

Оригинальная статья / Original article

УДК 550.822

<http://dx.doi.org/10.21285/2541-9455-2017-40-4-86-93>

О ТОЧНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КОНТУРОВ ЗОЛОТОНОСНЫХ ПЛАСТОВ ПО ДАННЫМ ОПРОБОВАНИЯ СКВАЖИН УДАРНО-КАНАТНОГО БУРЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РОССЫПИ РУЧЬЯ СОХАТИНЫЙ-МАЛЫЙ)

© В.И. Снетков^а, Е.С. Семенова^б

^{а,б}Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

РЕЗЮМЕ. Цель. Оценка точности определения кровли и почвы золотоносного пласта россыпи при проходке скважин станками ударно-канатного бурения. **Метод.** Проходка шурфов по стволам скважин с последующей документацией и опробованием пройденных интервалов. **Результаты.** Заверены шурфовочными работами скважины по 11 разведочным линиям (более 70 скважин). Интервал опробования по скважинам варьировал от 0,4 до 0,8 м, в шурфах – 0,2 м. Сечение шурфа – 1 м². Произведен анализ положения в недрах золотоносного пласта, его выдержанности в пространстве, сопоставление отметок контуров по данным парных скважин. **Выводы.** Установлено, что разведка ударно-канатным бурением привела к систематическому опусканию вниз всех контуров: кровли, почвы пласта и даже плотика россыпи (до 2 м).

Ключевые слова: скважина, шурф, кровля, почва, россыпь, золото.

Формат цитирования: Снетков В.И., Семенова Е.С. О точности построения контуров золотоносных пластов по данным опробования скважин ударно-канатного бурения (на примере россыпи ручья Сохатиний-Малый) // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 4. С. 86–93. DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-4-86-93

ON CONTOURING ACCURACY OF GOLD-BEARING LAYERS BY SAMPLING DATA OF WELLS DRILLED BY CABLE TOOL RIGS (ON EXAMPLE OF SOKHATINY – MALYI BROOK PLACER)

V.I. Snetkov, E.S. Semenova

Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russian Federation

ABSTRACT. The **purpose** of this article is to assess the determination accuracy of the roof and soil of the gold-bearing layer of a placer when drilling wells by cable tool rigs. The **Method** used is sinking holes by boring wells with the subsequent documentation and sampling of the drilled intervals. **Results.** The wells of 11 prospecting lines have been certified by hole boring (more than 70 wells). The sampling interval in wells varied from 0.4m to 0.8m, in the holes it was 0.2m. The hole section was 1m². The analysis was given to the location of the gold-bearing layer in subsoil, its continuity in space, comparison of contour marks according to two types of prospecting. **Conclusions.** It has been determined that prospecting by cable tool drilling led to systematic lowering of all contours: roofs, layer soils and even the placer rock bed (up to two meters).

Keywords: well, test hole, roof, soil, placer, gold

^аСнетков Вячеслав Иванович, доктор технических наук, зав. кафедрой прикладной геологии, геофизики и геоинформационных систем, тел.: (3952) 405273, e-mail: snetkov@istu.edu

Vyacheslav I. Snetkov, Doctor of technical sciences, Head of the Department of Applied Geology, Geophysics and Geoinformation Systems, tel.: (3952) 405273, e-mail: snetkov@istu.edu

^бСеменова Екатерина Сергеевна, аспирант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел.: (3952) 405348, e-mail: rotfuchs93@mail.ru

Ekaterina S. Semenova, Postgraduate student of the Department of Surveying and Geodesy, tel.: (3952) 405348, e-mail: rotfuchs93@mail.ru

For citation: Snetkov V.I., Semenova E.S. On contouring accuracy of gold-bearing layers by sampling data of wells drilled by cable tool rigs (on example of Sokhatiny – Malyi brook placer). Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits, 2017, vol. 40, no. 4, pp. 86–93. (In Russian). DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-4-86-93

Введение

Ударно-канатное бурение (УКБ) широко используется при разведке россыпей, поскольку позволяет получать пробы до 200 кг с одного метра углубки. При этом происходит хорошее перемешивание горной породы, что влияет на представительность результатов опробования. Полнота извлечения шлама из скважины зависит от конструкции желонки, а это в свою очередь влияет на достоверность опробования. Поскольку частицы золота имеют удельный вес, на порядок отличающийся от удельного веса горной породы, нередко случается, что они могут последовательно мигрировать на глубину по мере продвижения бурового снаряда, тем самым меняя фактическое положение пласта в пространстве недр.

