

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ИЛОНАКОПИТЕЛЕЙ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК ГИДРОЭЛЕВАТОРНЫМИ ЗЕМСНАРЯДАМИ

А. А. Корякин✉

ФБУ «Территориальный фонд геологической информации
 по Сибирскому Федеральному округу», г. Новосибирск, Российская Федерация
 ✉ rtn-kaa@mail.ru

Аннотация: Разработан методический подход к определению условий, обеспечивающих устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда при разработке хвостов обогащения. Определены условия устойчивой и безопасной работы гидроэлеваторного земснаряда при разработке хвостов обогащения. Разработан алгоритм расчета системы гидротранспорта, производительности и основных параметров этой технологии в зависимости от горнотехнических условий работы комплекса. Установлена производительность и зона использования гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М при разработке хвостов обогащения для каждого из технически возможных диаметров пульповода при различных горнотехнических условиях его эксплуатации – расстояний транспортирования гидросмеси и геодетической высоты ее подъема.

Ключевые слова: разработка угольных шламов, гидроэлеваторный земснаряд УГБ-2М, алгоритм расчета параметров, производительность, горнотехнические условия

Для цитирования: Корякин А.А. Обоснование параметров технологии очистки илонакопителей углебогатительных фабрик гидроэлеваторными земснарядами. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025;25(4):41-46. <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-4-41-46>.

SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE TECHNOLOGY OF PURIFICATION OF SILO ACCUMULATORS OF COAL-PROCESSING PLANTS BY HYDRAULIC ELEVATOR DREDGERS

A. A. Koryakin✉

Territorial Fund of Geological Information for the Siberian Federal District, Novosibirsk,
 Russian Federation
 ✉ rtn-kaa@mail.ru

Abstract: A methodological approach has been developed to determine the conditions that ensure the stable and safe operation of a hydraulic elevator dredger during the development of enrichment tailings. The conditions of stable and safe operation of a hydraulic elevator dredger during the development of enrichment tailings are determined. An algorithm has been developed for calculating the hydraulic transport system, performance and the main parameters of this technology, depending on the mining conditions of the complex. The productivity and the area of use of the UGB-2M hydraulic elevator dredger in the development of enrichment tailings for each of the technically possible diameters of the pulp duct under various mining conditions of its operation - the distances of transportation of the hydraulic mixture and the geodetic height of its lifting.

Keywords: development of coal sludge, hydraulic elevator dredger UGB-2M, algorithm for calculating parameters, productivity, mining conditions

For citation: Koryakin AA. Substantiation of the parameters of the technology of purification of silo accumulators of coal-processing plants by hydraulic elevator dredgers. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025;25(4):41-46. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-4-41-46>.

Введение

В настоящее время большое внимание потребителей уделяется качеству угольной продукции, что в значительной мере определяет увеличение доли обогащаемого угля [1–4] за счет введения в эксплуатацию обогатительных фабрик в Кузбассе. Одновременно с этим из-за повышения зольности добываемых углей и зачастую несовершенства технологии его извлечения из недр содержание мелких фракций в хвостах обогащения значимо возросло, а возможности эксплуатации существующих шламоотстойников являются недостаточными [4, 5].

В шламонакопители Кузбасса [6–8] уложено более 25 млн т отходов углеобогащения. Они загрязняют окружающую среду, занимают большие территории и рано или поздно после их заполнения шлам придется утилизировать.

В этой связи исследования по обоснованию технологии и оборудования для безопасной и эффективной разработки угольных шламов, намытых ранее в хвостохранилище, должны базироваться на передовом опыте разработки [9–13] и перемещения неконсолидированных пород способом гидромеханизации [14–16].

Анализ технологии и оборудования, которые применяются для разработки шламов из илонакопителей углеобогачительных фабрик, показал, что они не соответствуют свойствам разрабатываемых пород и малоэффективны. При этом научно обоснованных и четких рекомендаций до сих пор не предложено. Следовательно, обоснование технологии и технических средств для разработки шламов с целью их утилизации или захоронения является актуальной научно-практической задачей.

Целью работы является обоснование параметров гидромеханизированной технологии разработки и перемещения хвостов обогащения из илонакопителей углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов, работающих на трубопровод, который попеременно используется как пульповод и водовод.

Идея работы заключается в том, что безопасная технология разработки и перемещения хвостов обогащения из

иллонакопителей углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов для их утилизации или захоронения может быть эффективно реализована путем выбора их параметров, которые соответствуют горнотехническим условиям эксплуатации с учетом физико-механических свойств разрабатываемых шламов.

