ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2020;(5):40-53
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.3.002.68:504:002.01:621.2 DOI: 10.25018/0236-1493-2020-5-0-40-53

ГЕОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩА «КОО ПРЕДПРИЯТИЯ ЭРДЭНЭТ»

В.В. Мосейкин[1], М.С. Харитонова[2]

[1] ГИ НИТУ «МИСиС», Москва, Россия, e-mail: moseykin@inbox.ru
[2] ОАО «РЖД», Москва, Россия

Аннотация: Хвостохранилища — намывные техногенные массивы горнопромышленных отходов — одни из наиболее крупных объектов по объему, площади, степени и времени негативного воздействия на окружающую среду. Вместе с тем они являются важными источниками восполнения ресурсной базы действующих горно-обогатительных и горно-металлургических предприятий. Представлены результаты инженерно-геологического районирования хвостохранилища с определением зон промышленной разработки хвостов предприятия «Эрдэнэт». Для этих зон предложена схема предварительного обогащения хвостов (по гидравлической крупности частиц) с учетом опыта гидромеханизированных работ по отделению частиц осадков крупнее 0,07 мм водопроводных станций города Москвы. Для зоны, не имеющей промышленного интереса по причине незначительного содержания металлов в хвостах, составляющей около 50% площади хвостохранилища, предложена схема удаления пылящих пляжей землесосным снарядом с укладкой грунта под воду.

Ключевые слова: намывные техногенные отложения, гидравлическая крупность частиц хвостов, инженерно-геологическое районирование хвостохранилища, гидромеханизация, технологические схемы.

Для цитирования: *Мосейкин В.В., Харитонова М.С.* Геолого-экологические и ресурсосберегающие аспекты исследований хвостохранилища «КОО Предприятия Эрдэнэт» // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 5. – С. 40–53. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-5-0-40-53.

Geological, ecological and resource-saving surveys of tailings storage facilities of Erdenet Mining Corporation

V.V. Moseykin[1], M.S. Kharitonova[2]

[1] Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, Russia, e-mail: moseykin@inbox.ru
[2] JSC Russian Railways, Moscow, Russia

Abstract: Tailings storage facilities—the man-made waste aggradations—are the objects featuring the largest volume and area, as well as the highest rate and time of the environmental impact. At the same time, they are a considerable source of resources for operating mining, processing and metallurgical plants. This article presents the geotechnical zoning results with identified zones suitable for the commercial development in the tailings storage area of Erdenet

© В.В. Мосейкин, М.С. Харитонова. 2020.

Mining Corporation. For these zones, a pre-treatment circuit is proposed (by hydraulic diameter of particles) with regard to the experience of jetting for separating particles larger than 0.07 mm at the waterworks in Moscow. For the zone beyond commercial interest due to low metal content of tailings, making 50% of the tailings storage area, it is suggested to remove dusting beaches by a suction dredge, with soil placement under water.

Key words: man-made waste aggradations, hydraulic diameter of tailings particles, geotechnical zoning of tailings storage area, jetting, process circuits.

For citation: Moseykin V. V., Kharitonova M. S. Geological, ecological and resource-saving surveys of tailings storage facilities of Erdenet Mining Corporation. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(5):40-53. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-5-0-40-53.

Введение

Укладка отходов горного производства гидравлическим способом создает зоны, неоднородные по вещественному составу, гранулометрическому строению и плотности. Исследования вещественного и гранулярного состава хвостов и инженерно-геологическое районирование хвостохранилища позволили выделить пляжную, промежуточную и прудковую зоны. Были предложены технологические решения для освоения как техногенного месторождения пляжной и промежуточной зон, а также разработана гидромеханизированная технология борьбы с пылением и технология углубления хвостохранилища, увеличения его приемной емкости за счет перекладки пылящих участков. Разработана методика предварительного обогащения медно-молибденовых хвостов. Типизация хвостохранилищ как намывных техногенных массивов (НТМ) направлена на повышение эффективности их изучения, формирования и использования в дальнейшем в качестве источников нетрадиционного минерального сырья либо экологически опасных объектов.

Вопросы типизации НТМ с различных позиций рассмотрены в ряде работ Г.А. Нурока, Б.А. Волнина, В.А. Мелентьева, А.М. Гальперина, Ю.И. Кутепова, И.М. Ялтанца и др. [1—6]. Состав, состояние и эффективность формирования хвостохранилищ определяются: физико-географическими, геолого-минералогическими, инженерно-геологическими, технологическими и экологическими факторами. Установлено, что важнейшая роль в формировании качественно-структурной неоднородности объекта принадлежит технологическим факторам. Рассмотрены современные представления о конструктивных элементах, технологиях формирования и принципах типизации техногенных массивов [5—7]. Определено понятие объекта исследований НТМ с позиций назначения, геолого-промышленной значимости и экологической опасности [4, 8—11].

По сложности внутреннего строения, обусловленной качественно-пространственной, вещественной и гранулометрической дифференциацией отходов, хвостохранилища относятся к сложным объектам. В их строении выделены две особенности: первая — наличие отчетливо выраженного тренда по гранулярному составу, обусловленного технологией намыва массива; вторая — формирование сложных структур распределения компонентов [12, 13], связанное с процессами намыва и миграции химических элементов и их соединений в массиве.

Выделены две категории намывных техногенных массивов: первая — сформированные и формируемые на основе традиционных требований к складированию, регламентированные технико-технологическими параметрами скла-

дирования, т.е. без последующего освоения. Вторая — спроектированные с учетом качества складируемых отходов, формируемые целенаправленно, с обоснованием оптимальных геолого-технологических параметров технологии последующей переработки.

