

УДК 553.041.(571.6)

А.П. Ван-Ван-Е

ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ ЗОЛОТА ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

Приведены прогнозные ресурсы золота наиболее крупных техногенных месторождений Хабаровского края, рассчитанные по оригинальной методике, основанной на учете показателей разведки россыпи, потерь при опробовании, особенностей технологии добычи и некоторых других факторов. Разработана методика, предназначенная для экспрессной оценки прогнозных ресурсов аналитическим методом, позволяющим произвести первичную инвентаризацию техногенных золотороссыпных объектов и выделить наиболее перспективные из них.

Ключевые слова: техногенные россыпи, оценка прогнозных ресурсов, золото в отвалах.

Семинар № 1

A.P. Van-Van-E EXPECTED RESOURCES OF GOLD OF ANTHROPOGENIC DEPOSITS OF KHABAROVSK TERRITORY

There are resulted the expected gold resources of the largest anthropogenic deposits of Khabarovsk territory, calculated on the original technique based on accounting of indicators of placer investigation, losses at processing, technology features of extraction and some other factors. The technique intended for an express estimation of expected resources by an analytical method is developed, allowing to make primary inventory of anthropogenic goldfield objects and to allocate most perspective of them.

Key words: Anthropogenic deposits, expected resources estimation, gold in slag-heaps.

Методика оценки ресурсов техногенных россыпей золота Хабаровского края

С целью оценки ресурсов техногенных россыпей разработан ряд методик, которые можно подразделить на несколько основных групп:

1. Оценка прогнозных ресурсов через ожидаемую продуктивность россыпи.

2. Оценка запасов золота путем переразведки геологических блоков россыпи методом линейных пересечений.

3. Оценка прогнозных ресурсов, исходя из анализа потерь при разведке природной россыпи и потерь при ее разработке на основе учета разведенного и добытого золота, а также гранулометрического состава золота и вмещающих пород (вероятного содержания мелких и тонких фракций золота).

Первый метод основан на принципе аналогий и подсчет ресурсов производится через ожидаемую продуктивность погонной длины долины. Получаемые результаты являются крайне приближенными и не могут служить основанием для повторной отработки.

Второй метод основан на несколько упрощенной методике проходки разведочных линий, применяемой при разведке природных россыпей. Это весьма дорогостоящий способ, не всегда дающий достоверный результат и вследствие этого не может быть применен для массовой региональной

оценки ресурсного потенциала техногенных и природно-техногенных россыпей.

Для экспрессной оценки прогнозных ресурсов техногенных россыпей золота более перспективны аналитические методы (группа 3), дающие приближенно-количественные результаты и позволяющие провести первичную инвентаризацию россыпных объектов, в том числе выделить наиболее перспективные промышленные россыпи под отработку или опытную переразведку с целью подтвержденных рассчитанных ресурсов.

Очевидно, что аналитические расчеты ресурсов техногенных россыпей должны базироваться на конкретных количественных показателях разведки и эксплуатации россыпей. Таковыми являются:

$Q_{\text{п}}$ – запасы природной россыпи отработанного блока по данным разведки (кг).

$V_{\text{отр}}$ – объем горной массы природной россыпи (куб. м) в контурах отработанного блока.

$Q_{\text{д}}$ – добыча золота из отработанного блока (кг).

$C_{\text{р}}$ – среднее содержание золота в отработанном блоке (г/куб. м) по данным геологоразведочных работ

$K_{\text{н}}$ – коэффициент намыва = $Q_{\text{д}}/Q_{\text{п}}$

$K_{\text{р}}$ – коэффициент потери промышленного золота при разведке природной россыпи в результате несовершенства методов разведки и способов разведочного опробования, а также анализа разведочных проб.

$K_{\text{мф}}$ – коэффициент содержания в россыпях мелкой фракции золота (-0,1 мм), обычно теряемой при использовании мало эффективных технологий извлечения золота в прежние годы, особенно дражным способом. Устанавливается по данным ситуативного анализа разведочных проб или опробования эфельных отвалов.

