

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ В СССР И РОССИИ

А.А. Кравцов, Ю.В. Дмитрак, В.А. Атрушкевич

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр
им. академика Н. В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Россия*

Аннотация: В статье приведен анализ горно-геологических условий и опыта работы угольных шахт СССР и России, в которых применялась гидравлическая технология добычи. Также рассмотрены применявшиеся технические решения и технологические схемы отработки. Определены предпочтительные горно-геологические условия для использования гидротехнологии. Выявлены перспективные направления исследований гидродобычи, такие как разработка комплексов эффективного подземного обезвоживания и автоматизация основных технологических процессов. Результаты исследований могут быть полезными для дальнейшего повышения эффективности, безопасности и реализации потенциала гидромеханизации добычи угля и других полезных ископаемых.

Ключевые слова: гидравлическая добыча, гидроструи, подземная разработка угля, гидротранспорт, зольность, качество угольной продукции.

EXPERIENCE OF UNDERGROUND HYDRAULIC MINING IN USSR AND RUSSIA

A.A. Kravtsov, Y.V. Dmitrak, V.A. Atrushkevich

Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences. Moscow, Russia

Abstract: The article provides an analysis of the mining and geological conditions and the experience of coal mines in the USSR and Russia, in which hydraulic mining technology was used. The applied technical solutions and technological schemes of mining are also considered. The preferred mining and geological conditions for the use of hydrotechnology have been determined. Promising areas of hydro extraction research have been identified, such as the development of efficient underground dehydration complexes and automation of basic technological processes. The results of the research can be useful for further improving the efficiency, safety and realization of the potential of hydromechanization of coal mining and other minerals.

Keywords: hydromining, hydro jets, underground coal mining, hydrotransport, ash content, quality of coal products.

Разработка подземных угольных месторождений с использованием гидравлической технологии подразумевает использование воды в качестве энергоносителя, средства разрушения и транспортирования породы к месту переработки. В некоторых случаях вода используется только для разрушения или транспортирования угля.

История применения воды для добычи полезных ископаемых длится более 2 тысяч лет. Известно, что в I веке до н. э. римляне применяли воду для промывания россыпей, содержащих олово и золото [1, 2]. В 1852 году во времена «золотой лихорадки» в Калифорнии в США для добычи золота стали применять гидромониторы для размыва почвы. Далее поток воды проносил золотосодержащие россыпи через систему каналов и сит, на которых происходило осаждение шлама [3]. Для поддержания напора воды были возведены деревянные дамбы, а отработанная вода сбрасывалась в реки, что привело к существенному ухудшению экологической обстановки в регионе, и впоследствии обернулось несколькими судебными исками к горнодобывающим компаниям [4].

В России использование гидромониторов для добычи золота началось немногим ранее — в 1830 году на Урале [5]. На протяжении XIX века в России стали формироваться научные основы гидромониторной добычи — отбойки и транспортирования породы с использованием энергии воды, описанные в работах П. П. Мельникова и И.А. Тиме. Инженер Р.Э. Классон в 1914 г. разработал технологию гидравлической добычи торфа. Добыча угля высоконапорными струями впервые выполнена под руководством инженера В. С. Кучерова на шахте "София", г. Макеевка в 1915 г. Позже в СССР было проведено множество исследований с целью усовершенствования технологии гидравлической добычи угля, результаты которых были применены на существующих предприятиях. В работе рассмотрены несколько угольных шахт в СССР и России, на которых использовалась гидравлическая добыча, проанализированы их технико-экономические показатели и определены направления дальнейшего совершенствования этой технологии добычи угля в России.

Цель исследований: анализ применения гидравлической технологии добычи угля в СССР и России, оценка перспек-

тив и поиск путей совершенствования этой технологии при разработке новых угольных месторождений.

Объект исследования: горно-геологические условия и технология гидродобычи в шахтах «Юбилейная» (г. Новокузнецк), «Заречная» (г. Ленинск-Кузнецкий), «Красногорская» и «Тырганская» (г. Прокопьевск), показатели их общей и удельной производительности, а также экономический эффект от внедрения гидродобычи.

Методы и материалы исследования. Методами исследований являются поиск и синтез данных из научной литературы и технической документации по объектам исследования, расчеты технико-экономических показателей, сравнительный анализ полученных показателей с показателями традиционных технологий добычи.