Анализ многочисленных научно-исследовательских работ по состоянию проблемы утилизации горнопромышленных отходов показал, что существует возможность и экономическая целесообразность их освоения как видов минерального сырья. Вместе с тем, в масштабах РФ и за рубежом проблема их промышленного освоения еще далека от разрешения.

Целью настоящей работы являлись геолого-экологические и ресурсосберегающие исследования техногенных отложений ГОКа «Эрдэнэт» для перекладки хвостов зон пылящих пляжей и обогащения хвостов зон, имеющих промышленный интерес как техногенное сырье. Извлечение хвостов и содержащихся в них полезных компонентов из объекта обеспечивается применением гидроклассификации в сочетании с земснарядной отработкой техногенных отложений.

Характеристика хвостохранилища предприятия Эрдэнэт

Монголо-Российское «Предприятие Эрдэнэт» (ГОК Эрдэнэт) разрабатывает медно-молибденовое месторождение «Эрдэнэтийн Овоо», его главной целью является получение медно-молибденового концентрата. В структуру ГОКа входит обогатительная фабрика (ОФ) и хвостохранилище, которое обеспечивает ОФ водой и принимает конечный остаток переработки руд — хвосты. Хвостохранилище находится в 10 км на запад от г. Эрдэнэт и в 5—10 км на север от главного корпуса ОФ.

Строительство хвостохранилища осуществляется в долине р. Зуна гол, расположенной среди горных сопок. Перепад высот между абсолютными высотными отметками главного корпуса ОФ (1318,50 м) и долиной реки (1205,4 м) составил 113,1 м, что позволяет в течение длительного периода использовать самотечную систему транспортировки пульпы.

За период эксплуатации хвостохранилища намывная дамба достигла высоты 95 м, а в его объеме накоплено 617,07 млн т хвостов.

По данным проведенной съемки хвостохранилища по состоянию на ноябрь 2016 г. его параметры составляли:

- площадь хвостохранилища — 17,66 км^2;
- площадь намывного пляжа — 13,03 км^2;
- площадь отстойного пруда — 4,63 км^2;
- отметка отстойного пруда — 1288,22 м;
- длина пляжа (средняя) — 3268 м;
- заложение низового откоса — 1:5,8;
- отметки намывного пляжа по длине — 1295,45—1298,90.

Максимальная мощность хвостовых отложений составляет ~96 м.

На объекте ведется постоянный мониторинг безопасности намывной дамбы:

- по результатам летнего и зимнего складирования хвостов составляется исполнительная документация — план и разрезы по намывным пляжам;
- производится ежедневный контроль уровня воды в пруде и ежемесячный в пьезометрах;
- ежемесячное построение в 7 створах положения кривой депрессии в теле намывной дамбы по данным замеров в пьезометрах;
- составляется ежемесячный баланс воды хвостохранилища;
- регулярный отбор проб оборотной воды из отстойного пруда и из фильтрационных каналов № 1 и № 2;

• ведется наблюдение за фильтрацией из хвостохранилища в нижнем бьефе. По водомерному «посту» определяется фильтрационный расход дренажной канавы намывной дамбы;

• два раза в год производятся контрольные наблюдения за вертикальными осадками и горизонтальными смещениями намывной дамбы.

Хвостовое хозяйство ОФ ГОКа имеет комплекс гидротехнических сооружений, включающий системы: гидротранспорта и гидравлической укладки хвостов, сооружений складирования хвостов, сооружений оборотного водоснабжения, сооружений охраны окружающей среды; а также мониторинговые станции наблюдений за состоянием дамбы и дренажные сооружения дамбы.

Система сооружений складирования хвостов состоит из:

• первоначальной насыпной плотины;
• намывной дамбы;
• отстойного пруда;
• распределительных пульповодов;
• водосборных сооружений.

Намывная дамба хвостохранилища возводится в процессе укладки хвостов в хвостохранилище. Наращивание емкости хвостохранилища выше пионерной плотины осуществляется путем формирования из хвостовых песков дамб обвалования высотой около 5 м каждая и последующей их обсыпки скальным грунтом мощностью 1 м.

Хвосты, имеют следующий гранулометрический состав: больше 0,2 мм — 10,65%; 0,2—0,074 мм — 24,34%; меньше 0,074 мм — 65,01%. Их складирование производится по одной из трех ниток распределительных пульповодов диаметром 1220х10 мм.

Инженерно-геологическое районирование НТМ

Инженерно-геологическое районирование позволяет сравнивать участки намывного массива и определять вид и сроки их дальнейшего использования.

Районирование хвостохранилища представляет собой выделение в пределах исследуемых территорий однородных в инженерно-геологическом отношении таксонометрических единиц определенного уровня [4, 5]. Материалы инженерно-геологического районирования территории хвостохранилища обеспечивают решение следующих задач:

• определение зон пылящих пляжей с частицами <0,01 мм;

• определение зоны промышленной переработки хвостов;

• увеличение вместимости действующих сооружений;

• подготовку намывных территорий для их дальнейшего использования.

Уклон пляжа намыва зависит от гранулометрического состава грунта, плотности частиц (гидравлической крупности), консистенции и удельного расхода

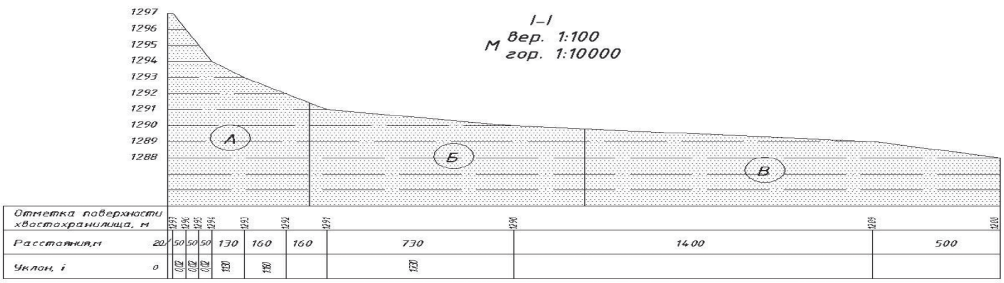

Рис. 1. Продольный разрез по линии I-I по зонам А, Б, В
Fig. 1. Lengthwise section along line I–I in zones A, B and C