Полученные результаты и их обсуждение

На основании анализа взаимосвязи критериев, характеризующих горнотехнические факторы, и основных параметров процессов гидромеханизированной технологии очистки шламонакопителей [12–14, 17, 18] разработан методический подход к определению условий, обеспечивающих устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда при разработке хвостов обогащения (рис. 1).

Было установлено, что условиями, обеспечивающими устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда при разработке хвостов обогащения, являются:

1. Величина действительной скорости перемещения пульпы в трубопроводе V_d должна быть не меньше критической $V_{кр}$. Это условие исключает заиливание (закупорку пульповода), возможность гидравлического удара и аварии, при этом учитывает физико-механические свойства гидросмеси хвостов [12].

2. Подача (производительность) гидротранспортной установки должна определяться по месту пересечения характеристик пульповода, построенного для определенного расстояния перемещения и геодезической высоты подъема пульпы и земснаряда [18].

Это условие позволяет учитывать горнотехнические условия работы оборудования и возможности земснаряда, что гарантирует устойчивую работу комплекса.

В соответствии с разработанным методологическим подходом, включающим вышеперечисленные условия, на основании современных и проверенных методик расчета гидрокомплекса разработан алгоритм определения величины фактической подачи гидроэлеваторного земснаряда при разработке хвостов обогащения, с учетом физико-механических



Рис. 1. Схема взаимосвязи критериев горнотехнических условий и основных факторов технологических процессов технологии очистки шламонакопителей с применением земснаряда /

Fig. 1. The scheme of interrelation of criteria of mining conditions and the main factors of technological processes of technology of cleaning of sludge accumulators with the use of a dredger

свойств гидросмеси хвостов для различных расстояний перемещения пульпы и геодезической высоты ее подъема (рис. 2).

Разработанный алгоритм позволил определить параметры гидротранспорта методом построения характеристики

внешней сети, по точке пересечения которой с характеристикой земснаряда УГБ-2М определяем «рабочую точку» то есть фактическую его производительность для различных горнотехнических условий эксплуатации.