Как отмечают в своей работе Е.О. Погребицкий и др. [1], опробование россыпей имеет заметные погрешности, чаще занижается содержание ценных минералов. Основными причинами являются обводненность рыхлых отложений, большие различия в плотности нерудных минералов и ценного компонента, неравномерность их распределения, низкие концентрации, наличие самородков, валунов и т. п. Применение желонки любых видов не обеспечивает поднятия всех тяжелых частиц с забоя скважины. Авторы рекомендуют с целью уменьшения влияния искажающих факторов либо использовать большие диаметры скважин, либо систематически использовать контроль путем проходки и опробования сопряженных с ними шурфов.

При опробовании песков применяются наиболее совершенные желонки, всасывающие шлам под действием вакуума, что обеспечивает большую полноту извлечения ценных компонентов из шлама. Пробы отбираются при углубле-

нии скважины на 0,2–1,0 м. При разведке месторождения Сохатиний-Малый этот интервал варьировал от 0,4 м по пескам до 1,0 м при опробовании торфов. Конструкция использовавшейся желонки неизвестна, однако опытные работы показали, что положение золотоносного пласта в россыпи не всегда соответствует данным разведки, поэтому было принято решение о заверке некоторых скважин крупнообъемным опробованием с проходкой по ним шурфов сечением 1 м² с последующим отбором и документацией валовых проб через 0,4 м.

Результаты

экспериментальных работ

Заверочные шурфы были распределены равномерно по простиранию россыпи. Каждый шурф проходил по месту пробуренной скважины или, если это было невозможно, в непосредственной близости (не далее 1 м). Количество шурфов на разведочной линии варьировало от 5 до 16 в зависимости от длины разведочной линии и ширины оцениваемого блока.

В табл. 1, 2 приведены фрагменты сводных данных опробования УКБ и валового опробования шурфов.

По каждой контролируемой разведочной линии и каждому из анализируемых параметров получены коэффициенты, характеризующие отношение результатов разведки шурфами к данным скважин УКБ (табл. 3).

Сводные результаты показывают, что скважины УКБ завышают мощность торфов и пласта соответственно на 19 и 24 %, среднее содержание занижено на 14 %, а вертикальный запас завышен на 14 %. При этом кровля и почва залежи опущена скважинами УКБ в среднем на 1,3 м.

Таблица 1
Результаты валового опробования шурфов (разведочная линия 120-88,90)
Table 1
Results of bulk sampling of test holes (prospecting line 120-88,90)

Номер скважины, шурфа / Well, test hole no.	Отметка устья, м / Mark of the mouth, m	Мощность торфов, м / Peat thickness, m	Мощность пласта, м / Layer thickness, m	Среднее содержание Au, г/м ³ / Average content of Au, g/m ³	Вертикальный запас, г/м ² / Vertical reserve, g/m ²	Отметка кровли, м / Roof mark, m	Отметка почвы, м / Soil mark, m
24	183,1	8,4	1,0	0,49	0,49	174,7	173,7
26	182,6	8	0,4	0,55	0,22	174,6	174,2
28	182,0	7,6	0,8	0,40	0,32	174,4	173,6
30	181,5	7,4	0,2	0,95	0,19	174,1	173,9
32	180,6	7,6	0,2	1,25	0,25	173,0	172,8
34	180,4	6,0	0,8	0,23	0,18	174,4	173,6
36	180,3	6,0	0,4	0,52	0,21	174,3	173,9
38	180,4	6,0	0,4	0,28	0,11	174,4	174,0
40	179,7	5,4	1,6	1,32	2,11	174,3	172,7
.....
54	176,9	5,0	1,4	0,19	0,27	171,9	170,5

Таблица 2
Результаты опробования скважин (буровая линия 120-88,90)
Table 2
Well testing results (boring line 120-88,90)