Результаты исследования и их обсуждение

В России и странах СНГ добычу угля осуществляли 11 гидрошахт. В статье подробно рассмотрены четыре из них.

Шахта «Юбилейная» находится на Байдаевском месторождении, г. Новокузнецк. Шахтное поле вскрыто вертикальными стволами, используется панельная схема подготовки. Первый горизонт находится на отметке

+40 м, второй — на отметке -260 м. Для вскрытия и подготовки полей проведены квершлагги, транспортные и вентиляционные штреки. Гидравлическая добыча применяется при отработке пластов 16, 22 и 25.

При отработке пласта 16 мощностью 1,7 м длинными очистными забоями применялась механизированная крепь 2МТ. Выработки проводятся комбайнами ГПКС, порода транспортируется скребковыми (С-50 и СР-70) и ленточными (1Л-80, 1Л-100К) конвейерами.

Отработка центральной панели пласта 22 со средней мощностью 1,2 м также велась длинными очистными забоями. Для очистных работ применялся механизированный комплекс 1КМТ (рис. 1), подготовительные выработки проводились комбайном ГПКС, горная масса транспортировалась ленточными и скребковыми конвейерами до выработок, имеющих гидравлический уклон. При отработке короткими забоями западной панели пласта 22 с углом падения 40° применялись гидромониторы ГПД-12,5 (рис. 2) с давлением воды до 12 МПа. Уголь транспортировался самотечным гидравлическим способом — в выемочных выработках по почве и по желобам в транспортных выработках.

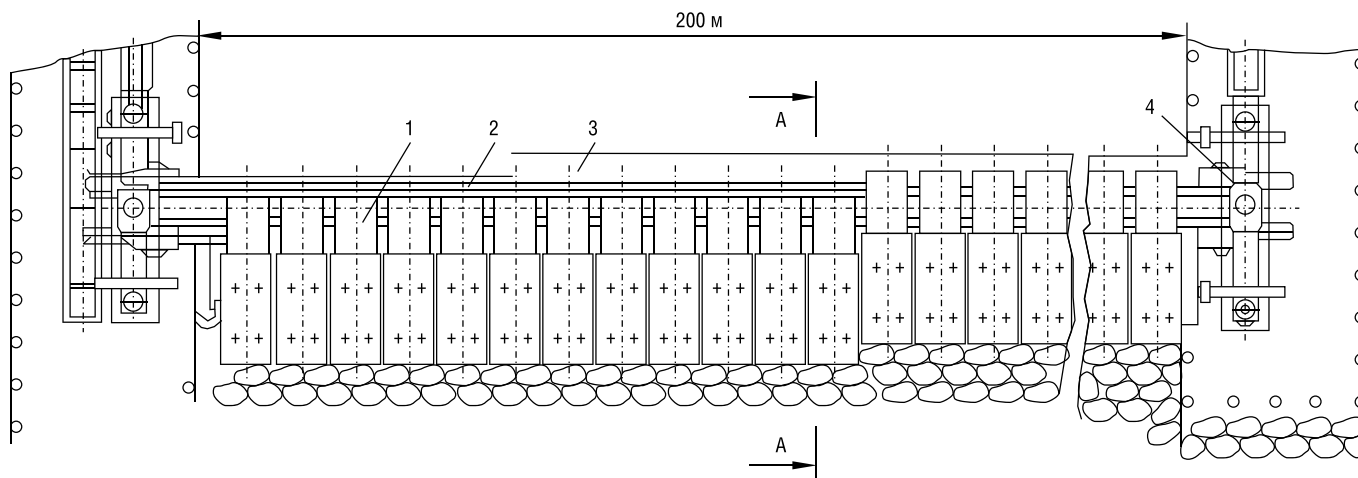


Рис. 1. Очистной комплекс 1КМТ: 1 - механизированная крепь типа 1МТ; 2 - приводные головки забойного конвейера; 3 - комбайн 1К101У с кабелеукладчиком; 4 - оборудование для передвижения головок 2 /

Fig. 1. 1KMT mining machine: 1 - powered roof support; 2 - conveyor driving head; 3 - 1K101U machine with cable layer; 4 - equipment for conveyor heads moving.