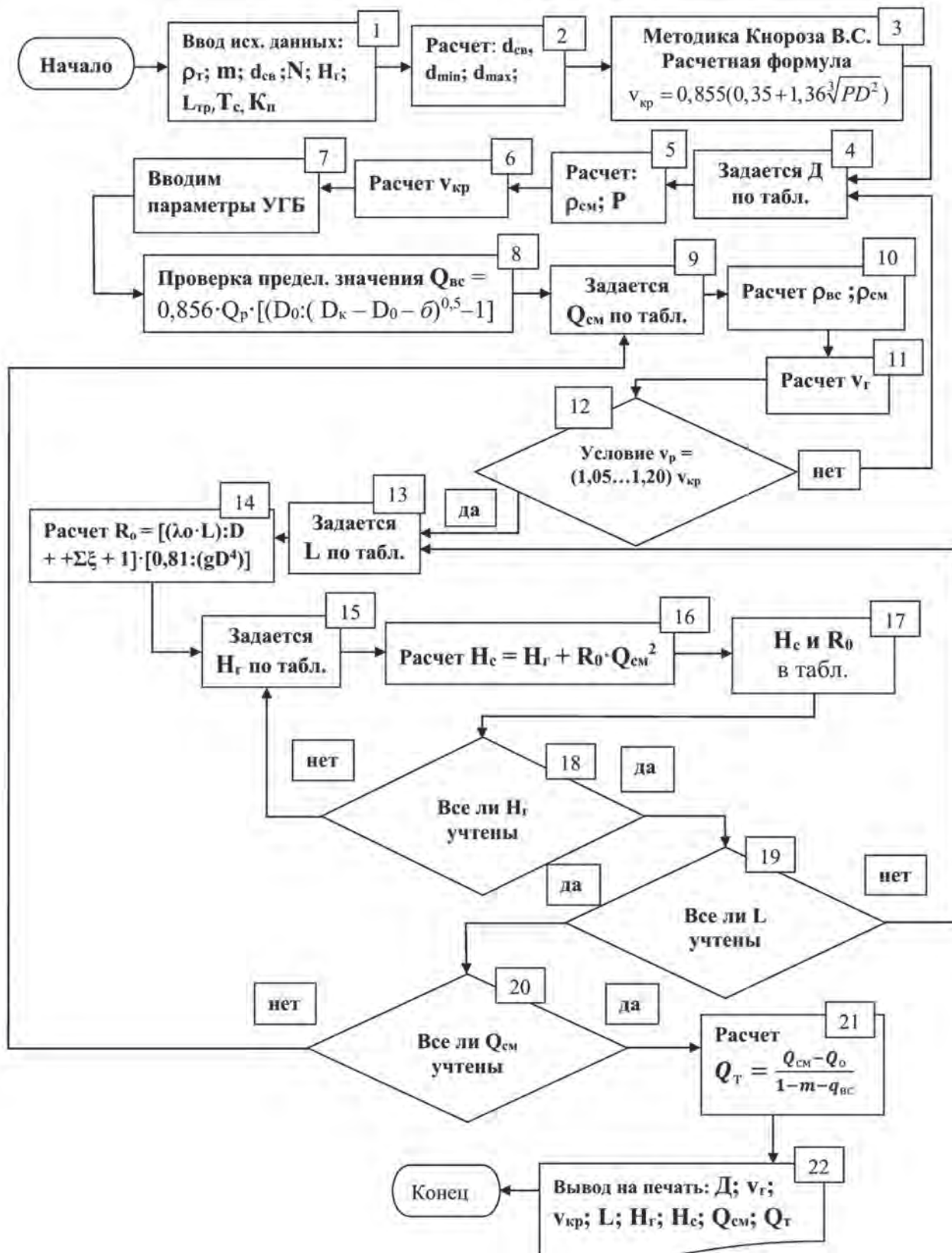


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета параметров системы гидротранспорта технологии очистки илонакопителя углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов и его производительности в зависимости от горнотехнических условий его работы / Fig. 2. Block diagram of the algorithm for calculating the parameters of the hydraulic transport system of the technology of cleaning the silo accumulators of coal-processing plants using hydraulic elevator dredgers and its performance depending on the mining conditions of its operation [16]

В результате расчета по алгоритму для условий ОФ «Черниговская» установлена совокупность значений фактической подачи земснаряда УГБ-2М при очистке илонакопителя, что позволило установить все технически возможные значения его производительности по твердому (шламу) при диаметрах пульповода 0,30; 0,35; 0,40; 0,45 м и расстояниях транспортирования гидросмеси от 300 до 2000 м при геодезической высоте подъема пульпы от 0 до 20 м. При этом часовая производительность по твердому (шламу) – диапазон изменения его производительности в пределах зоны технического использования, изменяется от 38,0 до 97,0 м³/ч.

Фактическая (эксплуатационная) производительность земснаряда УГБ-2М для конкретных условий может быть рассчитана по известной формуле

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{т}} \cdot N \cdot T_{\text{см}} \cdot n \cdot K_{\text{и}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{т}}$ – фактическая часовая производительность земснаряда по твердому, м³/ч;

N – количество рабочих дней за сезон для Кузбасса – 200–220 (принимая 210);

$T_{\text{см}}$ – время смены – 12 часов;

n – число смен работы в сутки – 2;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования земснаряда – 0,8.

Для условий ОФ «Черниговская», на основании рассчитанных по алгоритму значений величины часовой производительности по твердому (шламу) установлена совокупность значений эксплуатационной производительности земснаряда УГБ-2М при диаметрах пульповода 0,30; 0,35; 0,40; 0,45 м и расстояниях транспортирования гидросмеси от 300 до 2000 м при геодезической высоте подъема пульпы от 0 до 20 м (табл.).

Заключение

Предлагаемый методический подход к определению параметров системы гидротранспорта технологии очистки илонакопителя углеобогащительных фабрик с применением земснаряда, реализованный в разработанном алгоритме, позволил установить производительность установки УГБ-2М для каждого из технически возможных диаметров пульповода (от $D = 0,30–0,45$ м) при различных горнотехнических условиях его эксплуатации – расстояний транспортирования гидросмеси и геодезической высоты ее подъема. При этом соблюдены условия, обеспечивающие устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда. На основании произведенных расчетов фактически установлена зона технического использования гидроэлеваторных земснарядов УГБ-2М при разработке хвостов обогащения.

Устойчивая безаварийная работа эжекторного земснаряда УГБ-2М, исключая возможность заиливания трубопровода, обеспечивается в пределах расстояния транспортирования гидросмеси от 300 до 2000 м. Геодезической высота подъема гидросмеси $H_{\text{г}}$ не превышает значение 20 м. Величина сезонной производительности гидроэлеваторного снаряда УГБ-2М по шламу изменяется в диапазоне от 153 до 391 тыс. м³. Расчеты показали, что производительность земснаряда УГБ-2М при работе в условиях ОФ «Черниговская» обеспечит требуемую – 200 тыс. м³ за сезон.

Предложения по практическому применению

Установленные возможности гидроэлеваторного земснаряда позволяют обосновать рекомендации по совершенствованию работы водошламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ разреза АО «Черниговец» с целью повышения эффективности его работы.

