

СОКРАЩЕНИЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ДРАЖНОЙ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Н. В. Мурзин¹, Б. Л. Тальгамер¹

¹ Иркутский Национальный Исследовательский Технический Университет,
Иркутск, Россия, go_gor@istu.edu

Аннотация: Дана оценка влияния дражных работ на водные ресурсы. Рассмотрены основные способы снижения водопотребления при дражной разработке россыпных месторождений. Осуществлен анализ уравнения водного баланса технологических водоемов драг в различных горнотехнических и климатических условиях, выполнено деление его составляющих на группы по возможности их регулирования. Приведены результаты расчетов приходной и расходной частей водного баланса десяти дражных разрезов. Установлена степень влияния геологических и мерзлотных характеристик россыпи на водный баланс и основные причины повышенного уровня водопотребления на дражных работах. Выделены составляющие водного баланса, которые могут регулироваться в широких диапазонах. Установлено, что существенно сократить водопотребление и сброс сточных вод при дражной разработке россыпей можно путем регулирования уровня воды в технологическом водоеме, что более эффективно осуществляется при уменьшении параметров последнего и прилегающих к нему площадей водосбора. Выявлено, что на многих дражных разрезах фактическое водопотребление значительно превышает необходимый для осветления и поддержания проектного уровня приток воды. Предложены пути сокращения водопотребления и сброса сточных вод, значительную часть которых составляют фильтрационные утечки.

Ключевые слова: россыпные месторождения, дражные работы, водный баланс, водопотребление, регулирование притока, управление уровнем воды, фильтрационные утечки, сброс сточных вод.

Для цитирования: Мурзин Н. В., Тальгамер Б. Л. Сокращение водопотребления при дражной разработке россыпных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 5–2. – С. 22–30. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_52_0_22.

Reduction of water consumption during dredge development of placer deposits

N. V. Murzin¹, B. L. Talgamer¹

¹ Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, go_gor@istu.edu

Abstract: An assessment of the impact of dredging works on water resources is given. The main ways to reduce water consumption during dredging mining of placer deposits are considered. The analysis of the equation of water balance of technological reservoirs of dredges in various mining and technical and climatic conditions is carried out, the division of its components into

groups is carried out according to the possibility of their regulation. The results of calculations of the input and output parts of the water balance of ten dredge sections are presented. The degree of influence of the geological and permafrost characteristics of the placer on the water balance and the main reasons for the increased level of water consumption at dredging works have been established. The components of the water balance that can be regulated in wide ranges are highlighted. It has been established that it is possible to significantly reduce water consumption and wastewater discharge during the dredging of placers by regulating the water level in the technological reservoir, which is more effectively carried out by reducing the parameters of the latter and the adjacent catchment areas. It was revealed that in many drainage sections, the actual water consumption significantly exceeds the water inflow necessary for clarification and maintenance of the design level. Ways to reduce water consumption and wastewater, a significant part of which is filtration leaks, are proposed.

Key words: Placer deposits, dredging works, water balance, water consumption, regulation of inflow, water level control, filtration leaks, wastewater discharge.

For citation: Murzin N. V., Talgamer B. L. Reduction of water consumption during dredge development of placer deposits. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(5–2):22–30. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_52_0_22.

Введение

Разработка россыпных месторождений полезных ископаемых характеризуется значительной нагрузкой на природные ресурсы [1, 2], при этом значительный ущерб испытывает и водный комплекс. В целом, по регионам, которые традиционно считаются флагманами в россыпной золотодобыче, на долю горных предприятий приходится около 30% от общехозяйственного водопотребления [3]. В большей степени это относится к разработке месторождений дражным и гидравлическим способами, где вода используется как при обогащении, так и непосредственно при добыче песков. В среднем для разработки и обогащения 1 м³ песков такими способами расходуется порядка 15–20 м³ технологической воды [4]. При этом фактический расход воды в 3–4 раза превышает потребность горных работ в свежем притоке [5, 6]. Это приводит к ухудшению очистки сточных вод и, как следствие, увеличению нагрузки на водные ресурсы.