Номер скважины, шурфа / Well, test hole no.	Отметка устья, м / Mark of the mouth, m	Мощность торфов, м / Peat thickness, m	Мощность пласта, м / Layer thickness, m	Среднее содержание Au, г/м ³ / Average content of Au, g/m ³	Вертикальный запас, г/м ² / Vertical reserve, g/m ²	Отметка кровли, м / Roof mark, m	Отметка почвы, м / Soil mark, m
24	183,1	8,80	0,4	1,03	0,41	174,3	173,9
26	182,6	10,40	0,4	0,32	0,13	172,2	171,8
28	182,0	8,80	0,4	0,13	0,05	173,2	172,8
30	181,5	7,20	0,4	0,70	0,28	174,3	173,9
32	180,6	5,20	2,0	0,44	0,88	175,4	173,4
34	180,4	7,60	0,4	0,07	0,03	172,8	172,4
36	180,3	7,20	0,4	0,25	0,10	173,1	172,7
38	180,4	6,80	1,2	0,21	0,25	173,6	172,4
40	179,7	6,40	0,4	0,07	0,03	173,3	172,9
.....
54	176,9	5,60	0,4	0,51	0,20	171,3	170,9

Таблица 3

Сопоставление данных по шурфам и скважинам

Table 3

Comparison of data on holes and wells

Номер буровой линии; номер линии шурфов / Number of the boring line; number of the test hole line	Коэффициенты (отношение данных шурфов к данным, полученным по скважинам) / Coefficients (correlation of test hole data to the data received by wells)				Величина опуска- ния отметок, м / Value of mark lowering, m	
	Мощность торфов, м / Peat thickness, m	Мощность пласта, м / Layer thickness, m	Среднее содержание Au, г/м ³ / Average content Au, g/m ³	Вертикаль- ный запас, г/м ² / Vertical reserve, g/m ²	Кровля, м / Roof , m	Почва, м / Soil, m
Б. л. № 120-88,90; Ш. л. № 120-88,90 / Boring line no. 120-88,90; test hole line no. 120-88,90	0,86	0,68	1,33	0,91	1,00	1,24
Б. л. № 124-88,91; Ш. л. № 124-88,91 г. / Boring line no. 124-88,91; test hole line no. 124-88,91 г.	0,80	1,71	1,03	1,76	1,16	0,71
Б. л. № 130-88; Ш. л. № 132-90,91 г. / Boring line no. 130-88; test hole line no. 132-90,91	0,64	0,71	2,16	1,53	2,16	2,33
Б. л. № 24-89,91 г.; Ш. л. № 24 / Boring line no. 24-89,91; test hole line no. 24	0,91	0,57	0,42	0,24	0,80	1,28
Б. л. № 28-87 г.; Ш. л. № 28-86 г. / Boring line no. 28-87; test hole line no. 28-86.	0,93	0,53	0,71	0,38	0,60	1,07
Б. л. № 35-87,88,91 г.; Ш. л. № 35-87,88,91 / Boring line no. 35-87,88,91; test hole line no. 35-87,88,91	0,79	0,42	0,32	0,13	0,87	1,20
Б. л. № 38-87,92 г.; Ш. л. № 38-87,92 г. / Boring line no. 38-87,92; test hole line no. 38-87,92	0,63	1	0,21	0,21	2,23	2,23
Другие / Others
Всего по месторождению / Total for the field	0,81	0,76	1,14	0,86	1,26	1,44

То, что имеются систематические погрешности, очевидно. Возникает вопрос: какой из двух видов более представителен, или же оба дают ненадежные

результаты. С этой целью был выполнен корреляционный анализ между одноименными данными, полученными разными видами опробования (табл. 4).

Таблица 4

Корреляция мощности, содержания, отметок кровли и почвы

Table 4

Correlation of thickness, content, marks of the roof and soil

Номер буровой линии; номер линии шурфов / Number of the boring line; number of the test hole line	Мощность торфов, м / Peat thickness, m	Мощность пласта, м / Layer thickness, m	Среднее со- держание Au, г/м ³ / Average content Au, g/m ³	Вертикаль- ный запас, г/м ² / Vertical reserve, g/m ²	Отметка кровли, м / Roof mark, m	Отметка почвы, м / Soil mark, m
Б. л. № 120-88,90; Ш. л. № 120-88,90 / Boring line no. 120-88,90; test hole line no. 120-88,90	0,65	-0,36	0,14	0,28	0,19	0,29
Б. л. № 124-88,91; Ш. л. № 124-88,91 / Boring line no. 124-88,91; test hole line no. 124-88,91	0,60	-0,27	0,60	0,15	-0,26	0,34
Б. л. № 130-88; Ш. л. № 132-90,91 / Boring line no. 130-88; test hole line no. 132-90,91	0,40	-0,02	-0,02	0,21	0,01	-0,03
Б. л. № 24-89,91; Ш. л. № 24 / Boring line no. 24-89,91; test hole line no. 24	0,79	0,50	-0,12	0,31	0,85	0,77
Б. л. № 28-87; Ш. л. № 28-86 / Boring line no. 28-87; test hole line no. 28-86	0,96	0,24	0,15	-0,28	0,68	-0,28
Б. л. № 35-87,88,91; Ш. л. № 35-87,88,91 / Boring line no. 35-87,88,91; test hole line no. 35-87,88,91	0,49	-0,25	-0,36	-0,39	0,95	0,93
Б. л. № 38-87,92; Ш. л. № 38-87,92 / Boring line no. 38-87,92; test hole line no. 38-87,92	0,33	-0,69	-0,44	-0,32	0,39	0,32