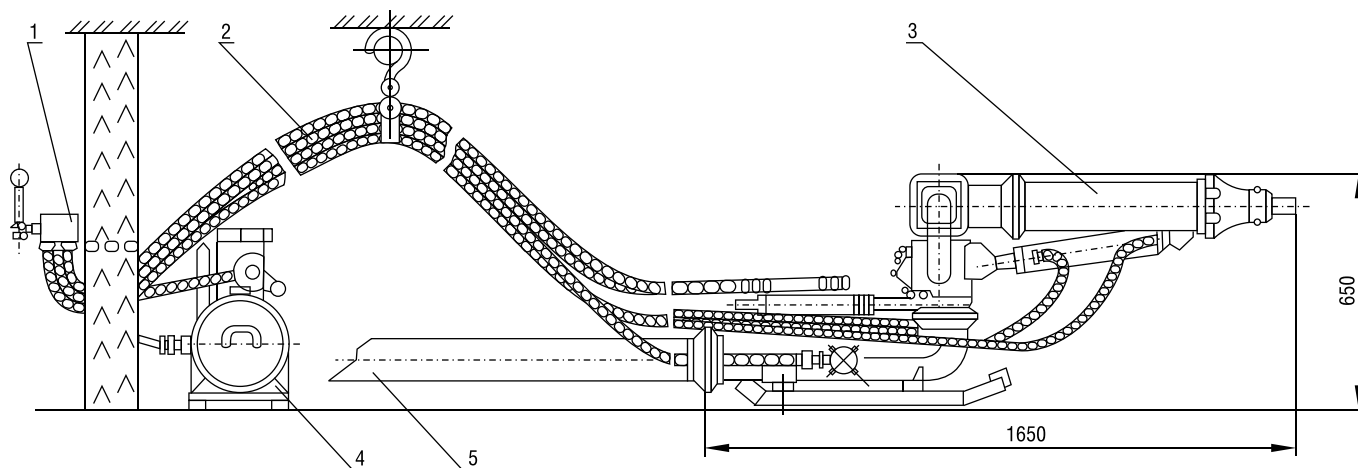


Рис. 2. Гидромонитор ГПД 12,5: 1 - пульт управления; 2 - рукав; 3 - гидромонитор; 4 - маслостанция; 5 - водовод /

Fig. 2. GPD 12,5 hydrojet. 1 - console; 2 - hose; 3 - nozzle; 4 - oil pump; 5 - water pipeline.

Для пласта 25 мощностью 1,7 м выемка велась короткими очистными забоями на участках, где угол падения пласта достаточен для применения самотечного гидротранспорта. На остальных участках выемка ведется длинными очистными забоями с применением механизированной крепи 1КМТ. Проходка осуществлялась комбайнами К-56МГ и гидромониторами ГПД-12,5. На участках с углом падения менее 5° использовалась традиционная технология проходки комбайнами ГПКС, горная масса перемещалась скребковыми конвейерами СР-70 и С-50. Уголь от лавы до бремсберга транспортировался ленточными конвейерами 1Л-80 и 1ЛТ-80. В бремсберге уголь перемещался гидравлическим способом по желобам до камеры гидроподъема. Для поднятия пульпы на поверхность применялись углесосы 14УВ-6, далее она попадает в промежуточную станцию, откуда по трубопроводу подавалась на обогатительное предприятие ЦОФ «Кузнецкая», где уголь обезвоживался и после обогащения отправлялся на Западно-Сибирский металлургический комбинат.

Шахта «Заречная» расположена на юге Ленинского угольного района Кузбасса, в г. Ленинск-Кузнецкий. Шахтное поле вскрыто тремя наклонными стволами до горизонта ± 0 м. Верхние пласты вскрыты двумя наклонными квершлагами, от них до бремсбергов проведены вентиляционные штреки. Применяемая система разработки — длинными столбами по простиранию [6] с использованием механогидравлического комбайна К-56МГ. Для подготовительных работ использовались комбайны ГПКС и К-56МГ [7]. Полученная в результате механогидравлической отбойки угольная пульпа транспортировалась по металлическим желобам самотеком через аккумулирующие штреки в камеру гидроподъема. Далее пульпа поднималась на поверхность углесосами и обезвоживалась на фабрике шахты, после чего уголь отгружался в железнодорожные вагоны.