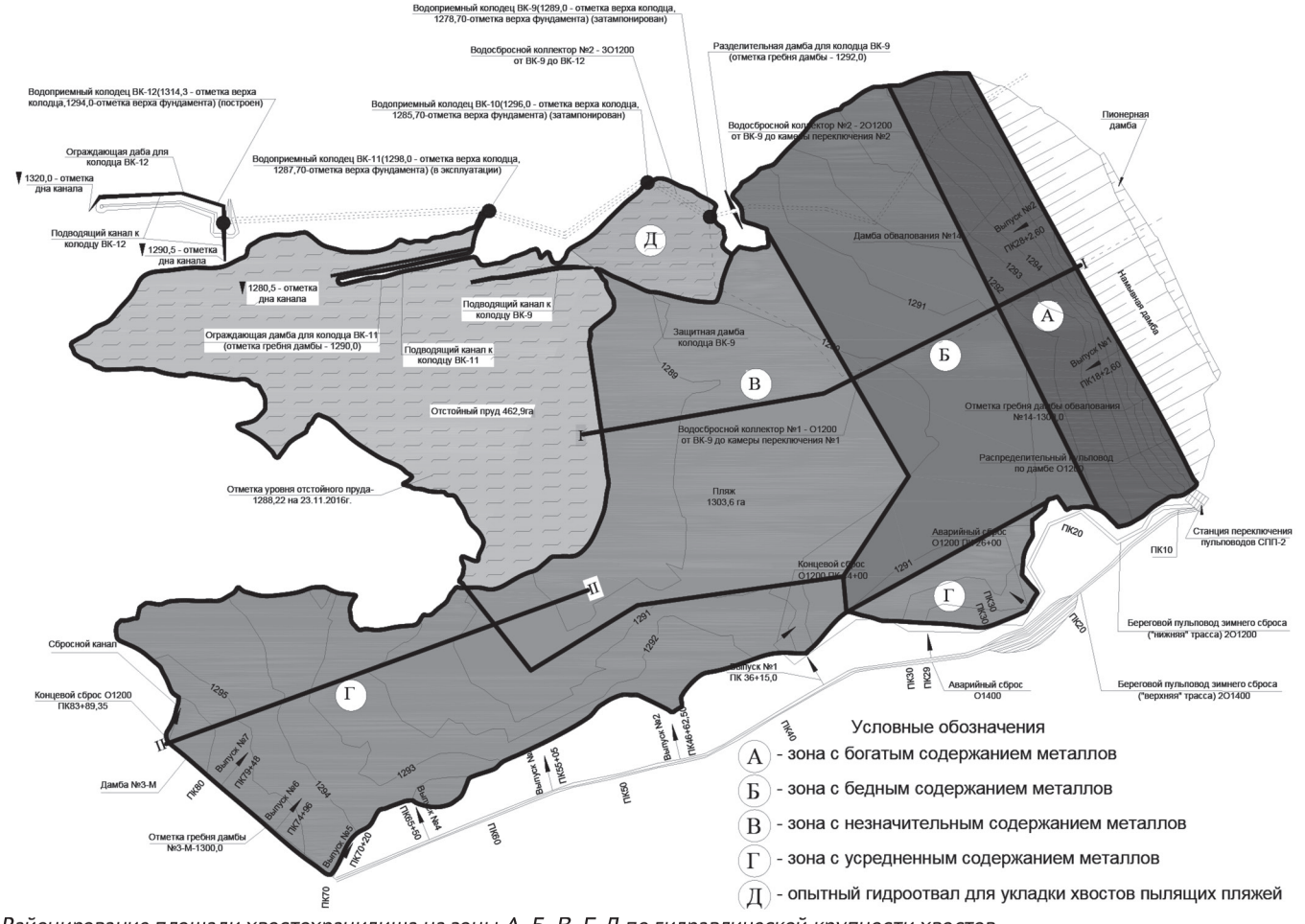

Рис. 2. Районирование площади хвостохранилища на зоны А, Б, В, Г. Д по гидравлической крупности хвостов
Fig. 2. A, B and C zoning of tailings storage area by hydraulic diameter of particles

гидросмеси. С возрастанием крупности и плотности (гидравлической крупности), а также консистенции, уклон увеличивается и уменьшается с увеличением удельного расхода. На разрезе I-I (рис. 1) представлен уклон пляжа при намыве хвостов из выпусков диаметром 200 мм.

Автором был рассмотрен участок хвостохранилища, намываемый с ограждающей дамбы из выпусков и приведено его инженерно-геологическое районирование. Определены зоны: зона А с богатым содержанием металлов, зона Б с бедным содержанием металлов, зона В с незначительным содержанием металлов, не представляющая промышленного интереса.

На рис. 2 показаны площади зон А, Б, В, Г, Д однородные по инженерно-геологическим показателям: зона А — зоны с богатым содержанием металлов, зона Б — зона с бедным содержанием металлов, зона В — зона с незначительным содержанием металлов. Зоны определялись в зависимости от уклона поверхности хвостов и по объекту аналогу аварийному хвостохранилищу Оленегорского ГОК.