Под излишней нагрузкой находятся как поверхностные, так и подземные воды. И если в случае с поверхност-

ными стоками наиболее распространенной и проблемной причиной загрязнения являются взвешенные вещества, концентрация которых — один из важнейших санитарных показателей качества вод [7–10], то для подземных стоков большую угрозу представляет минерализация сбрасываемой воды, а также само по себе изменение гидрологического режима района [11].

Основными способами снижения нагрузки на водный комплекс являются интенсификация очистки сточных вод и снижение водопотребления в целом. Первый способ заключается во внедрении передовых и современных технологий обогащения песков и очистки сточных вод [12–18]. Второй способ заключается в снижении объема водоподпитки, а также в уменьшении потерь воды.

Методы исследования и анализ структуры водного баланса дражных работ

Основой для разработки мероприятий по снижению водопотребления является уравнение водного баланса. Слагаемые данного уравнения условно

можно разделить на 3 группы: регулируемые, нерегулируемые и труднорегулируемые. Обоснованное распределение притоков и потерь воды по данным группам позволяет более эффективно управлять количеством используемой воды, сокращать расход водоподпитки и, следовательно, повышать степень очистки сточных вод.

В общем виде уравнение водного баланса для технологических водоемов выглядит следующим образом:

$$Q_{атм} + Q_{от} + Q_{вл} + Q_{фл} + Q_{п} + Q_{в} = Q_{исп} + Q_{увл} + Q_{ф} + Q_{з},$$

где $Q_{атм}$, $Q_{от}$, $Q_{вл}$, $Q_{фл}$, $Q_{п}$, $Q_{в}$ — соответственно поступления воды от атмосферных осадков, оттаивания мерзлых пород, за счет естественной влажности песков, притока фильтрационных и подземных вод, а также водоподпитки, м³; $Q_{исп}$, $Q_{увл}$, $Q_{ф}$, $Q_{з}$ — соответственно расход воды на испарение, увлажнение хвостов промывки, компенсацию фильтрационных утечек, заполнение выработанного пространства и увеличение параметров технологического водоема, м³.

С целью оптимизации уровня водопотребления дражного разреза необходимо оценить слагаемые уравнения по возможности влияния на их величину. Как говорилось выше, слагаемые данного уравнения можно разделить на 3 группы: регулируемые, труднорегулируемые и нерегулируемые.

К первой категории будут относиться те параметры, значение которых можно изменить, не прибегая к значительным финансовым и трудовым затратам. В первую очередь в эту группу входят поверхностный приток (водоподпитка) и поступление воды от атмосферных осадков. В настоящее время разработано достаточно большое количество способов сбора и отвода атмосферных осадков, поступающих в карьер. Также

сюда относится расход воды на заполнение технологического водоема, который зачастую обеспечивается за счет поступления поверхностных вод. Помимо этого, к данной группе можно отнести фильтрационные притоки и утечки, при условии, что мероприятия по снижению фильтрации пород проводятся до затопления карьерного поля.

В группу труднорегулируемых входят те параметры, управление которыми требует значительных затрат либо изменения технологии ведения работ. К ним относятся потери воды на испарение, поступление воды от оттаивания мерзлоты, а также фильтрационные притоки и утечки в условиях действующих объектов, когда мероприятия по их регулированию весьма трудно осуществимы.

Третья категория параметров характеризуется практически полным отсутствием целесообразности проведения мероприятий по их регулированию. К этой группе относятся приток подземных вод в технологический водоем, поступление воды от естественной влажности песков и расход воды на увлажнение хвостов. Так, потери воды на увлажнение хвостов могут быть снижены путем изменения технологии драгирования и отвалообразования, что зачастую связано с дополнительными затратами, а в ряде случаев неосуществимо.

