены особенности строения и вещественного состава техногенного россыпного комплекса, условия формирования техногенных россыпей и основные горно-геологические факторы, определяющие уровень потерь в ходе эксплуатации целиковых россыпей. Даны рекомендации по проведению разведки и подсчёта запасов в зависимости от наличия достоверных и достаточных статистических данных по отработке первичной россыпи. На основе анализа производственных отчётов и научно-исследовательских работ по разведке техногенных россыпей обобщены данные по выбору рационального объёма рядовых и валовых проб, техническим средствам их отбора и системам разведки.

Ключевые слова: техногенные россыпи золота и МПГ, торфа, галя, эфеля, технологические и эксплуатационные потери, подсчёт запасов.

ИВАНОВ АНАТОЛИЙ ИННОКЕНТЬЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, и. о. генерального директора, tsnigri@tsnigri.ru

КУЛИКОВ ДАНИЛА АЛЕКСЕЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора, kulikov@tsnigri.ru

АГИБАЛОВ ОЛЕГ АНАТОЛЬЕВИЧ, ведущий научный сотрудник, agibalov@tsnigri.ru

ТАРАСОВ АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ, начальник отдела, tarasov@tsnigri.ru

ЗВЕЗДОВ ВАДИМ СТАНИСЛАВОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, начальник отдела, zvezdov@tsnigri.ru

МИГАЧЁВ ИГОРЬ ФЁДОРОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, советник, migatchev@tsnigri.ru

КОНКИН ВИКТОР ДМИТРИЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, konkin@tsnigri.ru

БАРЫШЕВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, baryshev@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

Technogenous placers: The formation conditions, losses-determining factors, and peculiarities of the exploration methodology

A. I. IVANOV, D. A. KULIKOV, O. A. AGIBALOV, A. S. TARASOV, V. S. ZVEZDOV, I. F. MIGACHEV, V. D. KONKIN, A. N. BARYSHEV

Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals" (FSBI "TSNIGRI"), Moscow

Abstract. This article examines the structural and compositional features of technogenous placer complexes, the formation conditions of technogenous placers, and the principal mining and geological factors determining the amount of losses during exploitation of primary placers. Recommendations are presented for the exploration and reserve calculation of such placers, depending on availability of reliable and sufficient statistical data on the primary placer ope-

rations. Based on an analysis of practical reports and thematic studies on the exploration of technogenous placers, the data on choosing a rational volume of ordinary and bulk samples, on technical equipment for the sampling, and on the exploration systems are generalized.

Key words: technogenous gold and PGM placers, overburden, gravel, tails, technological and operational losses, reserve calculation.

Техногенные россыпи (ТР) являются резервом увеличения сырьевой базы россыпного золота, значимость которого постоянно повышается в связи с отработкой богатых и легкодоступных россыпей. Под ТР понимаются отходы недропользования, вскрышные и вмещающие горные породы, образованные в результате пользования участком недр, содержащие шлиховое золото и (или) МПГ, включая недоработки остаточных частей целиковой первичной россыпи, которые в соответствии с заключением государственной экспертизы запасов полезных ископаемых не имеют самостоятельного промышленного значения [7].

По данным ряда исследователей [1, 4, 8] (Петунина, 2012), в техногенных россыпях находятся от 10–15 до 50 % (иногда больше) содержащегося (по данным ГРР) в первичной россыпи металла. С учётом того, что за всю историю российской золотодобычи в отработку было вовлечено более 4000 россыпей, не считая множества мелких объектов, можно оценить масштаб проблемы освоения ТР как весьма значительный.

Характер распределения и содержания полезного компонента, горно-геологические свойства (гранулометрический, вещественный состав, обводнённость и др.), морфологические особенности залегания определяются, с одной стороны, свойствами первичной россыпи, с другой, условиями формирования (способом отработки) ТР.

В зависимости от гранулометрического и литологического состава выделяют следующие виды составляющих ТР отвалов: торфа (вскрышные породы), эфеля и галя (перемытые золотоносные пески), илисто-глинистый материал отстойников, перебутор (многократно перемытые и частично рекультивированные отвалы).

Торфяные отвалы (торфа) образуются при вскрышных работах в процессе эксплуатации россыпных месторождений открытым раздельным способом. Отвалы вскрышных пород в ТР

на порядок больше всех других видов отвалов вместе взятых. Золото попадает в торфяные отвалы путём выброса его из некондиционных интервалов в момент отработки, особенно в нижних частях россыпей, где металл распределяется практически по всему разрезу.

При разведке целиковых россыпей скважинами часто отмечалась погрешность нанесения кровли пласта в сторону более низких высотных её отметок, что также могло приводить к попаданию металла в торфа (рис. 1).