Борьба с пылением пляжных зон хвостохранилища

Главным источником загрязнения воздушного бассейна района Эрдэнэт твердыми частицами является белая пыль хвостохранилища, которая состоит из различных химических соединений и тяжелых металлов. В районе весной и осенью происходит увеличение скорости ветра достигая в среднем 5,1 м/с. Мак-

Таблица 1

Содержание химических элементов в хвостах (число частиц на 1 млн)
Content of chemical elements in tailings (ppm)

Элемент	Образец с берега (СРК)	Образец из трубы (СРК)	Эрдэнэт
As	100	130	–
Zn	100	150	50
Pb	40	50	50
Fe	15 200	16 250	35 000
Mn	100	80	30
Cu	2000	100	1800
Sn	40	19	–
Mo	93	73	1000
Sb	22	23	100
Cd	4	3,6	–
Ni	9,6	39	10
Co	310	360	20
Cr	30	22	–
V	30	40	50
Ti	25	4	–
SiO_2	–	–	68%
Прочие примеси	–	–	30%

симальная скорость ветра около 20 м/с, может наблюдаться в марте, апреле или сентябре.

Преобладающие направления ветра северо-западные (42%), северного (16%) и северо-восточные (10%) следуют через пространство хвостовой дамбы вниз по направлению топографического градиента долины р. Хангалын гол в направлении юго-восточнее 25 км.

Наряду с усилением ветра, весной преобладает сухая погода, которая благоприятствует уносу пыли из пляжа хвостохранилища. Гранулометрический анализ хвостовой пыли показывает, что 76% составляет частицы <0,008 мкм и до 30% частиц оцениваются размером <0,01 мкм. Весь этот осадок, как предполагается, может уноситься в виде пыли при ветрах со скоростью выше 5 м/с. Унос пыли с верхнего слоя хвостового пляжа является главной проблемой загрязнения воздушного бассейна города и прилегающей местности. В пляжной пыли, конечно, содержатся и тяжелые металлы, но их концентрация в воздухе незначительна. Компания Стефан Робертсон Кирстен (СРК) определила количество частиц различных элементов и кремнезема (табл. 1), содержащихся в хвостах.

Эксплуатацией хвостохранилища сформированы большие пляжи, длиной более 3 км и общей площадью 1300 га. При сильных ветрах сухие отложения пляжной и промежуточной зон образуют пылевые облака, достигающие привокзального комплекса, расположенного в 2 км от дамбы.

Для борьбы с пылением пляжа были рассмотрены три варианта:

- уменьшение пылящих поверхностей;
- увлажнение сухих хвостов пляжной зоны;
- различные покрытия хвостов пляжной зоны от синтетических материалов до битумных эмульсий.

Предприятие считает, что наиболее простым и надежным способом борьбы с пылением является уменьшение пылящих поверхностей. Это достигается повышением уровня воды в пруде и затоплением сухих пляжей. Увлажнение таких больших территорий технически сложно и приводит к большим потерям воды на испарение. Покрытие пылящих поверхностей различными пленками малоэффективно, т.к. на следующий год пленка будет замыта хвостами и покрытие необходимо будет полностью возобновлять. «Предприятие Эрдэнэт» рекомендует комбинацию — поднятие уровня пруда и сокращение пылящих поверхностей за счет покрытия их битумной эмульсией или других покрытий.

Пылеподавление механическим способом — увлажнением поверхности для использования на хвостохранилищах ряда предприятиях нельзя отнести к высокоэффективным из-за большого расхода воды, а при высыхании процесс пылеуносов возобновляется с 50 до 1230 г/м^2 [14].

Гидромеханизированная разработка поверхности хвостохранилища

Для борьбы с пылением предложена гидромеханизированная разработка поверхности хвостохранилища в зоне В с содержанием пылинок размером меньше 0,01 мм. Территория зоны пылящих пляжей установлена инженерно-геологическими изысканиями. Разрабатываемые земснарядами пылящие хвосты укладываются в опытный гидроотвал, расположенный на борте хвостохранилища. Для укладки пылящих хвостов, рассматривается также участок прудка-отстойника, отгороженный дамбой. Укладка производится под воду, с последующей горнотехнической рекультивацией гидроотвала. Режим работы включает: залив гидроотвала пульпой (12—16 ч); допол-

Таблица 2

Техническая характеристика земснаряда ЗДЭК 700-40 с землесосом Гр 1600-25
Specifications of dredge ship ZDEK 700-40 with suction dredge Gr 1600-25

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество
1	2	3	4
1	Производительность по гидросмеси	$м^3/ч$	1600
2	Минимальная глубина разработки	м	1,5
3	Максимальная глубина разработки	м	8,0
4	Осадка в рабочем состоянии	м	0,86
5	Высота земснаряда от уровня воды	м	6,2
6	Грунтовый насос		
	марка		ГрУТ-1600-25
	подача	$м^3/ч$	1600
	напор	м	25
7	Мощность	Квт	235
8	Стоимость (на май 2016 г.)	млн руб	18,5

нительное осаждение хвостов <0,01 мм (12 — 6 ч); сброс осветленной воды из гидроотвала (2 ч). По опыту очистки Z-образного отстойника Восточной станции г. Москва [15].

Технологические требования к земснаряду:

- обладать целевой функцией — обеспечение стабильной производительности по максимальному значению;
- подводная мощность разрабатываемого слоя 2,5 — 1,0 м;
- минимальная осадка земснаряда до 1,0 м;
- иметь высокоэффективное грунтозаборное устройство, которое будет представлять шнековой рыхлитель с принудительной подачей хвостов в всасывающее отверстие трубопровода;
- иметь дизель-электрический привод.

В работе рассмотрены два типа земснарядов: 200-50 БК и ЗДЭК 70-40 (Земснаряд Дизель-Электрический Катамаранный) с землесосом Гр 1600-25, рекомендованные заводом ОАО «Промгидромеханизация». Техническая характеристика земснаряда ЗДЭК 700-40 с землесосом Гр 1600-25 приведена в табл. 2.