Таким образом, при составлении и анализе уравнения водного баланса в первую очередь необходимо обращать внимание на возможность изменения параметров первой группы. При этом следует учитывать, что в зависимости от типа и геометрических характеристик россыпи, а также технологии ее разработки, наибольшую долю в балансе будут иметь различные составляющие. Например, в случае значительной величины водного зеркала наибольшее значение в расходной части будут иметь

потери воды на испарение. Кроме того, значительное влияние на слагаемые водного баланса оказывает мерзлотная характеристика россыпи.

Результаты исследования

С использованием уравнения водного баланса были исследованы условия водоснабжения и водоотведения 10 дренажных разрезов.

В результате анализа уравнения водного баланса действующих предприятий было установлено, что на мерзлых месторождениях наибольший удельный вес в приходной части составляют атмосферные осадки, а в расходной — потери воды на испарение (в случае большой площади водного зеркала) либо потери воды на фильтрацию через дамбы, а на талых россыпях наибольший приток связан с фильтрацией из руслоотводного канала или, в ряде случаев, с поступлением подземных вод, а наибольшие потери воды обусловлены фильтрационными утечками. Перечисленные параметры, как указывалось выше, поддаются регулировке, например, поступление вод от атмосферных осадков может быть уменьшено за счет сокращения площади водосбора, в т.ч. площади зеркала технологического водоема, что в свою очередь также снизит потери воды на испарение, а фильтрационный приток из соседних водоемов и рек может быть сокращен за счет уменьшения разницы в уровнях воды.

В качестве примера рассмотрены уравнения водного баланса технологических водоемов на двух действующих дренажных разрезах, при этом на одном осуществляется обработка талой россыпи, а на второй — мерзлой.

Талая россыпь располагается в Бодайбинском районе Иркутской области. Её обработка осуществляется драгой ОМ-431, обеспечивающей среднюю

производительность 312 м³/ч. Анализируемый технологический водоем имеет площадь водной поверхности 20,4 га при средней глубине 4 м. Месторождение обрабатывается с полным водооборотом и созданием руслоотводной канавы за контуром запасов.

Уравнение водного баланса для талой россыпи:

$$\begin{aligned} Q_{атм} + Q_{от} + Q_{вп} + Q_{фп} + Q_B &= \\ &= Q_{исп} + Q_{увл} + Q_{ф} + Q_3; \\ 20,0 + 47,6 + 319,55 + 5,0 + 9,7 + Q_B &= \\ &= 24,36 + 30,8 + 516,0 + 16,7; \\ 401,85 + Q_B &= 587,86. \end{aligned}$$

Таким образом, расход водоподпитки составляет 186,01 м³/ч. Отсюда объем потребления свежей воды на 1 м³ разрабатываемых пород без учета водоподпитки составит 1,28 м³/м³, а с её учетом — 1,88 м³/м³, что превышает рекомендуемые нормы расхода свежей воды [19].

В качестве мерзлой россыпи рассматривается одно из месторождений Якутии. Обработка ведется драгой 250Д с производительностью 154 м³/ч. Площадь водного зеркала составляет 52,4 га, средняя глубина — 3,2 м. На рассматриваемом месторождении руслоотводная канава пройдена в мерзлых породах, в связи с чем фильтрационный приток из нее отсутствует.

Уравнение водного баланса для мерзлой россыпи:

$$\begin{aligned} 31,71 + 3,98 + 0 + 0 + 0 + Q_B &= \\ &= 65,95 + 11,73 + 16,52 + 120,25; \\ 35,69 + Q_B &= 214,45. \end{aligned}$$

Расход водоподпитки составляет 179,46 м³/ч. Объем потребления свежей воды без учета водоподпитки — 0,23 м³/м³, с учетом — 1,4 м³/м³.

Основные исходные данные, а также результаты расчетов уравнений водного баланса по остальным анализируемым россыпям приведены в таблице.