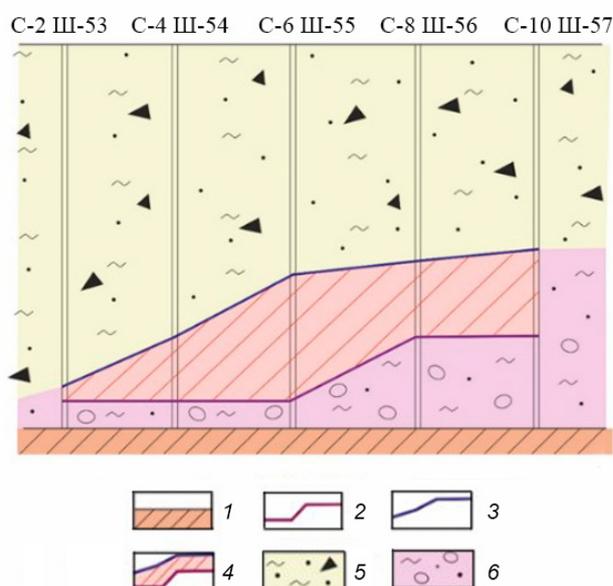


Рис. 1. Результаты сопоставления разведки целиковой россыпи скважинами и шурфами [9]:

1 – плитик; кровля пласта, по данным разведки; 2 – скважинами и 3 – шурфами; 4 – пески, не вошедшие в подсчёт запасов, по данным буровой разведки скважинами, и попавшие в торфа; 5 – торфа; 6 – пески

Галечные (галя) отвалы сложены сортированным хорошо промывистым материалом с преобладанием фракции +16 мм. Золото попадает в галечные отвалы из-за несоответствия типа промывочных приборов геологическим особенностям месторождения (россыпи с мелким золотом обрабатывают гидроэлеваторами; сильно глинистые россыпи промывают на приборах без предварительной разбивки глины) или из-за нарушения технологии промывки (недостаточное количество воды, промывка мёрзлых песков, отсутствие самородкоулавителей и др.).

Эфельные отвалы (эфеля) (фракция -16 мм) представляют собой хвосты промывки золотоносных песков на обогатительных установках в основном шлюзового типа, считаются наиболее привлекательными для повторной переработки, в том числе и вследствие обогащения эфелей за счёт удаления галечной составляющей горной массы [2]. Наиболее высокое содержание в них можно ожидать после отработки богатых россыпей с весьма мелким золотом и глинистыми песками, а также на вечномёрзлых россыпях.

Гале-эфельные отвалы представляют собой продукт переработки песков на гидравлических промприборах без дифференциации перерабатываемого рыхлого материала по крупности. Золото в гале-эфельные отвалы попадает в основном в результате нарушения технологии промывки песков (короткие шлюзы, сильный напор воды,

загрязнённость воды, нерегулярная очистка шлюзов, недостаточный размыв глинистого материала).

Илисто-глинистый материал отстойников крайне труден для его повторной переработки – металл, преимущественно чешуйчатой формы, представлен единичными знаками 0,01–0,03 мм. Примеров удачного опыта добычи золота из илоотстойников нет.

Перебутор представляет собой материал неоднократной переработки торфяных и гале-эфельных отвалов. Выделить тот или иной элемент не представляется возможным. Какие-либо закономерности распределения золота установить также невозможно.

Условия формирования ТР определяются и способами отработки исходных целиковых россыпей, к которым относятся: дражный (подводный), гидравлический, открытый раздельный (гидромеханический), подземный, мускульный, среди вышперечисленных способов наибольшее распространение имели гидромеханический, дражный и гидравлический.

Дражный способ применяется в большинстве случаев для разработки обводнённых россыпей с тальми или предварительно оттаянными породами. Как показано на примере ТР Енисейского кряжа [6], при дражной отработке целиковых россыпей с хорошо промывистыми песками возможно появление двух максимумов содержаний – в основании пласта россыпи, возникающего вслед-

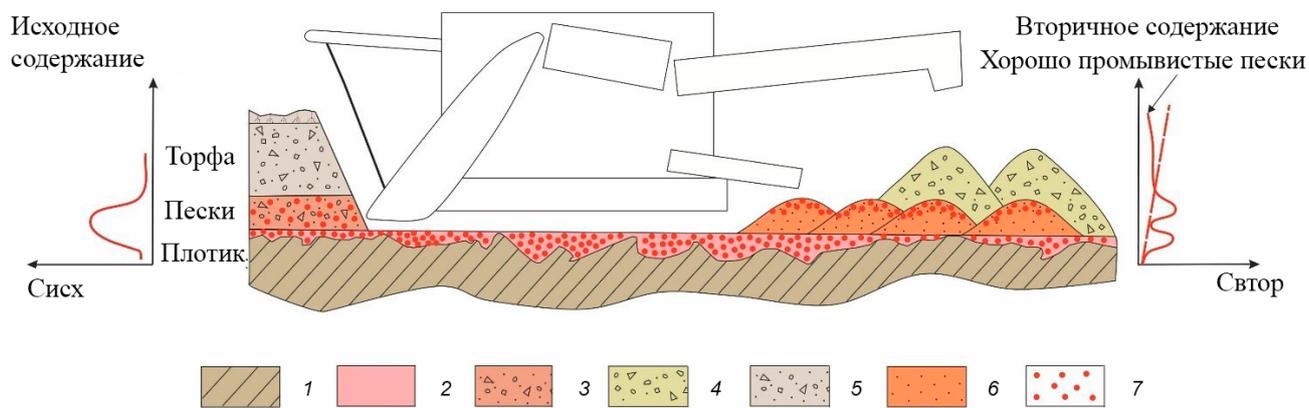


Рис. 2. Схема формирования продуктов отвального комплекса при дражной разработке и характер распределения в них золота [6]:

1 – плотик; 2 – неровности плотика; 3 – пески; 4 – галья; 5 – торфа; 6 – эфеля; 7 – участки повышенной концентрации золота

ствие потерь металла при зачистке коренных пород плотика, и в верхней части эфельного отвала, когда идут промывка наиболее обогащённой нижней части пласта целиковой россыпи и, соответственно, снос металла со шлюзов максимальный (рис. 2).