За годовую производительность земснаряда определяем площадь пылящих пляжей, удаляемую определенным типом земснаряда. Подводный забой земснаряда 700/40 с землесосом Гр 1600 25 — 1,5 м. Площадь пылящих пляжей удаляемых земснарядов 700/40 составит 680 : 2,25 = 302 тыс. $м^2$ (30,2 га).

Учитывая, что стоимость земснаряда 700/40 в 2,5 раза ниже стоимости земснаряда 200-50БК, принимаем для работы земснаряд ЗДЭК 700/40 с землесосом Гр 1600-25.

Положительными факторами выбора земснаряда ЗДЭК-700/40 являются:

земснаряд блочной конструкции с болтовым соединением, монтаж (демонтаж) составляет 3 — 5 сут.;

вес земснаряда ЗДЭК 700/40 составляет 40 т, что позволяет перемещать в зимний период на берег с помощью бульдозера [16].

Земснаряд данного типа успешно работал в системе треста «Сургутнеф-

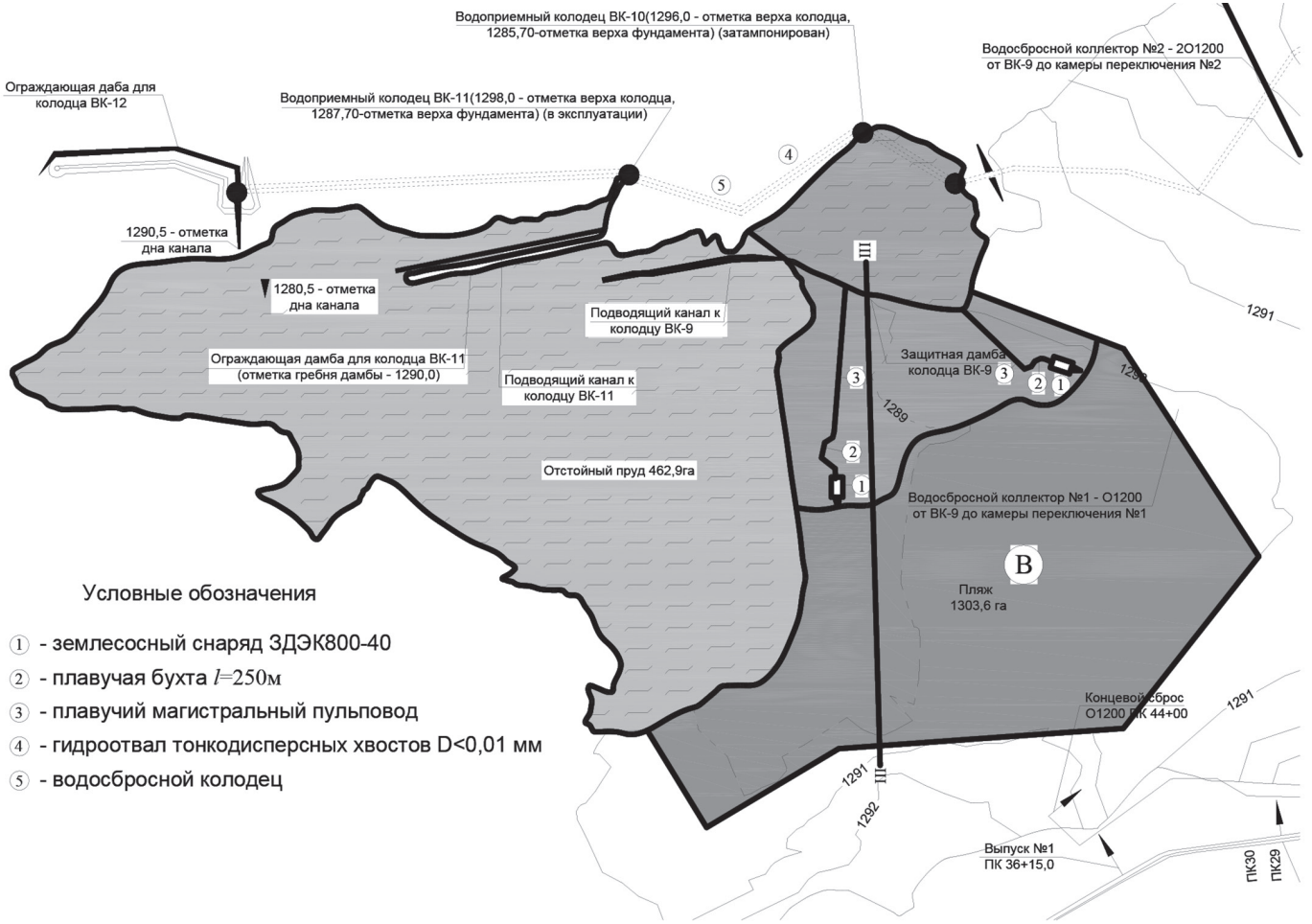

Рис. 3. Технологическая схема по удалению пылящих пляжей
Fig. 3. Process circuit of dusting beach removal

теспецстрой» ОАО «Сургутнефтегаз». Для локального пылеподавления на палубе земснаряда устанавливаем гидромонитор с использованием водяного насоса, предназначенного для гидравлического рыхления.

На рис. 3 представлена технологическая схема по удалению пылящих пляжей.

Разработка схемы предварительное обогащение хвостов зон А и Б

С геолого-промышленной точки зрения хвостохранилище ГОКа Эрдэнэт рассматривается, как техногенное месторождение, подлежащее повторной разработке [15]. Гидромеханизированная укладка хвостов осуществляет первичное обогащение тяжелой фракции, представленной металлами в верхней части пляжа. Особенно интенсивно процесс обогащения происходит при намыве из выпусков с малым расходом пульпы. В хвостохранилище ГОКа Эрдэнэт определены зоны промышленной разработки А, Б и зона В, не представляющей промышленный интерес, составляющей примерно 50% объема хвостов (рис. 3).