Таблица / Table

Годовая (за сезон) производительность гидроэлеваторного снаряда УГБ-2М по твердому (шламу) /
Annual (per season) performance of the UGB-2M hydroelevator projectile on solid (sludge)

Д, м / D, m	L, м / L, m	Производительность УГБ-2М, Q _г ; тыс. м³/год / Capacity of UGB-2M, Q _г ; m³/year				
		H _г = 0 м	H _г = 5 м	H _г = 10 м	H _г = 15 м	H _г = 20 м
0,30	300	344	290	237	173	-
	600	246	204	-	-	-
0,35	300	-	-	349	277	-
	600	-	330	277	215	-
	1 000	306	251	212	153	-
	1 500	235	192	-	-	-
	2 000	179	-	-	-	-
0,40	300	-	-	-	313	-
	600	-	-	352	285	-
	1 000	-	358	299	229	-
	1 500	349	307	248	184	-
	2 000	307	260	206	-	-
0,45	300	-	-	-	360	277
	600	-	-	-	327	243
	1 000	-	-	369	293	218
	1 500	-	391	330	260	176
	2 000	-	352	290	229	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Суфиянов РШ, Каталымов АВ, Гольберг ГЮ. Экологический аспект основных направлений повышения эффективности ресурсосбережения в сфере топливпереработки. *Кокс и химия*. 2010; 2: 39-43. [Sufiyarov RSh, Katalymov AV, Golberg GYu. Ecological aspect of the main directions of increasing the efficiency of resource saving in the field of fuel processing. *Coke and Chemistry*. 2010; 2: 39-43. (In Russ.)].
2. Владимир Рашевский: «Обогащение угля – один из главных приоритетов стратегии СУЭК». *Уголь*. 2016; 8 (1085): 70. [Vladimir Rashevsky: «Coal enrichment is one of the main priorities of the SUEK strategy». *Coal*. 2016; 8 (1085): 70. (In Russ.)].
3. Ефимова НВ. Анализ состояния и основные тенденции добычи, обогащения и экологии потребления энергетических углей в России. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2017; 1: 83-91. [Efimova NV. Analysis of the state and main trends of mining, enrichment and ecology of consumption energy coals in Russia. *Izvestiya Tula State University. Earth Sciences*. 2017; 1: 83-91. (In Russ.)].
4. Жолобова ЮС, Сафронов АЕ, Куший НА, Савон ДЮ. Минимизация воздействия на окружающую среду при применении новых технологий обогащения углей и утилизации отходов добычи. *Горный журнал*. 2016; 5: 109-112. [Zholobova YuS, Safronov AE, Kushchy NA, Savon DYU. Minimization of environmental impact when using new technologies for coal enrichment and waste disposal. *Mountain magazine*. 2016; 5: 109-112. (In Russ.)]. DOI: 10.17580/gzh.2016.05.18.
5. Харионовский АА, Данилова МЮ. О методических подходах к переходу предприятий угольной промышленности на систему нормирования сбросов загрязняющих веществ в водные объекты по технологическим показателям. *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. 2018; 10 (130): 50-61. [Kharionovskiy AA, Danilova MYu. On methodological approaches to the transition of coal industry enterprises to a system of rationing discharges of pollutants into water bodies according to technological indicators. *Water Treatment. Water Preparation. Water Supply*. 2018; 10 (130): 50-61. (In Russ.)].
6. Ефимов ВИ, Сидоров РВ, Корчагина ТВ. К вопросу образования отходов производства от предприятий угольной отрасли в Кузбассе. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2017; 1: 85-96. [Efimov VI, Sidorov RV, Korchagina TV. On the issue of production waste generation from coal industry enterprises in Kuzbass. *Mining Information-Analytical Bulletin*. 2017; 1: 85-96. (In Russ.)].
7. О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2014 г.: доклад департамента природных ресурсов и экологии Кемеровской области. Кемерово, 2015. [On the state and environmental protection of the Kemerovo Region in 2014: report of the Department of Natural Resources and Ecology of the Kemerovo Region. Kemerovo, 2015. (In Russ.)].
8. Белокопытов ПИ, Сазыкин ГП. Решение экологических проблем Кузбасса в проектах обогатительных фабрик. *ТЭК и ресурсы Кузбасса*. 2003; 4/13: 17-19. [Belokopytov PI, Sazykin GP. The solution of environmental problems of Kuzbass in the projects of enrichment plants. *Fuel-and-Energy Complex and Resources of Kuzbass*. 2003; 4/13: 17-19. (In Russ.)].
9. Серегин АИ, Горлов ЕГ. Разработка технологических схем переработки угольных шламов в товарную продукцию. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2008; 5: 241-244. [Seregin AI, Gorlov EG. Development of technological schemes for processing coal sludge into commercial products. *Mining Information-Analytical Bulletin*. 2008; 5: 241-244. (In Russ.)].