К сожалению, только по некоторым россыпным месторождениям в отчетных документах приводятся данные гранулометрического состава вмещающих пород и золота, коэффициенты намыва и потери металла при добыче. В связи с этим в ряде случаев приходится при расчетах ресурсов техногенных россыпей принимать усредненные значения коэффициентов, наиболее характерные для россыпей Хабаровского края. Так $K_{\text{н}}$ изменяется от 1,1 до 1,4-1,6. Это связано с тем, что при разведке применяются стандартные разведочные сети, далеко не всегда учитывающие резко дискретный характер распределения золота в россыпи, вследствие чего объем реальных запасов золота может быть занижен, а в некоторых случаях и завышен ($K_{\text{н}}$ менее 1). При расчетах прогнозируемых ресурсов россыпей Хабаровского края усредненное значение $K_{\text{н}}$ может быть принято в размере 1,3, учитывая преобладающую глинистость многих крупнообъемных россыпей края.

Потери промышленного золота при разведке по данным статистики составляют в среднем 15-30% за счет необоснованности плотности разведочных сетей, несовершенства методов опробования, анализа разведочных проб и потери пылевидного золота (Крейтер, 1962, «Методика разведки месторождений полезных ископаемых»). При расчетах прогнозных ресурсов $K_{\text{р}}$ может быть принят в размере 0,2 (20%).

Кроме пылевидного золота в разведочном опробовании и при эксплуатации россыпей терялась мелкая и супертонкая фракция (менее 0,1-0,05 мм), вследствие чего эту часть золота следует учитывать при расчетах прогнозных ресурсов. Проведенные опыты показывают, что пробирный анализ занижает содержание зо-

лота в 5-25 раз по сравнению с полным анализом (Брик К.А. «Совершенствование технологии переработки песков и методика оценки россыпей, содержащих упорные формы золота», Свердловск, 1989). Значительная часть золота остается в отвалах также в сростках с другими минералами (в основном, с кварцем и сульфидами). В течение длительного воздействия на техногенные россыпи кислородсодержащих поверхностных вод сульфиды окисляются, из других минералов золото выщелачивается, укрупняется и, таким образом, происходит естественное повышение содержания металла. Величина $K_{мф}$ может быть взята из данных ситового опробования. Косвенно содержание мелкой фракции увязывается со степенью промывистости золотоносных песков: низкая ($K=1,3$), средняя ($K=1,2$), высокая ($K=1,0$).

Таким образом, первичные запасы природной россыпи могут быть скорректированы тремя коэффициентами: K_n (коэффициент намыва), K_p (несовершенство методов разведки, разведочного опробования и анализа разведочных проб) и $K_{мф}$ (потери мелких фракций золота и в сростках при добыче). Исходя из этого может быть получена расчетная формула прогнозных ресурсов техногенных россыпей (Q_T) в виде:

$$Q_T = Q_n (K_n + K_p + K_{мф}) - Q_d \quad (1)$$

Следует отметить, что поправочные коэффициенты отражают потери как при разведке, так и при добыче в основном мелкого и пылевидного золота, вследствие чего ресурсы техногенных россыпей обеспечиваются, главным образом, за счет преобладающего содержания в них золота мелких, тонких и сверхтонких фракций.

В большинстве случаев представляют большие трудности расчеты ресурсов золота раздельно в отвальных

комплексах (в собственно техногенных россыпях) и в остаточно-целиковых массивах. Вследствие этого, приведенные выше обоснования расчетов (формула 1) предполагают оценку ресурсов золота суммарно в природно-техногенных россыпях (отвальные + остаточно-целиковые комплексы), тем более, что при повторной переработке такие россыпи будут представлять единый золотороссыпной объект.

При расчетах прогнозных ресурсов техногенных россыпей учитываются разведанные запасы, а также при отсутствии разведки и прогнозные ресурсы по категориям Р1-2. Проведенная нами статистическая обработка сопоставления данных прогнозов и проведенной впоследствии разведки показали близость этих показателей, при некотором превышении запасов по данным разведки в некоторых золотороссыпных узлах (рис. 1).