Техногенные отложения ГОКа сложены легкими фракциями песков SiO_2 (плотностью — γ = 2,65 г/см^3) и примесями (γ = 4 г/см^3), а также тяжелыми фракциями (γ = 7,1 — 11,34 г/см^3) в том числе медь(γ = 8,94 г/см^3).

По данным предприятия «Эрдэнэт» коллективный концентрат первой очистки и промпродуктов до измельчаются до 82% класса минус 0,074 мм (медь), хвосты молибденового цикла до 80% класса минус 0,044 мм. Содержание меди в руде — 0,96 — 0,84%.

Гидравлическая классификация частиц хвостов

Гидравлическая классификация используется при фракционировании природных и искусственных песков обогащения с целью удаления илистых и пылеватых частиц, а также для выделения гравия из песчано-гравийной массы [3, 6].

Классификация может осуществляться в горизонтальном или вертикальном (восходящем) потоке воды. Скорость потока выбирают в соответствии с заданной граничной крупностью.

Интерес представляют совместные разработки кафедры геологии МГИ и ПИИ «Экопроект» по классификации осадка водопроводных станций г. Москва [15].

Гидромеханизированные технологии предусматривались для очистки площадей и водоемов от техногенных отложений и подачи их в цех механического обезвоживания осадка (ЦМОО) в круглогодичном режиме с определенной производительностью и ограниченной крупностью частиц менее 0,07 мм поступающих в ЦМОО, для разработки и транспортировки техногенных отложений использовались земснаряды различных типов.

Для отделения песка крупностью более 0,07 мм применялись песколовки (гидросортировки горизонтального типа), представляющие собой две емкости, оборудованные водосбросом с тонкой стенкой или водосбросным колодцем [16].

Пульпа от земснаряда поочередно подавалась в емкости. Песчаные частицы крупностью более 0,07 мм оседали в песколовках, а облегченная пульпа через водосброс попадала в зумпф перекачивающей станции и далее по трубам в ЦМОО. Песок из песколовок разрабатывался экскаватором и вывозился автотранспортом на полигон.

Геометрические размеры емкостей и конструкция водосброса определялись расчетами высоты переливающегося слоя и гидравлической крупности частиц.

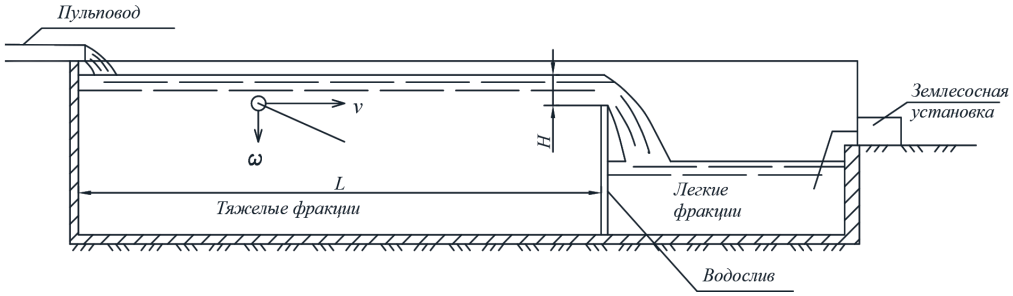

Рис. 4. Схема уловителя частиц в горизонтальном потоке воды
Fig. 4. Layout of particle trap in horizontal water flow

Опыт работы различных гидромеханизированных обьектов показал, что применения гидравлических способов разделения гидросмеси на группы с различным содержанием легких и тяжелых частиц представляет большой практический интерес.

Гидроклассификация в горизонтальном потоке воды частиц хвостов описывается уравнением траектории движения частиц в уловителе:

$$\frac{dx}{dy} = \frac{v}{\omega}, \qquad (1)$$

где v — средняя скорость потока; ω — гидравлическая крупность частиц; x — длина уловителя L; y — высота переливающего слоя водослива с тонкой стенкой H.

Схема уловителя частиц в горизонтальном потоке воды показана на рис. 4.

Расчетная формула водослива с тонкой стенкой (водосбросного колодца):

$$Q = ml\sqrt{2g} \cdot H^{3/2}, \qquad (2)$$

где Q — расход пульпы, м³/с; l — водосливной фронт, м; $\sqrt{2g} - \sqrt{2 \cdot 9{,}81} = 4{,}43$; m = 0,38 — коэффициент расхода [3].

Таким образом, предложена гидромеханическая техническая схема по удалению пылящих пляжей с укладкой в гидроотвалы, расположенные на борту хвостохранилища под воду. В работе также рассмотрен вариант укладки легких фракций хвостов в часть прудка-отстойника, отгороженного дамбой с затампонированным колодцем. Рассмотрен и произведен выбор гидромеханического оборудования земснаряда типа ЗДЭК 700/40 с землесосом Гр 1600-25, рекомендованный заводом ОАО «Промгидромеханизации».

Заключение

На основе комплекса исследований свойств горнопромышленных отходов хвостохранилища ГОКа «Эрдэнэт»: химического, минерального и гранулометрического состава хвостов, их плотности, диаметра частиц, гидравлической крупности частиц хвостов, выявлена пространственно-качественная структура объекта, как НТМ.

Выполнено и проанализировано инженерно-геологическое районирование хвостохранилища, с выделением зон А, Б и В, которые рекомендуются для различного освоения. Зоны А и Б отнесены соответственно к пляжной и промежуточной зонам НТМ. Хвосты зона А — с богатым содержанием металлов, зоны Б — с бедным содержанием металлов представляют интерес для введения гидромеханизированной технологии обогащения хвостов, а хвосты зона В — с незначительным содержанием металлов предлагается удалять с пылящих поверхностей зоны. Для этого была рассмотрена гидромеханизированная техническая схема по удалению пылящих частиц пляжей с укладкой хвостов под воду в

гидроотвалы, расположенные на борту хвостохранилища.