Таблица

Результаты расчета водного баланса дражных работ для рассматриваемых россыпных месторождений

Параметр	Талые россыпи					Мерзлые россыпи				
	T1	T2	T3	T4	T5	M1	M2	M3	M4	M5
Исходные данные для расчета										
Тип драги (емкость черпака, л)	250	380	380	380	250	250	250	250	250	250
Площадь водосбора, тыс. м ²	254,2	118,6	221,6	88,6	154,2	31,5	4062,8	26,4	18,4	42,4
Площадь водного зеркала, тыс. м ²	56,2	31,3	51,6	28,1	40,6	439,5	980,7	524	662,8	215,5
Глубина водоема, м	4	5,5	6,5	4	4,5	10,2	7	7,2	8	6
Коэффициент фильтрации пород, м/сут	16,8	9,6	28,8	19,2	19,2	1,2	0,7	1,4	0,8	1,2
Приток, м ³ /ч										
от атмосферных осадков	5,75	3,17	5,36	20,00	3,57	26,84	113,11	31,71	39,71	33,10
от подземных вод	57,94	46,03	378,47	5,00	30,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
за счет влажности промываемых песков	14,48	11,51	54,07	47,60	12,70	5,40	13,39	3,98	10,01	34,80
за счет оттаивания мерзлоты	19,84	5,95	4,96	9,70	13,49	0,00	0,00	0,00	0,00	23,10
фильтрация	72,42	57,54	648,81	319,55	43,65	0,00	57,12	0,00	6,47	67,79
Итого приходная часть, м ³ /ч	170,44	124,21	1091,67	401,85	104,37	32,24	183,62	35,69	56,19	158,79
Потери, м ³ /ч										
на испарение	7,14	3,97	6,55	24,36	5,16	55,79	121,17	65,95	81,89	27,36
на увлажнение хвостов промывки	4,76	5,56	8,39	30,80	5,08	4,34	8,72	11,73	9,69	48,50
на компенсацию фильтрационных утечек	349,21	289,68	325,40	516,00	242,06	116,23	19,41	120,25	132,90	42,90
на заполнение выработанного пространства	204,37	174,60	39,68	16,70	95,24	25,85	59,17	16,52	43,30	59,50
Итого расходная часть, м ³ /ч	565,48	473,81	380,02	587,86	347,54	202,21	208,47	214,45	267,78	178,26
Необходимая водоподпитка, м ³ /ч	395,04	349,60	-711,65	186,01	243,17	169,97	24,85	178,76	211,59	19,47
Часовая производительность драги, м ³ /ч	218,80	247,60	312,00	312,00	214,80	154,00	154,00	154,00	154,00	228,20

Окончание табл. 1

Параметр	Талые россыпи					Мерзлые россыпи				
	T1	T2	T3	T4	T5	M1	M2	M3	M4	M5
Рекомендуемая норма потребления свежей воды, м ³ /м ³	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Фактический объем потребления свежей воды, м ³ /м ³										
без учета водоподпитки	0,78	0,50	3,50	1,29	0,49	0,21	1,19	0,23	0,36	0,70
с учетом водоподпитки	2,58	1,9	3,50	1,88	1,62	1,31	1,35	1,39	1,74	0,78

В целом по рассмотренным талым месторождениям фактическое поступление воды в дражные разрезы существенно превышает потребность в обновлении технологической воды в котловане драги (например, потребность в свежем притоке для драги 250 л составляет в среднем 1,5 м³/м³ [19], а фактически на анализируемых объектах она составляет 1,5 – 3,0 м³/м³).

Анализ мерзлых месторождений показал, что потребление свежей воды на большинстве из них находится в пределах рекомендуемых норм. Превышение удельного потребления воды наблюдается только на водоемах, обладающих значительными фильтрационными утечками и, как следствие, повышенным объемом водоподпитки.