Гидравлический способ применяется для разработки россыпей преимущественно песчано-гравийного состава шириной не менее 20–40 м при достаточном количестве воды и электроэнергии. При этом способе производится размыв всей толщи рыхлых отложений гидромониторами (рис. 3). Данная технология при относительно высокой производительности отличается довольно низким извлечением металла.

При гидромеханическом способе добычи используется высокопроизводительное землеройное оборудование: экскаваторное, бульдозерное, скреперное, которое обеспечивает максимальную полноту выемки песков, залегающих в многолетне-мёрзлых породах, на малообводнённых россыпях в талых породах и обводнённых россыпях в талых породах, на которых возможно предварительное осушение обрабатываемого пространства. Отвалы на гидромеханических полигонах располагаются изолированно друг от друга, концентрируясь возле мест стоянок промприборов, к которым транс-

портировались пески на расстояние в 100–150 м. Встречаются отвалы двух типов – насыпные (эфель отталкивается бульдозером) и намывные, когда эфель от промывочного прибора удаляется самотёком вниз по рельефу (рис. 4).

К отвальному комплексу могут быть отнесены фрагменты целиков, не имеющих самостоятельного промышленного значения, которые обрабатываются совместно с техногенными отвалами без дополнительной разведки. Это недоработки остаточных частей целиковой первичной россыпи, размеры и точное местоположение которых по причине их незначительных размеров (объёмов) выявить невозможно (внутриконтурные: межшаговые, межходовые целики, недоработки плотика по глубине), а также бортовые целики, размер которых меньше размера ячейки разведочной сети.

Рыхлые отложения и коренные породы бортовых и внутриконтурных целиков могут занимать небольшую долю в общих запасах россыпи, но характеризуются самыми высокими содержаниями по сравнению с другими элементами ТР.

К основным горно-геологическим факторам, определяющим уровень потерь в ходе эксплуатации целиковой россыпи, а также содержания и характер распределения металла в ТР, можно отнести следующие:

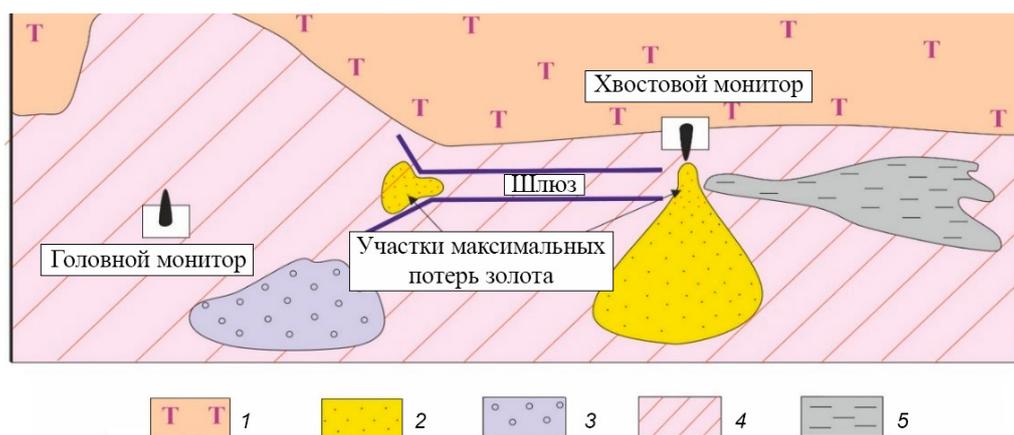


Рис. 3. Схема размещения пород отвального комплекса при гидравлической отработке [6]:

1 – целиковая россыпь, перекрытая торфами; 2 – эфель; 3 – галля; 4 – плотик россыпи; 5 – илы

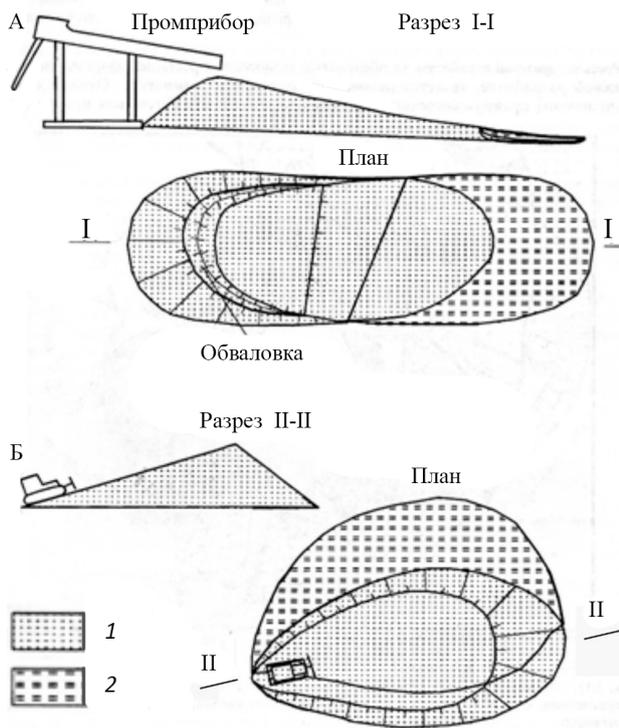


Рис. 4. Схема формирования намывных (А) и насыпных (Б) эфельных отвалов [6]:

1 – эфельный отвал; 2 – иловые отложения

- литологические, повышенные глинистость (глины более 15 %) и валунистость (валуны 10–30 %) отложений первичной россыпи;
- структурно-морфологические, к ним относятся невыдержанность пласта и большие глубины его залегания (более 20 м), изрезанность плотика (наличие карманов, карста);
- минералогические, наличие в россыпи золота мелких и тонких фракций ($-0,25$ мм), высокое содержание минералов тяжелой фракции в песках (более 20 кг/м^3), уплощённая и плоская морфология золотинок, наличие золота в сростках;
- криогенные, наличие сплошной многолетней мерзлоты.