Средние содержания золота в природно-техногенных россыпях C_T могут быть рассчитаны по формуле:

$$C_T = Q_T / V_{отр} \quad (2)$$

При отсутствии данных по объему горной массы отработанного блока ($V_{отр}$) этот показатель рассчитывался нами по данным маркшейдерских замеров параметров отработанного блока:

$$V_{отр} = (l \times h \times m) \text{ м}^3 \quad (3)$$

Аналитические расчеты ресурсов техногенных россыпей

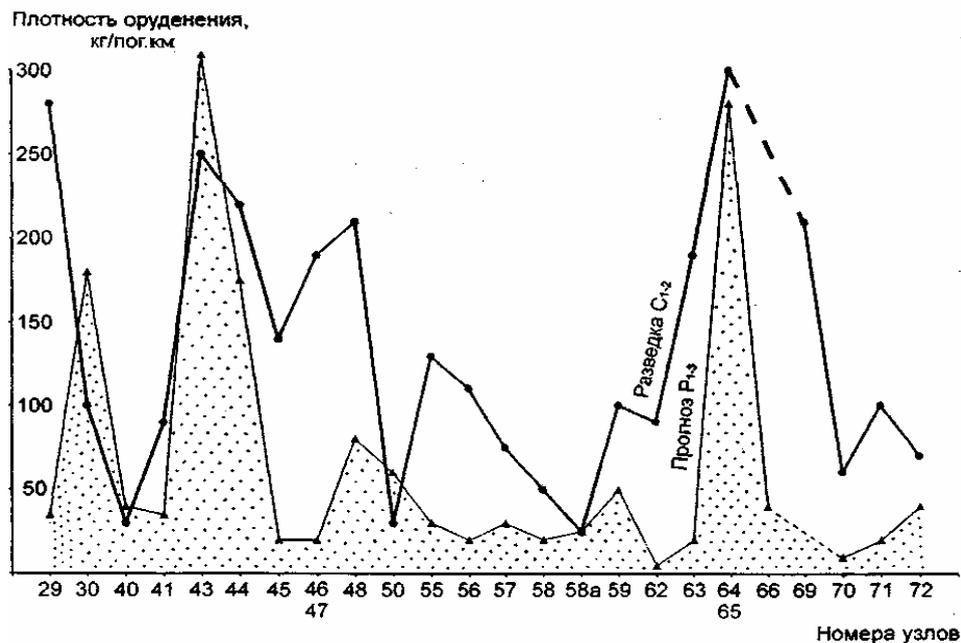
На территории Хабаровского края выявлено около 1500 золотоносных россыпей различных структурно-морфологических и генетических типов, преобладающая часть которых отработана. Особенно это касается крупнообъемных россыпей. На балансе из природных россыпей остаются мелкие месторождения с низкими содержаниями металла и незначительными запасами (десятки, первые

ГРАФИКИ СООТНОШЕНИЯ ДАННЫХ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ (P₁₋₂) И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РАЗВЕДКИ (C₁₋₂) ЗОЛОТОРОССЫПНЫХ ОБЪЕКТОВ

ПО ХАБАРОВСКОМУ КРАЮ

Данные по всем россыпям

Средняя плотность оруд. по прогнозным данным (ср. арифметич.) - 62 кг / 1 пог. км.
Средняя плотность оруд. по данным разведки (ср. арифметич.) - 68 кг / 1 пог. км



Условные обозначения к рисунку

Наименования золотороссыпных узлов

29-Софийский; 30-Кербинский; 40-Ульбанский; 41-Мевачанский; 43-Херпучинский; 44-Бекчиульский; 45-Белогорский; 46-47-Тахтинский; Бухтянский; 48-Пильда-Лимурийский; 49-Гурский; 50-Тумнинский; 55-Кет-Капский; 56-Даньский; 57-Омнинский; 58-Томптоканский; 58а-Одолинский; 59-Южно-Верхоянский; 62-Юровский; 63-Ланжинский; 64-65 - Курун-Уряхский, Иликанский; 66-Секчанский; 69-Верхне-Ульинский; 70-Челасинский; 71-Тонумский; 72-Лангарский.