В работе предложен вариант укладки в часть прудка-отстойника, отгороженного дамбой с затомпонированным колодцем. Рассмотрен и произведен выбор гидромеханического оборудования земснаряда типа ЗДЭК 700/40 с землесосом Гр 1600-25, рекомендованный заводом ОАО «Промгидромеханизации».

Обоснована возможность использования техногенных отложений хвостохранилища ГОКа «Эрдэнэт» для решения практических задач. Первая задача — борьба с пылением зон хвостохранилища, путем перекладки хвостов в прудковую зону и в опытный гидроотвал с уменьшение площадей пыления с применением при перекладке природоохранной гидромеханизированной технологии.

Вторая задача — обогащение хвостов гидромеханизированным способом. Результат ее — выполнение отмыва основного количества легких фракций, представленных глинисто-песчаными частицами и примесями, а в металлической емкости — уловителе будет получен обогащенный материал, в основном состоящий из металлов, в том числе и меди. Содержание меди в предварительно обогащенных хвостах 0,95 — 0,85 соответствует содержанию меди в руде 0,96 — 0,084%.

Гидромеханизированная разработка и переработка техногенных отложений хвостохранилища ГОКа «Эрдэнэт» позволит частично решить проблему ресурсосбережения предприятия и уменьшить загрязнение окружающей среды применением гидромеханизации для борьбы с пылящими зонами объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нурок Г. А.* Процессы и технологии гидромеханизации открытых горных работ. — М.: Недра, 1979. — С. 550.

2. *Волнин Б. А.* Технология гидромеханизации в гидротехническом строительстве. — М.: Энергия, 1965. — С. 19 — 23.

3. *Мелентьев В. А. Волнин Б. А.* Намывные гидротехнические сооружения. — М.: Энергия, 1973. — С. 140 — 155.

4. *Гальперин А. М., Ферстер В., Шеф Х.-Ю.* Техногенные массивы и охрана природных ресурсов: в 2 т. Т. 1. Насыпные и намывные массивы. — М.: Изд-во МГГУ, 2006. — С. 174 — 328.

5. *Гальперин А. М., Кутепов Ю. И., Кириченко Ю. В.* и др. Освоение техногенных массивов на горных предприятиях. — М.: Изд-во «Горная книга», 2012. — С. 102 — 248.

6. *Ялтанец И. М., Леванов Н. И.* Справочник по гидромеханизации. — М.: Мир горной книги, 2008. — С. 675.

7. *Трубецкой К. Н., Уманец В. Н., Никитин М. Б.* Классификация техногенных месторождений, основные категории и понятия // Горный журнал. — 1989. — № 12. — С. 9 — 14.

8. *Monitoring* of tailings dams // ICOLD, Bui. 104, Paris, 1996, p. 84.

9. *Tailings* dams risk of dangerous occurrences // ICOLD, Bui. 121, Paris, 2001, p. 144.

10. *Nico G., Di Pasquale A., Corsetti M., Di Nunzio G., Pitullio A.* Use of an advanced SAR monitoring technique to monitor old embankment dams / Proceedings of the XII IAEG Congress, 2014, Vol. 6, pp. 731 — 737.

11. *Galperin A. M., Moseikin V. V., Kutepov Yu. I., Derevyankin V. V.* Assessment of state of water-saturated mine waste for the justification of engineering structure designs at open pit mines // Eurasian Mining. 2017. No 1. Pp. 6 — 9. DOI: 10.17580/em.2017.01.02.

12. *Малышев Ю. Н., Ряховский В. М., Банников В. Ф., Ряховская С. К.* Минералого-геохимические исследования — действенный инструмент совершенствования технологии переработки техногенных отходов // Горный журнал. — 2016. — № 1. — С. 73 — 76.

13. *Грановская Н. В.*, *Наставкин А. В.*, *Мещанинов Ф. В.* Техногенные месторождения полезных ископаемых. — Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2013. — 93 с. https://openedu.sfedu.ru/pub/2463.

14. *Пендюрин Е. А.*, *Смоленская Л. М.*, *Старостина И. В.* Исследование способов пылеподавления на пляжах хвостохранилища Лебединского ГОКа // Горный журнал. — 2016. — № 1. — С. 91—93.

15. *Шипика В. И.*, *Рямаев В. Н.*, *Мосейкин В. В.* Очистка водоемов Подмосковья от техногенных отложений гидромеханизированным способом // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2006. — СВ 4. — С. 366—370.

16. *Мосейкин В. В.*, *Горбатов Ю. П.*, *Хачатрян В. Д.* Особенности технологии гидротранспортной перекачки илов Захарковского карьера // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2006. — СВ 4. — С. 360—365. ГИАБ

REFERENCES

1. Nurok G. A. *Protsessy i tekhnologii gidromekhanizatsii otkrytykh gornykh rabot* [Processes and technologies of jetting in open pit mining], Moscow, Nedra, 1979, pp. 550.

2. Volnin B. A. *Tekhnologiya gidromekhanizatsii v gidrotekhnicheskom stroitel'stve* [Jetting technology in waterworks construction], Moscow, Energiya, 1965, pp. 19—23.

3. Melent'ev V. A. Volnin B. A. *Namyvnye gidrotekhnicheskie sooruzheniya* [Filled-up waterworks], Moscow, Energiya, 1973, pp. 140—155.

4. Gal'perin A. M., Ferster V., Shef Kh.-Yu. *Tekhnogennye massivy i okhrana prirodnykh resursov*: v 2 t. T. 1. Nasypnye i namyvnye massivy [Mining waste and protection of natural resources: in 2 vols. Vol. 1. Bulk and filled-up masses], Moscow, Izd-vo MGGU, 2006, pp. 174—328.