Таким образом, в большинстве случаев повышенный объем водопотребления объясняется либо значительными нерегулируемыми утечками воды из дражного разреза, которые необходимо компенсировать водоподпиткой, либо избыточными притоками воды, в т.ч. за счет фильтрации из поверхностных водотоков, чаще всего из руслоотводов (что в значительно меньшей степени присуще мерзлым россыпям).

Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

- управление составляющими уравнения водного баланса в процессе дражных работ позволяет обеспечить снижение водопотребления и сброса сточных вод. Регулированию поддаются практически все составляющие водного баланса, однако более эффективно управлять водонабжением и водоотведением можно с помощью изменения расходов водоподпитки и фильтрационных потоков;

- существенное сокращение водопотребления при дражной разработке россыпей можно обеспечить при максимальной изоляции котлована драги от гидрологической сети и уменьшении нерегулируемых поступлений и сбросов воды;

- анализ водного баланса дражных разрезов показал, что при разработке талых россыпей с хорошо промывистыми песками, как правило, естественное поступление воды полностью обеспечивает нормальные условия водоснабжения драг, однако из-за неоправданно больших фильтрационных утечек расходная часть часто превышает приходную, вследствие чего необходима водоподпитка технологического водоема. При эксплуатации мерзлых и глинистых россыпей чаще всего имеет место недостаток воды;

- основным направлением сокращения водопотребления на талых россыпях с водопроницаемыми породами

является поддержание уровня воды в котловане драги на отметках, близких к естественному уровню грунтовых вод или уровню воды в реке (руслоотводе);

– для создания условий по управлению уровнем воды следует максимально сокращать параметры дражного котлована;

– основным направлением сокращения водопотребления при разработке россыпей является максимальное уменьшение потерь воды, в первую очередь из-за фильтрационных утечек;

– при разработке глинистых россыпей водопотребление обусловлено не столько необходимостью поддержания проектного уровня воды в дражном разрезе, сколько потребностью в освет-

лении технологической воды, поэтому сокращение расхода свежей воды здесь достигается качественной водоподготовкой и управлением параметрами котлована драги.

Вклад авторов

Мурзин Н. В. – сбор исходной информации, аналитические расчеты, оформление результатов исследований, поиск и анализ библиографической информации, написание статьи.

Тальгамер Б. Л. – формулирование цели и задач исследования, разработка методики исследования, анализ результатов и формулировка выводов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Latysheva M. A.* Problems and perspectives of the ineffective gold-bearing deposits development // IOPConf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021, vol. 629, 7 p.

Doi:10.1088/1755–1315/629/1/012028

2. *Huayan Pian, Santosh M.* Gold deposits of China: Resources, economics, environmental issues, and future perspectives // Geological Journal. 2020, vol. 55, is. 8, pp. 5978–5989. Doi: 10.1002/gj.3531.

3. *Позлутко С. Г.* Физико-технические методы повышения эффективности горно-подготовительных работ при разработке мерзлых и глинистых россыпей: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Чита, 2000. – 200 с.

4. *Кисляков В. Е.* Расчет отстойников оборотного водоснабжения при разработке россыпей. – Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1988. – 176 с.

5. *Тальгамер Б. Л.* Обоснование технологии разработки труднодрагируемых россыпей с повышением экологической чистоты горных работ: Автореф. дис. докт. техн. наук. – СПб, 1995. – 39 с.

6. *Долина Л. Ф.* Сточные воды предприятий горной промышленности и методы их очистки. – Днепропетровск, 2000. – 61 с.

7. Вода и водоподготовка. Термины и определения: ГОСТ 30813–2002.

8. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод: СанПиН 2.1.5.980–00.

9. *Шорохов С. М., Зуйков А. А., Зубченко Г. В.* и др. Предохранение рек от загрязнения при разработке россыпных месторождений. – М.: Недра, 1980. – 207 с.

10. *Schoderer M., Karthe, D., Dombrowsky I., Dell'Angelo J.*, Hydro-social dynamics of miningscapes: Obstacles to implementing water protection legislation in Mongolia // Journal of Environmental Management. 2021, vol. 292. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112767>.