Кроме того, на потери влияют: человеческий фактор; оборудование, используемое при доводке шлиховых концентратов; время года, когда происходит промывка песков; послеотрабочные мероприятия.

Запасы металла в ТР определяются технологическими и эксплуатационными потерями. Техно-

логические потери зависят от granulometрии и морфологии металла, промывистости песков, применяемых при промывке технических средств, наличии мерзлоты. Эксплуатационные потери – потери части балансовых запасов, не извлечённых из недр при разработке месторождений, а также попавшие в отвалы пород и оставленные в местах складирования, погрузки и на транспортных путях горного предприятия.

Исходя из уровня общих фактических потерь (эксплуатационные и технологические), можно выделить следующие группы месторождений:

1. Глинистые россыпи (иногда валунистые), содержащие главным образом мелкое золото, с уровнем общих потерь 80–95 %. Значительную роль в общем балансе потерь занимают технологические потери (40 %) и более.

2. Поражённые многолетней мерзлотой, хорошо- и среднепромывистые россыпи с мелким, средним и крупным золотом. Общие потери при отработке указанных россыпей могут достигать: а) при низком качестве оттайки вовлекаемых в отработку запасов – 60–80 % от добытого металла; б) при удовлетворительном оттаивании отработываемых запасов – 40–60 %; в) при полном оттаивании – 25–40 %. Значительную долю в общем балансе потерь составляют эксплуатационные потери (30–45 %) из-за недоработки пласта по глубине.

3. Хорошо- и среднепромывистые россыпи с мелким и средним золотом. Потери, связанные с их отработкой, обусловлены несоблюдением режима обогащения, наличием западин в плотике. Общие потери составляют 20–30 %.

Золото в отвалах, как правило, распределяется крайне неравномерно и «увязать» его повышенные содержания в пласт невозможно. Высокие концентрации обычно удалены друг от друга и разделены между собой значительными по размеру пустыми участками и участками со знаковым золотом (рис. 5). Таким образом, ТР по условиям залегания, размерам, степени выдержанности, равномерности распределения полезных минералов (компонентов) соответствуют 4-й группе сложности, при которой все запасы, вовлекаемые в разработку, по степени изученности могут быть отнесены к категории C_2 .

Традиционно разведка и подсчёт запасов ТР выполнялись по методике, применяемой для целиковых россыпей, что, по мнению авторов статьи, не учитывает в полной мере особенности

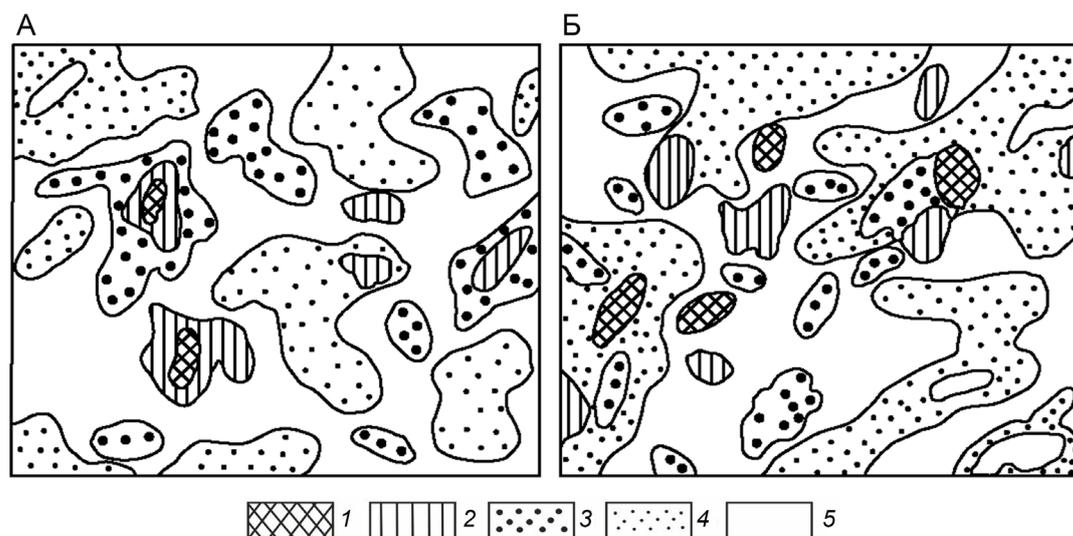


Рис. 5. Характер общих закономерностей распределения золота в ТР [3]:

А – после отработки талых участков целиковой россыпи; Б – после отработки участков целиковой россыпи, поражённых многолетней мерзлотой; уровни содержаний: 1 – очень высокие, 2 – высокие, 3 – средние, 4 – низкие, 5 – очень низкие

строения и распределения полезного компонента в ТР. Рассмотренная выше специфика ТР была учтена в разработанных ЦНИГРИ «Методических рекомендациях по разведке ТР золота и МПГ» (2025), в которой алгоритм разведки и подсчёта запасов сводится к следующим основным положениям (рис. 6):

1. В отличие от целиковых россыпей, для выявления которых необходимо проведение поисковых работ, местоположение отвалов, их объём, в ряде случаев и средние содержания с той или иной степенью достоверности известны, в связи с чем целесообразно совмещение стадий поисково-оценочных работ и разведки.