**Анализ результатов
экспериментальных работ**

Для того чтобы оценить качество разведочных работ скважинами УКБ и шурфами, необходимо сравнить полученные результаты применительно к выявленной мощности торфов, песков, содержанию золота, отметкам кровли и почвы.

Мощность торфов. В четырех случаях из представленных семи наблюдается высокая корреляция, что говорит об

удовлетворительной сходимости данных, полученных по шурфам, и данных УКБ. При полной идентичности результатов коэффициент корреляции должен быть равен 1. Значения меньше единицы указывают на ошибки в определении мощности торфов, и чем меньше корреляция, тем значительнее ошибки. В трех случаях данным вообще нельзя доверять.

Мощность пласта. Среднее содержание. Вертикальный запас. Коэф-

коэффициенты корреляции не только далеки от +1, но даже имеют разнонаправленный характер. Заключение в данном случае однозначно: мощность пласта двух видов опробования не коррелируется – один из видов опробования или оба вместе дают недостоверный результат (результат с ошибкой, равной величине выявленной мощности или содержания).

Отметки кровли и почвы. Кровля коррелируется только в трех случаях, почва – только в двух, то есть один из двух видов опробования дает менее достоверный результат. Скорее всего, имеет место влияние нескольких факторов. Первый: скважины УКБ дают меньшее количество данных опробования по сравнению с валовым опробованием, и выбор у геолога при проведении контура в этом случае невелик. Второй: на разрезах отмечается много случаев проведения контура между скважинами с ориентацией только на кондиционные содержания при полном игнорировании литологии и структуры плотика россыпи.

Качество оконтуривания может характеризоваться величиной изменчивости кровли и почвы пласта. Чем меньше изменчивость, тем более плавно изменяется контур от выработки к выработке. Критерием плавности выступают общая и случайная изменчивость изучаемого контура. Первая определяется по известным формулам выборочной дисперсии, вторая – через первые или вторые разности по формулам Е.И. Попова и Дж. Фон Неймана [2, 3].

$$\sigma_{\Delta'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\Delta'_i)^2}{2k}}; \quad \sigma_{\Delta''} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\Delta''_i)^2}{6m}},$$

где Δ' – первые разности; $\Delta'_i = x_{i+1} - x_i$; $\Delta''_i = \Delta'_{i+1} - \Delta'_i$; k – количество первых разностей, $k = n - 1$; m – количество вторых разностей, $m = n - 2$.

Изменение контура может иметь стационарный (случайный) характер в русловой части или нестационарный

(комбинация закономерного изменения и случайного) на склонах долин или в пределах террас.

Доля закономерного изменения может быть оценена при помощи квадрата корреляционного отношения, определяемого по формуле

$$\eta_3^2 = 1 - \frac{\sigma_{\Delta''}^2}{\sigma^2},$$

где σ^2 – выборочная (общая) дисперсия.

Квадрат корреляционного отношения изменяется от 0 (закономерное изменение отсутствует) до 1 (функциональное изменение, закономерность составляет 100 %, случайная изменчивость отсутствует).

В табл. 5 приведены результаты такого анализа кровли почвы золотоносного пласта по каждой из приведенных в табл. 4 разведочных линий.

В среднем по шурфам доля закономерного изменения составила 0,61 (61 %), по скважинам – 0,46 (46 %). Аналогичная картина наблюдается и при определении почвы пласта. Это означает, что скважины УКБ с большей погрешностью диагностируют положение контура «торфа-пески», а контур кровли залежи получается менее надежным и более изменчивым. Это в свою очередь может вызывать повышенные потери и разубоживание при проведении вскрышных работ и активировании отработанных площадей при добыче.

Выводы

Разведка россыпей скважинами УКБ приводит к систематическому опусканию золотоносного пласта в среднем на 1,2 м.