5. Gal'perin A. M., Kutepov Yu. I., Kirichenko Yu. V. *Osvoenie tekhnogennykh massivov na gornykh predpriyatiyakh* [Mining waste management at mines], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2012, pp. 102—248.

6. Yaltanets I. M., Levanov N. I. *Spravochnik po gidromekhanizatsii* [Handbook on jetting], Moscow, Mir gornoy knigi, 2008, pp. 675.

7. Trubetskoy K. N., Umanets V. N., Nikitin M. B. Mining waste classification, basic categories and definitions. *Gornyi Zhurnal*. 1989, no 12, pp. 9—14. [In Russ].

8. Monitoring of tailings dams. *ICOLD*, Bui. 104, Paris, 1996, p. 84.

9. Tailings dams risk of dangerous occurrences. *ICOLD*, Bui. 121, Paris, 2001, p. 144.

10. Nico G., Di Pasquale A., Corsetti M., Di Nunzio G., Pitullio A. Use of an advanced SAR monitoring technique to monitor old embankment dams. *Proceedings of the XII IAEG Congress*, 2014, Vol. 6, pp. 731—737.

11. Galperin A. M., Moseikin V. V., Kutepov Yu. I., Derevyankin V. V. Assessment of state of water-saturated mine waste for the justification of engineering structure designs at open pit mines. *Eurasian Mining*. 2017. No 1. Pp. 6—9. DOI: 10.17580/em.2017.01.02.

12. Malyshev Yu. N., Ryakhovskiy V. M., Bannikov V. F., Ryakhovskaya S. K. Mineralogical-and-geochemical research is an efficient tool for improvement of mining waste treatment technology. *Gornyi Zhurnal*. 2016, no 1, pp. 73—76. [In Russ].

13. Granovskaya N. V., Nastavkin A. V., Meshchaninov F. V. *Tekhnogennye mestorozhdeniya poleznykh iskopaemykh* [Man-made mineral deposits], Rostov-na-Donu, YuFU, 2013, 93 p. https://openedu.sfedu.ru/pub/2463.

14. Pendyurin E. A., Smolenskaya L. M., Starostina I. V. Review of dust suppression methods for beaches of tailings ponds at Lebedinsky Mining and Processing Plant. *Gornyi Zhurnal*. 2016, no 1, pp. 91—93. [In Russ].

15. Shipika V. I., Ryamaev V. N., Moseykin V. V. Removal of man-made depositions from water bodies in the Moscow Region by jetting. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2006. Special edition 4, pp. 366—370. [In Russ].

16. Moseykin V. V., Gorbatov Yu. P., Khachatryan V. D. Technological features of hydraulic transport pumping of silt from the Zakharov open pit. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2006. Special edition 4, pp. 360 – 365. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мосейкин Владимир Васильевич – д-р техн. наук, профессор,
ГИ НИТУ «МИСиС», e-mail: moseykin@inbox.ru,
Харитонова Мария Сергеевна – магистр техники и технологий,
ОАО «РЖД», e-mail: masha2506931@gmail.com.
Для контактов: Мосейкин В.В., e-mail: moseykin@inbox.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

V.V. Moseykin, Dr. Sci. (Eng.), Professor, e-mail: moseykin@inbox.ru,
Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia,
M.S. Kharitonova, Magister, e-mail: masha2506931@gmail.com,
JSC Russian Railways, Moscow, Russia.
Corresponding author: V.V. Moseykin, e-mail: moseykin@inbox.ru.

Получена редакцией 27.01.2020; получена после рецензии 24.03.2020; принята к печати 20.04.2020.
Received by the editors 27.01.2020; received after the review 24.03.2020; accepted for printing 20.04.2020.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

КРИТЕРИЙ СПИСАНИЯ ЭКСКАВАТОРОВ ПО НАКОПЛЕНИЮ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОСЛЕ ИСТЕЧЕНИЯ НОРМАТИВНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

(2019, № 12, СВ 42, 16 с.)

Насонов Михаил Юрьевич – д-р техн. наук, доцент, профессор, e-mail: nasonov-m@spmi.ru,
До Дык Чонг – аспирант, e-mail: ductrongiemm@gmail.com,
[1] Санкт-Петербургский горный университет.

Предложен метод оценки технического состояния экскаватора и необходимости его списания по уровню накопления повреждений в сварных швах металлоконструкций. Увеличение числа накопленных повреждений приводит к увеличению скорости роста трещин, возникающих в металлических конструкциях экскаваторов. При значительном увеличении скорости возможен ее рост до критического размера за срок меньший, чем осмотровый. Если в металлоконструкциях экскаваторов существует недопустимая скорость трещин, то он должен быть списан и заменен на новый.

Ключевые слова: экскаваторы, металлоконструкции, трещины, напряжения, списания.

CRITERION FOR DECOMMISSIONING EXCAVATORS TO ACCUMULATE DAMAGE AFTER THE EXPIRY OF NORMATIVE LIFE

M.Yu. Nasonov[1], Dr. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: nasonov-m@pers.spmi.ru,
Do Duc Truong[1], Graduate Student, e-mail: ductrongiemm@gmail.com,
[1] Saint-Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, Russia.

A method for evaluating the technical condition of the excavator and the need to write it off based on the level of damage accumulation in the welds of metal structures is proposed. An increase in the number of accumulated damages leads to an increase in the rate of growth of cracks that occur in the metal structures of excavators. With a significant increase in speed, it can grow to a critical size for a period less than the inspection. If there is an unacceptable crack rate in the metal structures of excavators, it must be written off and replaced with a new one.

Key words: excavators, metal structures, cracks, stresses, write off.