2. При наличии достоверных архивных материалов по геологоразведочной информации целиковой россыпи, годовых производственных отчётов по технологии горно-обогатительных работ, показателей технологических потерь при обогащении песков, результатов опробования техногенных отходов возможен подсчёт запасов ТР категории C_2 , что подтверждается результатами опытно-методических работ на ТР платины рек Кондёр и Уоргалан (Тарасов, 2015ф).

Фактические потери можно учесть только по данным отработки отдельных блоков, по которым были подсчитаны геологические запасы и по каждому из которых вёлся учёт добытого металла. Исходя из этого, на запасы, которые рассчитываются статистически как технологические потери, следует вводить поправочный коэффициент, равный коэффициенту намыва на металл.

3. Результаты подсчёта запасов подлежат государственной экспертизе, которая может дать заключение о готовности запасов к промышленному освоению или для подтверждения её достоверности дать заключение о проведении опытно-промышленной разработки (ОПР), по результатам которой выполняется корректировка рассчитанных запасов с использованием поправочного коэффициента.

Опытно-промышленная разработка подразумевает отбор и промывку весьма значительных объёмов техногенных отвалов (до первых десятков и сотен тысяч m^3), которые могут быть получены в результате заверочных дражных ходов или проходки горно-разведочных выработок большого сечения – разведочно-эксплуатационных полигонов (рис. 7).

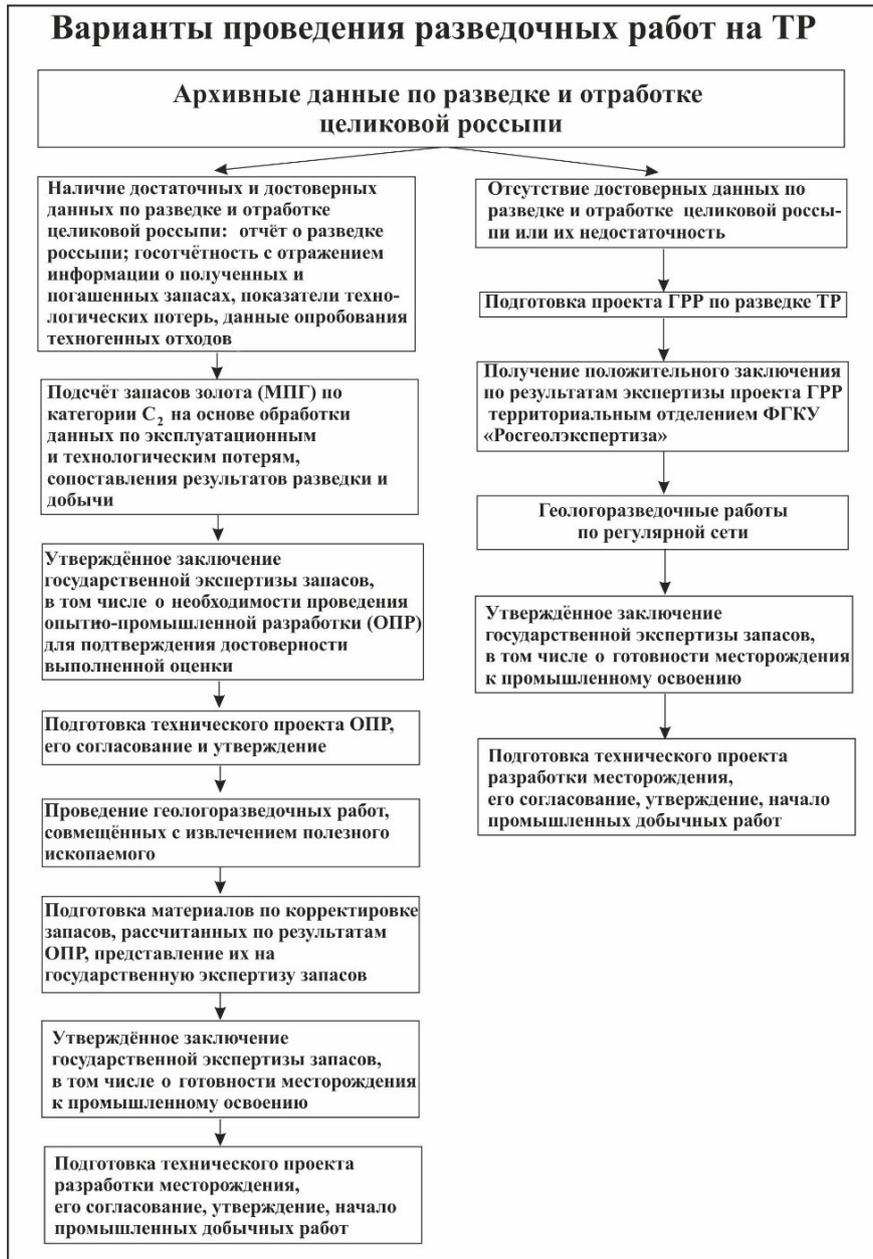


Рис. 6. Последовательность проведения геологоразведочных работ на ТР в зависимости от наличия ретроспективных данных [8]

Если при эксплуатации целиковой россыпи проводилась отработка своих остаточно-отвалных отложений (эксплуатационно-разведочные работы), то её результаты можно рассматривать как данные заверочных работ.

4. При отсутствии архивных данных по разведке и отработке целиковой россыпи или их недо-

статочности, или явной недостоверности выполняется разведка по регулярной сети.