Среднее содержание по скважинам имеет тенденцию к занижению, однако ввод коэффициентов к данным опробования скважин нецелесообразен, поскольку нет логической связи между данными опробования шурфов и скважин.

При ведении вскрышных работ необходимо оставлять предохранительный слой – «рубашку» не менее вели-

Таблица 5

Кровля золотоносного пласта

Table 5

Roof of the gold-bearing layer

Номер буровой линии; номер линии шурфов / Number of the boring line; number of the test hole line	Шурфы / Test holes			Скважины / Wells		
	Среднее квадратиче- ское откло- нение / Mean square deviation	Стандарт случайной изменчи- вости / Standard of random variability	Квадрат корреля- ционного отноше- ния / Square of the corre- lation relation	Среднее квадратиче- ское откло- нение / Mean square deviation	Стандарт случайной изменчи- вости / Standard of random variability	Квадрат корреля- ционного отноше- ния / Square of the corre- lation rela- tion
Б. л. № 120-88,90; Ш. л. № 120-88,90 / Boring line no. 120-88,90; test hole line no. 120-88,90	0,73	0,39	0,71	1,19	0,96	0,35
Б. л. № 124-88,91; Ш. л. № 124-88,91 / Boring line no. 124-88,91; test hole line no. 124-88,91	0,51	0,21	0,82	0,75	0,66	0,22
Б. л. № 130-88; Ш. л. № 132-90,91 / Boring line no. 130-88; test hole line no. 132-90,91	0,75	0,37	0,75	0,91	0,92	0,00
Б. л. № 24-89,91; Ш. л. № 24 / Boring line no. 24-89,91; test hole line no. 24	1,66	0,44	0,93	1,50	0,57	0,86
Б. л. № 28-87; Ш. л. № 28-86 / Boring line no. 28-87; test hole line no. 28-86	0,33	0,33	0,00	0,54	0,42	0,4
Б. л. № 35-87,88,91; Ш. л. № 35-87,88,91 / Boring line no. 35-87,88,91; test hole line no. 35-87,88,91	2,57	1,49	0,66	3,49	1,40	0,84
Б. л. № 38-87,92; Ш. л. № 38-87,92 / Boring line no. 38-87,92; test hole line no. 38-87,92	2,36	1,81	0,41	1,85	1,28	0,52

чины стандарта случайной изменчивости кровли, то есть от 0,2 до 1,5 м, и далее осуществлять послойную доводку с применением опробования копушами по площади вскрываемого пласта. В настоящее время инструкция по геологическому обслуживанию россыпей рекомендует во

всех случаях оставлять предохранительный слой 0,2 м и менее, что не соответствует природной изменчивости кровли и почвы золотоносных пластов и техническим ошибкам применяемого разведочного оборудования – станкам УКБ.

Библиографический список

1. Парадеев С.В., Погребницкий Е.О., Поротов Г.С., Рудейко Н.С., Скропышев А.В., Терновой В.И. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1977. 406 с.

2. Попов Е.И. К оценке точности изображения залежи полезного ископае-

мого по данным разведки // Записки Ленинградского государственного института. 1959. Т. 36. Вып. 2. С. 178–189.

3. Von Neumann J., Kent R.H. [et al.]. The Mean Square Successive Difference // Collected works. Vol. 4. New York, Oxford, London, Paris: Pergamon Press, 1962. P. 153–162.

References

1. Paradeev S.V., Pogrebitskii E.O., Porotov G.S., Rudeiko N.S., Skropyshev A.V., Ternovoi V.I. *Poiski i razvedka mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh* [Prospecting and Exploration of Mineral Deposits]. Moscow: Nedra Publ., 1977, 406 p.

2. Popov E.I. To estimation of mineral deposit image accuracy by prospecting

data. *Zapiski Leningradskogo gosudarstvennogo instituta* [Proceedings of Leningrad State Institute], 1959, vol. 36, iss. 2, pp. 178–189. (In Russian).

3. Von Neumann J., Kent R.H. The Mean Square Successive Difference. Collected works, vol. 4. New York, Oxford, London, Paris: Pergamon Press, 1962, pp. 153–162.

Критерии авторства

Снетков В.И., Семенова А.С. написали статью, имеют равные авторские права и несут одинаковую ответственность за плагиат.

Authorship criteria

Snetkov V.I., Semenova A.S. have written the article, have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

Статья поступила 20.12.2017 г.

The article was received 20 December 2017