сотни кг). Из всего объема техногенных россыпей Хабаровского края 30% относятся к россыпям с высокой степенью глинистости и значительным

содержанием мелкого, тонкого и пылевидного золота. Легко промывистые россыпи составляют 10-15%; остальные относятся к россыпям сред-

ней промывистости со средними значениями потерь золота при отработке. К крупным и уникальным золото-россыпным месторождениям Хабаровского края относятся россыпи долин средних порядков, отработанные преимущественно дражным способом и с объемом горной массы свыше 20 000 000 м³. Их протяженность свыше 10 км, продуктивность – многие сотни кг на 1 км погонной длины. К таким месторождениям относятся россыпи рек Херпучи, Семи, Сулакиткана, М.Битки, Олга, Ниман, Колчан и ряд других.

К россыпям среднего масштаба можно отнести большинство месторождений, отработанных также дражным способом и с объемом промытой горной массы свыше 2 000 000 м³. их протяженность составляет первые километры, продуктивность 100-200 кг на 1 км погонной длины россыпи. Примерами могут служить россыпи таких рек, как Хон, Кайгачан, Б. Бори, Ботоон, Ниламокит, Тяпка, Оемку и другие.

К малым месторождениям относятся большинство россыпей, отработанных гидромеханизированным способом и имеющим объем горной массы менее 2 000 000 м³. Это террасовые россыпи долин средних порядков и долинные низких порядков. Протяженность их от нескольких сотен метров до первых километров. Продуктивность изменяется от 20 до 100 кг на 1 км погонной длины россыпи. Их доля в общем балансе россыпных месторождений края составляет около 18%.

Представляется целесообразным выполнение оценки ресурсов техногенных россыпей золота в основном первых двух групп, как наиболее крупнообъемных и наиболее перспективных для рентабельной вторичной переработки дражным способом. В

ряде случаев для сравнительной характеристики нами выполнены расчеты ресурсов малых техногенных россыпей, с объемом горной массы ниже 2 000 000 м³.

В основном оценивались ресурсы техногенных россыпей, в которых объемы добытого золота из природной россыпи превышали 100 кг. По нашему мнению этот критерий определяет нижний порог промышленного освоения техногенных россыпей. Всего оценены ресурсы 149 техногенных россыпей.

В зависимости от полноты исходных данных по конкретным отработанным россыпям нами составлены таблицы расчетов ресурсов трех видов. Первая из них (табл. 1) включает расчеты по россыпям с наиболее полными и достоверными данными разведочных и эксплуатационных характеристик (таблица базовых моделей). Из различных информационных источников собраны фактические данные по Q_p , $V_{отр}$, Q_d , C_p и по некоторым поправочным коэффициентам. Полученные данные позволяют с высокой степенью достоверности произвести расчеты прогнозных ресурсов наиболее характерных техногенных месторождений золота Хабаровского края, а также получить коэффициенты отношений объемов добытого золота и соответствующих техногенных ресурсов по конкретным россыпям ($K_{о.р.}$). По ряду отработанных россыпей мы располагали ограниченной информацией, включающей только объемы добычи золота и средние содержания металла в отработанных блоках (табл. 2). В этом случае ресурсы техногенных россыпей определялись путем применения усредненного коэффициента отношений объемов добытого золота и техногенных ресурсов ($K_{о.р.}$), установленного при расчетах техногенных ресурсов базо-

вых месторождений и равного 0,44. Вероятные ресурсы рассматриваемых в табл. 2 техногенных россыпей определялись путем умножения объема добычи на 0,44.

Отдельно составлена таблица 3 расчета ресурсов техногенных россыпей северных зон Хабаровского края, отличающихся от россыпных месторождений юга существенно повышенными содержаниями золота и высокой продуктивностью. Из кадастров и отчетов получены основные исходные данные по этим россыпям ($C_{п}$, $Q_{д}$, $V_{отр}$). Техногенные ресурсы золота рассчитаны по формуле [1]. Таким образом, определения ресурсов техногенных россыпей золота северных зон Хабаровского края обоснованы прямыми расчетами и их можно считать высоко достоверными. Следует однако заметить, что для многих россыпей северной зоны точные цифры добычи в архивах отсутствуют и в связи с этим условно приняты объемы добычи равные геологическим запасам, тем более, что усредненная величина коэффициента намыва близка к единице (составляет 1,08).