Среди специалистов, занимающихся проблемами освоения ТР, существуют различные мнения о параметрах геометрии разведочной сети запасов ТР, вплоть до мнения о невозможности обоснования достоверного подсчёта по результатам ГРП

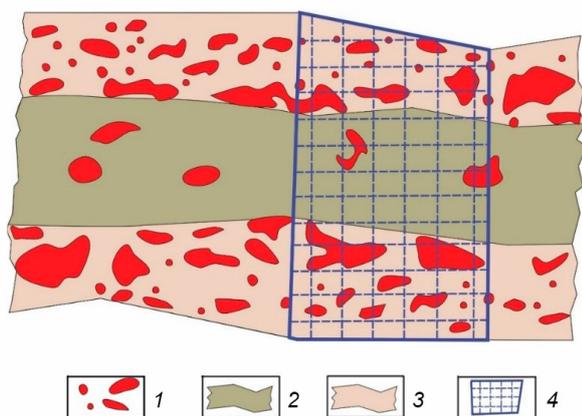


Рис. 7. Схема разведочно-эксплуатационного полигона в пределах ТР с неравномерным распределением золота в техногенных отложениях [10]:

1 – гнезда и линзы, обогащённые крупным золотом; 2 – галля и эфеля; 3 – бортовые целики без учтённых запасов; 4 – разведывательно-эксплуатационный полигон (РЭП)

и, следовательно, техногенные образования необходимо отнести к отходам производства, которые содержат только ресурсы [5].

С нашей точки зрения, выбор параметров разведочной сети, объёмов опробования и необходимых технических средств следует выполнять исходя из особенностей ТР и экономической целесообразности.

На практике находят применение все известные виды технических средств, используемых при ГРП на целиковых россыпях (за исключением подземных работ): буровая разведка, проходка шурфов, траншей, а также отбор точечных крупнообъёмных валовых проб из каждого крупного отвала (единицы учёта).

Важным этапом в планировании ГРП на ТР является обоснование рационального и достоверного объёма рядовых проб.

На основе анализа производственных отчётов и научно-исследовательских работ (НИР) можно увидеть весьма значительный разброс, используемых при разведке ТР объёмов проб (табл. 1).

Большинство специалистов, занимающихся разведкой ТР, наиболее достоверным считают отбор валовых проб (рисунки 8 и 9) и отмечают, что при малообъёмном опробовании возможно занижение средних содержаний и запасов в ТР.

В то же время единого мнения о рациональном объёме валовых проб нет. Кроме того, следует учитывать, что отбор крупнообъёмных проб приводит к необходимости использования высокопроизводительного промывочного оборудования, значительному удорожанию ГРП и не всегда возможен по горнотехническим условиям, например, при обводнённых отвалах повышенной мощности. С другой стороны, результаты опытно-методических (Тарасов, 2015ф) и заверочных (Долбилин, 2022ф) работ, выполненных на ряде техногенных объектов (реки Кондёр, Ургалан, Куклянка и др.) показали хорошую сходимость результатов, полученных при отборе среднеобъёмных (рис. 10) и крупнообъёмных проб.

Табл. 1. Виды отбираемых при разведке ТР проб

Вид пробы	Объём пробы, м ³	Способ отбора пробы
Малообъёмная	0,009–0,16	Керновые, лунковые, копушные, бороздовые
Среднеобъёмная	0,2–3,0	Отбор точечных (задирковых) проб экскаватором по периметру отвала или из траншеи
Крупнообъёмная	Более 3,0	Отбор точечных (задирковых) проб экскаватором или бульдозером на всю мощность отвала. Проходка шурфов (шурфоскважин), траншей. Дrajный ход



Рис. 8. Отбор валовой пробы экскаватором



Рис. 9. Траншея, полученная при отборе валовой пробы бульдозером

В связи с этим наиболее оптимальным видом опробования техногенного отвального комплекса, по мнению авторов, является отбор среднеобъемных рядовых проб 0,2–0,8 м³. В разведочном профиле достаточно отбирать 60–70 проб, обеспечивающих минимальный объем групповой пробы 12–14 м³. Расстояние между профилями целесообразно принимать в пределах 300–600 м в зависимости от длины оцениваемого участка по условиям неоднородности геологических и горнотехнических признаков целиковой россыпи. Валовое опробование в единичных профилях с расстояниями между ними не менее 1400 м использовать в основном для заверочных целей и проводить прерывистыми секциями в разведочном профиле.

Выбор системы разведки ТР определяется рядом факторов: геоморфологической позицией отработанного объекта; способом отработки первичных песков; типом обогатительного оборудования; гидрогеологическими условиями; характером распределения и гранулометрическими характеристиками полезного компонента в отвалах; масштабом объекта; характером неоднородности строения россыпи. При этом с учётом горно-геологических условий и экономической

целесообразности для проведения достоверной разведки возможно применение всего спектра технических средств для отбора рядовых и заверочных проб: проходка траншей, шурфов, скважин, шурфоскважин; опробование каждой единицы учёта единичными крупнообъемными или групповыми среднеобъемными пробами; единичные дражные ходы; разведочные полигоны.

Исходя из опыта разведочных работ, выполненных производственными организациями в различных регионах РФ, предлагаются [7] следующие параметры разведочных сетей для ТР (табл. 2).