11. *Красильников А. Е.* Влияние разреза «Восточный» на поверхностные и подземные воды // Путь науки. – 2014. – № 2. – С. 108–110.

12. *Черкасов В. Г.* Разработка ресурсосберегающих технологий замкнутых систем водоснабжения транспортно-обоганительных комплексов с использованием оборудования нового поколения // Вопросы теории и практики в строительстве и горном

деле. — Чита: Изд-во ЗабГУ. Всерос. науч-практ.конф. (Чита, 11–13 декабря 2018 г.). –2018. — С. 55–64.

13. Кисляков В. Е. Создание ресурсосберегающих и экологически щадящих технологий при разработке россыпных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 1997. — № 5. — С. 117–119.

14. Караваева Т. И., Тихонов В. П. Методические основы использования природно-техногенных систем для очистки сточных вод // Вестник Пермского университета. — Пермь: Изд-во ПГНИУ. — 2018. — Т.17. — №2. — С. 187–194.

15. Костромин М. В., Достовалов В. В. Технология очистки сточных вод дражных разработок // Вестник ЧитГУ. — 2015. — №8. — С. 16–22.

16. Bانشchikova T. S., Leonenko N. A., Alekseev V. S. Physical-and-chemical methods of finely-dispersed gold recovery from legacy placer gold in the Amur river region // *Obogashchenie Rud.* 2017, vol. 6, pp. 32–37. DOI: 10.17580/or.2017.06.06

17. Зелинская Е. В., Тальгамер Б. Л., Киселева М. А., Махнев А. Н., Черкасов Р. Г. Разработка рекомендаций по природоохранным мероприятиям при дражном способе переработки песков месторождения р. Ирелях // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2009. — №S15. — С. 247–256.

18. Субботин Ю. В., Овешников Ю. М., Авдеев П. Б. Водоснабжение драг и очистка технологической воды при разработке россыпи «Средняя Борзя» // Горный информационно-аналитический бюллетень.– 2019. — №2. — С. 58–68. DOI: 10.25018/0236–1493–2019–02–0-58–68.

19. Личаев В. Р., Есеновская Л. Н., Чикин Ю. М. Руководство по выбору и проектированию систем водоснабжения, водоотведения и способам водоподготовки при разработке россыпных месторождений. — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1990. — 160 с. **ПДБ**

REFERENCES

1. Latysheva M. A. Problems and perspectives of the ineffective gold-bearing deposits development. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021, vol. 629, 7 p.

Doi:10.1088/1755–1315/629/1/012028.

2. Huayan Pian, Santosh M. Gold deposits of China: Resources, economics, environmental issues, and future perspectives. *Geological Journal.* 2020, vol. 55, is. 8, pp. 5978–5989. Doi: 10.1002/gj.3531.

3. Pozlutko S. G. Physical and technical methods of increasing the efficiency of mining preparatory work in the development of frozen and clay placers: Cand. Sci. Dissertation, Chita, 2000, 200 p. [In Russ].

4. Kislyakov V. E. Calculation of waste water treatment tanks in the development of placers, Krasnoyarsk, Publ. of Krasnoyarsk University, 1988, 176 p. [In Russ].

5. Talgamer B. L. Substantiation of the technology for the development of hard-to-reach placers with an increase in the ecological purity of mining operations: Extendet Abstract of Doctoral Dissertation. Saint-Petersburg, 1995, 39 p. [In Russ].

6. Dolina L. F. Waste water of mining enterprises and methods of their purification. Dnepropetrovsk, 2000, 61 p. [In Russ].

7. Water and water treatment. Terms and definitions: State Standart 30813–2002. [In Russ].

8. Drainage of populated areas, sanitary protection of water bodies. Hygienic requirements for the protection of surface waters: Sanitary norms and rules 2.1.5.980.00. [In Russ].