При оценке ресурсов и содержания золота в различных гранулометрических фракциях отвалного комплекса следует иметь в виду обогащение эфелей за счет удаления галечной составляющей горной массы и перехода золота различных классов и генетических типов из объема удаляемой крупнообломочной фракции в эфельную. Величина обогащения эфелей в первом приближении определяется соотношением объемов галей и эфелей и может достигать 2-4 раз. По наблюдениям Г.С. Мирзеханова (Мирзеханов Г.С. Качество отработки золотоносных россыпей // Добыча золота. Проблемы и перспективы. Т. 1. Хабаровск, 1997. с. 67-75) наблюдается прямо пропор-

циональная зависимость между содержанием золота, количеством минералов с уд.в. более 6, объема эфелей в горной массе и процентом потерь. Так, при опытном опробовании Г.С. Мирзехановым исходных песков и эфелей россыпи Мал.Жорма получены соответственно содержания золота: в исходных песках – 388 мг/м³, а в эфелях около 400-500 мг/м³ при долевом количестве эфелей в исходной горной массе около 25%.

Рассчитанные нами ресурсы техногенных россыпей (табл. 1, 2, 3) и указанные в них средние содержания золота относятся к объему всей переработанной горной массы, включая и галевые отвалы. Имея в виду существенные обогащения эфелей при грохочении на драгах или дезинтеграции при гидромеханическом способе отработки следует относить расчетные ресурсы к объему эфелей, т.к. по данным Г.С. Мирзеханова "уход" золота в галечные отвалы составляет около 3% от первоначального количества в исходных песках. В связи с этим промышленный интерес представляет переработка, прежде всего, эфельных отвалов техногенных россыпей.

Выводы

Выполненные исследования по прогнозной оценке ресурсов техногенных россыпей Хабаровского края позволяют сделать ряд важных выводов, основными из которых являются следующие:

1. Остаточные природные россыпи Хабаровского края представлены на сегодняшний день малопродуктивными месторождениями с преимущественно низкими содержаниями металла. Существенная их часть не отвечает современным требованиям рентабельной крупнообъемной промышленной добычи и они, в основном, являются объектами освоения малыми

Таблица 1

Перечень расчетных ресурсов техногенных россыпей золота Хабаровского края (базовые модели)

Золотороссыпные узлы	Сред. сод-е золота на массу, г/м ³ , по данным разведки	Переработано горной массы, тыс.м ³	Запасы золота природной россыпи в отработанных блоках, кг	Добыто золота в отработанных блоках, кг	Кoeffиц. намыва	Расчетные ресурсы техногенной россыпи, кг	К о.р.
Бекчиулский	0,23-0,29	17444	4562	5541	1,02-1,43	2281	0,35-0,49
Белогорский	0,46-0,6	11871	7085	7122	1,0-1,33	3542	0,37-0,5
Даньский	0,37	3526	1305	1783	1,37	653	0,37
Кербинский	0,1-0,39	118049	37264	41760	0,74-1,33	18632	0,38-0,67
Мевачанский	0,21-0,26	2280	520	538	0,72-1,26	260	0,4-0,69
Пильда-Лимурийский	0,27-0,4	43574	12546	15391	0,96-1,52	6274	0,33-0,47
Софийский	0,15-0,27	191082	47009	54864	0,84-1,45	23542	0,34-0,46
Тумнинский	0,29-0,48	10583	4124	4634	0,98-1,68	2063	0,3-0,51
Ургальский	0,34	3308	1125	1160	1,03	562	0,48
Херпучинский	0,23-0,48	61458	22095	26818	1,02-1,68	11047	0,3-0,74
Чогаро-Удыхинский	0,28	830	233	292	1,26	116	0,4
Итого		464005	137868	159903		68973	