В заключение можно отметить, что ТР являются природно-техногенными объектами и характеризуются специфическими особенностями, которые требуют особого подхода к проведению ГРП в их пределах. С одной стороны, местоположение ТР, ряд их основных параметров (объём отвалов, данные по потерям) с той или иной степенью достоверности известны. Наличие достоверных статистических данных по потерям при проведении эксплуатации позволяет выполнить подсчёт запасов категории С₂. В случае необходимости, для подтверждения достоверности подсчёта ГКЗ может дать заключение о проведении ОПР, выполнение которых позволяет совмещать ГРП с извлече-



Рис. 10. Места отбора среднеобъемных проб из гале-эфельных отвалов россыпи р. Уоргалан

Табл. 2. Рекомендуемые параметры разведочной сети для разведки ТР, различных по способам отработки первичной россыпи

Способы отработки первичной россыпи	Вид разведочных выработок	Расстояние, м		Вид опробования
		между линиями (траншеями)	между выработками	
Раздельный (гидромеханический) Гидравлический	Траншеи	Проходка экскаваторных единичных траншей по всем типам отвалов (галечным, гале-эфельным, эфельным, торфяным), недоработкам по плотнику		Валовый (длина секции 10 до 40 м, промывается весь объём или часть пробы – 25–50 %); бороздовый (на 1 валовую пробу, не менее 1 бороздовой); контрольное лунковое или задирковое в коренных породах; расстояние между пробами 5–10 м
	Шурфы Шурфо-скважины	20–80 (в зависимости от размера отвала)	10–20	Валовый (промывается весь материал, извлечённый из шурфа)
	Поверхностные горные выработки для отбора единичных большеобъёмных проб (более 40 м ³)	1–2 большеобъёмные пробы, отобранные с каждого крупного, отдельно стоящего отвала по всей высоте сверху вниз		Валовый
	Поверхностные горные выработки для отбора групповых точечных (объемом 0,2 м ³) проб	Точечные пробы отбираются равномерно по всей мощности отвала с шагом 10–20 м или 5–10 м в зависимости от размера отвала		Валовый – промывается групповая проба с каждого отвала (единицы учета)
	Разведочные полигоны	Единичные (в пределах участков с однородными горно-техническими и горно-геологическими условиями)	Непрерывные	Валовый – промывается вся проба; бороздовый расстояния между пробами 10–20 м; контрольное лунковое или задирковое в коренных породах; расстояние между пробами 5–10 м
Дражный (развалованные ТР, перебутор, аллювиально-техногенные)	Траншеи	100–200 (при ширине ТР до 50 м); 200–300 (при ширине ТР 50–100 м); 300–400 (при ширине ТР более 100 м)	Непрерывные	Валовый (длина секции 10 до 40 м, промывается весь объём или часть пробы – 25–50 %); бороздовый (на 1 валовую пробу, не менее 1 бороздовой); контрольное лунковое или задирковое в коренных породах; расстояние между пробами 5–10 м
	Скважины	50–100 (при ширине ТР 50–100 м); 100–200 м (при ширине ТР более 100 м); возможно применение ромбической или квадратной сети	5–10 10–20	При опробовании на массу промывается весь извлечённый из шурфа скважины (керновый или шламовый) материал; поинтервальное опробование (0,2–1,0 м) для выделения плотикового, приплотикового, подвесного-надплотикового, приповерхностного пластов
	Шурфы Шурфо-скважины	100–200	10–20	
	Дражные ходы	Единичные (пересекающие различные элементы ТР)	Непрерывные	Промывается вся проба
	Разведочные полигоны	Единичные (в пределах участков с однородными горно-техническими и горно-геологическими условиями)	Непрерывные	Валовый – промывается вся проба. бороздовый – расстояния между пробами 10–20 м; контрольное лунковое или задирковое в коренных породах; расстояние между пробами 5–10 м

нием полезного ископаемого. Для ТР характерны в большинстве случаев простые горно-геологические условия отработки гале-эфельных отвалов: отсутствие пород вскрыши; рыхлая, легко разрабатываемая горная масса полезного ископаемого; чёткие естественные границы полезного ископаемого; весьма слабая залесённость; отсутствие необходимости проведения специальных мероприятий по осушению полезного ископаемого; наличие готовых прудов-отстойников.

С другой стороны, на многих объектах имеет место отсутствие достоверной информации по технологическим и эксплуатационным потерям, что приводит к необходимости выполнения ГРР, при этом, по мнению большинства специалистов, достоверная разведка должна выполняться с отбором и промывкой крупнообъёмных проб, что приводит к удорожанию работ. По мнению авторов, оптимальным видом опробования техногенного отвального комплекса является отбор среднеобъёмных рядовых проб 0,2–0,8 м³. К недостаткам ТР

относятся также: низкие средние содержания; неравномерное распределение металла в отвалах; преобладание труднообогащаемого (уплощённого, с преобладанием мелких и тонких фракций) золота и платиноидов; значительное количество небольших (по запасам) техногенных объектов, в пределах которых проведение дорогостоящих ГРР с длительной процедурой утверждения запасов может сделать нерентабельным их освоение.