9. Shorohov S. M., Zuikov A. A., Zubchenko G. V. and others. Protection of rivers from pollution during the development of placer deposits, Moscow, Nedra Publ., 1980, 207 p. [In Russ].

10. Schoderer M., Karthe D., Dombrowsky, I., Dell'Angelo J., Hydro-social dynamics of miningscapes: Obstacles to implementing water protection legislation in Mongolia. *Journal of Environmental Management* .2021, vol. 292, 12 p. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112767>.

11. Krasilnikov A. E. Influence of the Vostochny section on surface and groundwater. *Science way*. 2014, no. 2, pp. 108–110. [In Russ].
12. Cherkasov V. G. Development of resource-saving technologies for closed water supply systems of transport and processing complexes using new generation equipment. *Questions of theory and practice in construction and mining*. Chita: Izd-vo ZabGU. Vseros. nauch-prakt.konf. (Chita, 11 – 13 dekabrya 2018 g.). 2018, pp. 55–64. [In Russ].
13. Kislyakov V. E. Creation of resource-saving and environmentally friendly technologies in the development of placer deposits. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2009. 1997, no. 5, pp. 117–119. [In Russ].
14. Karavaeva T. I., Tihonov V. P. Methodological foundations of the use of natural and man-made systems for wastewater treatment. *Bulletin of Perm University*. 2018, vol. 17, is. 2, pp. 187–194. [In Russ].
15. Kostromin M. V., Dostovalov V. V. Waste water treatment technology of dredge developments. *Bulletin of ChitSU*. 2015, no. 8, pp. 18–22. [In Russ].
16. Banshchikova T. S., Leonenko N. A., Alekseev V. S. Physical-and-chemical methods of finely-dispersed gold recovery from legacy placer gold in the Amur river region. *Obogashchenie Rud*. 2017, vol. 6, pp. 32–37. DOI: 10.17580/or.2017.06.06.
17. Zelinskaya E. V., Talgamer B. L., Kiselyova M. A., Makhnev A. N., Cherkasov R. G. Development of recommendations on environmental protection measures for the draining method of processing sands of the Irelyakh river deposit. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2009, no. S15. — pp. 247–256. [In Russ].
18. Subbotin Yu. V., Oveshnikov Yu. M., Avdeev P. B. Dredge water supply and process water treatment during the development of the “Srednaya Borzya” placer. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 2, pp. 58–68. DOI: 10.25018/0236 – 1493 – 2019 – 02 – 0-58 – 68 [In Russ].
19. Lichaev V. R., Esenovskaya L. N., Chikin Yu. M. Guidelines for the selection and design of water supply systems, wastewater disposal and methods of water treatment in the development of placer deposits. Irkutsk, Irkutsk University Publ., 1990, 160 p. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Мурзин Николай Владимирович*¹ – младший научный сотрудник научно-исследовательской части, <https://orcid.org/0000-0002-6833-7860>, e-mail: murzinnv@istu.edu;
*Тальгамер Борис Леонидович*¹ – докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых, <https://orcid.org/0000-0003-1201-2693>, e-mail: talgamer@istu.edu;

¹ ИРНИТУ, 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, д 83, Россия.

Для контактов: *Мурзин Николай Владимирович*, e-mail: murzinnv@istu.edu.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Murzin N. V.*¹, Junior Researcher of Research Unit, <https://orcid.org/0000-0002-6833-7860>, e-mail: murzinnv@istu.edu;

*Talgamer B. L.*¹, Dr. Sci. (Eng), professor, Head of Department, <https://orcid.org/0000-0003-1201-2693>, e-mail: talgamer@istu.edu;

¹ INRTU, 664074, Irkutsk, Lermontova st. 83, Russia.

For contacts: *Murzin N. V.*, e-mail: murzinnv@istu.edu.

Получена редакцией 01.10.2021; получена после рецензии 29.03.2022; принята к печати 10.04.2022.

Received by the editors 01.10.2021; received after the review 29.03.2022; accepted for printing 10.04.2022.