Таблица 2

Перечень вероятных ресурсов техногенных россыпей золота Хабаровского края (сравнительные модели) с учетом коэффициента Ко.р.=0,44

Золотороссыпные узлы	Среднее содержание золота на массу, г/м ³ , по данным разведки	Добыто золота в отработанных блоках, кг	Вероятные ресурсы техногенной россыпи, кг
Бекчиулский	0,2-0,41	2264	996
Белогорский	0,1-0,3	1050	462
Кербинский	0,2-0,28	7894	3513
Мевачанский	0,345	1646	724
Пильда-Лимурийский	0,12-0,5	4965	2186
Софийский	0,25-0,37	43159	18990
Тахтинский	0,33	325	143
Тумнинский	0,23-0,44	3850	1694
Херпучинский	0,15-0,4	16730	7361
Итого		81973	36069

198 Таблица 3
Перечень прогнозных ресурсов техногенных россыпей золота северных районов Хабаровского края

Золотороссыпные узлы	Среднее содержание золота на массу, г/м ³ , по данным разведки	Объем отработанной горной массы, тыс.м ³	Геологические запасы золота в отработанных блоках, кг	Добыто золота в отработанных блоках, кг	Коэффициент намыва	Ресурсы техногенной россыпи, кг	Среднее содержание золота в техногенной россыпи, г/м ³
Даньский	0,4-1,15	11959	8333	8459	0,67-1,29	4168	0,12-1,17
Кет-Капский	0,24-1,43	24445	15723	19152	0,91-2,75	7867	0,16-1,52
Курун-Уряхский	0,51-2,3	11564	6413	6906	0,65-1,26	3207	0,23-2,38
Ланжинский	0,6-0,8	4440	1229	3028	~1,0	1406	0,06-0,41
Лантарский	0,4	537	215	215	1	108	0,28
Одолинский	0,93	1361	1266	1266	1	633	0,64
Томптоканский	0,34-1,02	8128	5284	5378	0,99-3,68	2645	0,35-0,69
Юровский	0,35-0,53	2258	1119	1171	1-1,05	560	0,24-0,34
Итого		64692	39582	45575		20594	

предприятиями, главным образом, вахтовым методом. Вероятно, достигнутый уровень добычи золота из природных россыпей может сохраниться в течение ближайших 6-10 лет, причем суммарная добыча за указанный период может составить 40-60 т при условии доразведки прогнозных россыпей с получением кондиционных запасов.

2. Аналитические расчеты ресурсов золота **149 техногенных россыпных месторождений** края суммарно определяют вероятную их сырьевую базу в 124,3 т. Рассмотренные техногенные россыпи отличаются рядовыми и низкими содержаниями металла в расчете на всю переработанную горную массу конкретной россыпи. Однако, учитывая то, что при дезинтеграции природной россыпи остаточное золото концентрируется в основном в эфелях, следует ожидать фактического повышения содержания металла в них до 2-3 раз (в зависимости от соотношения эфелей и гали в отвальном комплексе). По некоторым наблюдениям в галях остается только около 3% золота от первоначальных запасов. По этой же причине разработку техногенных

россыпей следует начинать с освоения эфельных отвалов.

3. Учитывая высокую **дискретность** распределения золота в техногенных россыпях необходимо перед их эксплуатацией выполнить минимально обоснованный объем выборочных геологоразведочных работ, результаты которых позволят оценить экономическую целесообразность (рентабельность) разработки конкретной россыпи. В связи с тем, что в техногенных россыпях могут преобладать тонкие, пылевидные, субмикроскопические и адсорбированные фракции (менее 0,05 мм) параллельно с проведением выборочных геологоразведочных работ необходимо выполнить комплекс технологических исследований по определению полного содержания золота, а также степень извлекаемости металла современными промышленными способами и соответствующей аппаратурой.

4. При активном освоении техногенных россыпных месторождений суммарная добыча золота из остаточных природных и техногенных россыпей может достичь **к 2010 г. 10-12 т в год. ПИЛБ**

Коротко об авторе

Ван-Ван-Е А.П. – ИГД ДВО РАН, Хабаровск, E-mail: saksin@igd.khv.ru