10. Горлов ЕГ, Серегин АИ, Ходаков ГС. Условия реализации шламов угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий в виде суспензионного топлива. *Химия твёрдого топлива*. 2007; 6: 51-57. [Gorlov EG, Seregin AI, Khodakov GS. Conditions for the sale of sludge from coal mining and coal processing enterprises in the form of suspension fuel. *Chemistry of Solid Fuel*. 2007; 6: 51-57. (In Russ.)].
11. Мосилян АВ. Признаки отнесения накопителей гетерофазных отходов к гидротехническим сооружениям. *Управление техносферой*. 2021; 4 (2): 221-228. [Mosikyan AV. Signs of attribution of accumulators of heterophase waste to hydraulic structures. *Technosphere Management*. 2021; 4 (2): 221-228. (In Russ.)]. DOI: 10.34828/UdSU.2021.30.58.010.
12. Кононенко ЕА, Белоусов КС. Анализ работы и возможности гидроэлеваторного земснаряда в условиях карьера Тучковского комбината строительных материалов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2009; 9: 210-214. [Kononenko EA, Belousov KS. Analysis of the operation and capabilities of a hydro-elevator dredger in the quarry of the Tuchkovsky combine of building materials. *Mining Information-Analytical Bulletin*. 2009; 9: 210-214. (In Russ.)].
13. Федотенко ВС, Корякин АА. Перспективы применения эжекторных земснарядов для очистки шламонакопителей обогатительных фабрик. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2022; 9: 15-28. [Fedotenko VS, Koryakin AA. Prospects for the use of ejector dredgers for cleaning sludge accumulators of concentrating factories. *Mining Information-Analytical Bulletin*. 2022; 9: 15-28. (In Russ.)]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_9_0_15.
14. Поклонов ДА, Мироненко ИА, Федотенко ВС, Протасов СИ. Алгоритм определения диаметра насадок гидромониторов с учётом режима работы насосной станции. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2020; 2 (138): 58-66. [Poklonov DA, Mironenko IA, Fedotenko VS, Protasov SI. Algorithm for determining the diameter of the nozzles of hydraulic monitors taking into account the operating mode of the pumping station. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2020; 2 (138): 58-66. (In Russ.)]. DOI: 10.26730/1999-4125-2020-2-58-66.
15. Шелоганов ВИ, Кононенко ЕА. Насосные установки гидромеханизации: учебное пособие для студентов специальности 170100 «Горные машины и оборудование». Москва, 1999: 81. [Sheloganov VI, Kononenko EA. Pumping Units of Hydromechanization: textbook for students of specialty 170100 "Mining Machines and Equipment". Moscow, 1999: 81. (In Russ.)].
16. Корякин АА. Производительность эжекторного земснаряда УГБ-2М при очистке шламонакопителя обогатительной фабрики. *Маркшейдерия и недропользование*. 2022; 3 (119): 36-40. [Koryakin AA. Productivity of the UGB-2M ejector dredger when cleaning the sludge accumulator of the concentrating plant. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2022; 3 (119): 36-40. (In Russ.)].
17. Кнороз ВС. Движение гидросмесей в напорных трубопроводах и метод расчёта. *Известия ВНИИГ*. 1941; 30: 256. [Knoroz VS. Movement of Hydraulic Mixtures in Pressure Pipelines and Calculation Method. *Proceedings of VNIIG*. 1941; 30: 256. (In Russ.)].
18. Ялтаец ИМ. Гидромеханизированные и подводные горные работы. Москва, 2006: 515. [Yaltanets IM. Hydro-Mechanized and Underwater Mining Operations. Moscow, 2006: 515. (In Russ.)].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Артём Александрович Корякин –
директор Федерального бюджетного учреждения
«Территориальный фонд геологической информации по
Сибирскому федеральному округу», 630091,
г. Новосибирск, Российская Федерация,
e-mail: rtn-kaa@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 11.05.2025.

Поступила после рецензирования: 20.06.2025.

Принята к публикации: 03.07.2025.

Article info

Received: 11.05.2025.

Revised: 20.06.2025.

Accepted: 03.07.2025.

ABOUT THE AUTHOR

Artem A. Koryakin –
Director of the Territorial Fund of Geological Information for
the Siberian Federal District, Novosibirsk, Russian Federation,
630091, Novosibirsk, Russian Federation,
e-mail: rtn-kaa@mail.ru