Рассмотренные в сжатом виде методические подходы по разведке и подсчёту запасов золота и МППГ в полной мере изложены в «Методических рекомендациях...» (2025) и позволяют ускорить и удешевить разведку ТР для ряда техногенных россыпных объектов. В то же время можно констатировать, что для небольших по запасам ТР (с отсутствием достоверной статистической информации по потерям в процессе эксплуатации целиковых россыпей) проблема ускорения и удешевления их ввода в эксплуатацию остаётся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Быховский Л. З., Спорыхина Л. В.* Техногенные отходы как резерв пополнения минерально-сырьевой базы: состояние и проблемы освоения // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2011. – № 4. – С. 15–20.
2. *Ван-Ван-Е А. П.* Ресурсная база природно-техногенных золотороссыпных месторождений. – М. : Издательство «Горная книга»; Издательство Московского государственного горного университета, 2010. – 268 с.
3. *Гурулев В. С.* Разработка методических указаний по оценке техногенных запасов золота мелкозалегающих дражных полигонов Иркутской области. – Иркутск : ОАО «ИРГИРЕДМЕТ», 2002.
4. *Кавчик Б. К., Пятаков В. Г.* Геологическое строение техногенных россыпей и его влияние на выбор способа разработки // Золотодобыча. – № 135. – 2010. – С. 14–19.
5. *Лунышин П. Д.* Техногенка на россыпях – перспективы развития в густом тумане // Золото и технологии. – 2024. – № 1 (63). – С. 32–39.
6. *Макаров В. А.* Условия формирования техногенных золотосодержащих объектов и особенности методики их геолого-технологической оценки : специальность 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» : автореф. дис. на соискание учёного степеней. докт. геол.-минерал. наук / Владимир Александрович Макаров. – Красноярск, 2001. – 47 с.
7. *Методические рекомендации по разведке техногенных россыпей золота и МППГ / Под ред. А. И. Иванова.* – М. : ЦНИГРИ, 2025. – 121 с.
8. *Мирзаханов Г. С., Мирзаханова З. Г.* Ресурсный Потенциал техногенных образований россыпных месторождений золота. – М. : МАКС-Пресс, 2013. – 288 с.
9. *Чемезов В. В., Тальгамер Б. Л.* Техногенные россыпи (образование, оценка и эксплуатация). – Иркутск : Иркутский ТГУ, 2013. – 239 с.
10. *Антонов А.* РЭПы для разведки техногенных россыпей и поиска новых месторождений россыпного золота, мнения специалистов [Электронный ресурс]. – <https://zolotodb.ru/article/13106> (дата обращения 28.11.2025).

REFERENCES

1. *Bykhovskiy L. Z., Sporykhina L. V.* Tekhnogennyye otkhody kak rezerv popolneniya mineralno-syryevoy bazy: sostoyaniye i problemy osvoyeniya [Man-made waste as a reserve for replenishing the mineral resource base: status and development problems], *Mineralnyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye*, 2011, No. 4, pp. 15–20. (In Russ.)
2. *Van-Van-Ye A. P.* Resursnaya baza prirodno-tekhnogennykh zolotorossypnykh mestorozhdeniy [Resource base of natural and man-made gold placer deposits], Moscow, Gornaya kniga publ.; MGGU publ., 2010, 268 p. (In Russ.)
3. *Gurulev V. S.* Razrabotka metodicheskikh ukazaniy po otsenke tekhnogennykh zapasov zolota melkozalegayushchikh drazhnykh poligonov Irkutskoy oblasti, Irkutsk, OAO IRGIREDMET publ., 2002. (In Russ.)
4. *Kavchik B. K., Pyatakov V. G.* Geologicheskoye stroyeniye tekhnogennykh rossypey i yego vliyaniye na vybor sposoba razrabotki [Geological structure of technogenic placers and its influence on the choice of development method], *Zolotodobycha*, No. 135, 2010, pp. 14–19. (In Russ.)
5. *Lunyashin P. D.* Tekhnogenka na rossypyakh – perspektivy razvitiya v gustom тумане [Technogenic mining on placers – development prospects in dense fog], *Zoloto i tekhnologii*, 2024, No. 1 (63), pp. 32–39. (In Russ.)
6. *Makarov V. A.* Usloviya formirovaniya tekhnogennykh zolotosoderzhashchikh obyektov i osobennosti metodiki ikh geologo-tekhnologicheskoy otsenki [Conditions of formation of man-made gold-bearing objects and features of the methodology of their geological and technological assessment], *Krasnoyarsk*, 2001, 47 p. (In Russ.)
7. *Metodicheskiye rekomendatsii po razvedke tekhnogennykh rossypey zolota i MPG* [Guidelines for exploration of technogenic gold and PGM placers], ed. A. I. Ivanova, Moscow, TSNIGRI publ., 2025, 121 p. (In Russ.)
8. *Mirzekhanov G. S., Mirzekhanova Z. G.* Resursnyy Potentsial tekhnogennykh obrazovaniy rossypnykh mestorozhdeniy zolota [Resource Potential of Man-Made Formations of Placer Gold Deposits], Moscow, MAKS-Press publ., 2013, 288 p. (In Russ.)
9. *Chemezov V. V., Talgamer B. L.* Tekhnogennyye rossypi (obrazovaniye, otsenka i ekspluatatsiya) [Technogenic placers (formation, assessment and exploitation)], Irkutsk, Irkutskiy TGU publ., 2013, 239 p. (In Russ.)
10. *Antonov A.* REPy dlya razvedki tekhnogennykh rossypey i poiska novykh mestorozhdeniy rossypnogo zolota, mneniya spetsialistov [REPs for exploration of man-made placers and search for new placer gold deposits, expert opinions], available at: <https://zolotodb.ru/article/13106> (28.11.2025).

Статья поступила в редакцию 23.11.25; одобрена после рецензирования 03.12.25; принята к публикации 03.12.25.
The article was submitted 23.11.25; approved after reviewing 03.12.25; accepted for publication 03.12.25.