Шахта «Красногорская» находится на Прокопьевско-Кислевском угольном месторождении в г. Прокопьевске. Изначально она проектировалась как шахта с традиционным способом добычи угля, но в 1963 г. были проведены первые работы по гидродобыче, и уже в 1967 г. полностью перешла на гидротехнологию. Отрабатывались 12 угольных пластов с углом падения 40–72°, суммарная мощность угольных пластов — 58,8 м. Шахтное поле вскрыто двумя вертикальными стволами до горизонта +100 м, от него на центральный блок горизонта -20 м пройдено два уклона. Горизонт -20 м вскрыт одним вертикальным стволом. Глав-

ный квершлаг проведен от центрального гидроподъема и уклонов, от него проведены полевые штреки на северное и южное крылья шахты. Схема подготовки поля — этажная. Подготовительные выработки проводились буровзрывным способом и гидромониторами. [8] Для выемки угля применялись гидромониторы 16ГД и 12ГД-2, далее пульпа самотеком транспортировалась до промежуточных станций по металлическим желобам и оттуда перекачивалась углесосами 12У10 в центральную камеру гидроподъема. Из камеры углесосами пульпа выдавалась на поверхность на обогатительное предприятие ГОФ «Красногорская». После обезвоживания и обогащения уголь поступал в железнодорожные вагоны для отправки потребителю.

Шахта «Тырганская» также расположена на Прокопьевско-Кислевском угольном месторождении в г. Прокопьевске. Разрабатывались 8 угольных пластов, угол падения в большинстве случаев составлял 35–45°, суммарная мощность пластов — 42,8 м. Поле вскрыто вертикальными стволами и этажным квершлагом, проведенным в центре поля, от которого проведены полевые штреки. Границами блоков являются промежуточные квершлагы, которые проходились с полевых штреков. Подготовительные выработки проводились буровзрывным способом и гидромониторами. Выемка производилась гидромониторами ГПД-12,5, ГМДЦ-4, 16ГД, 12ГД-2. Транспорт пульпы аналогичен шахте «Красногорская» — из очистных забоев самотечным способом по металлическим желобам до промежуточных установок, далее в центральную камеру гидроподъема, из которой углесосами поднимается на поверхность и отправляется на обогатительное предприятие «Зиминка».

Сводные данные о горно-геологических условиях шахт приведены в *табл. 1*.

Ввиду использования самотечного гидротранспорта пульпы применение гидродобычи затруднительно при углах падения пласта менее 5° [9], что отражено в технологии выемки пласта 25 шахты «Юбилейная», где применялись комбайны ГПКС и скребковые конвейеры. Соответственно, оптимальные углы падения пластов для применения гидродобычи составляют 5–90° [10, 11]. Мощность пласта может варьироваться в широких пределах, причем при отработке крутых пластов небольшой мощности гидродобыча может оказаться единственным решением ввиду сложности отработки таких пластов традиционными средствами. Также для гидродобычи нет ограничений по газовому режиму шахты — она может применяться как вспомогательное средство для

Таблица 1 / Table 1

Сводная характеристика горно-геологических условий гидрошахт / Geological characteristics of hydraulic mines).

Название / Name	Марка угля / Coal grade	Количество пластов / Number of coal seams	Средняя мощность пласта, м / Average seam thickness, m	Угол падения, град. / Seam dip, deg.	Глубина горизонта, м / Level depth, m	Категория / Category
Юбилейная / Yubileynaya	Ж, Г6	4	2,78	0-35	500	Сверхкатегорийная / Supercategorical
Заречная / Zarechnaya	Г	3	1,93	3-5	265	III
Красногорская / Krasnogorskaya	К, Ж	12	4,9	40-75	326	Опасна по внезапным выбросам / Dangerous due to sudden emissions
Тырганская / Tyrganskaya	С, СС, К2, КЖ	8	5,35	30-60	220	Сверхкатегорийная Supercategorical

дегазации пластов, так и в качестве основной технологии добычи [12–14]. Более того, в шахтах, где существует опасность взрыва угольной пыли, гидродобыча имеет преимущество перед традиционной технологией ввиду отсутствия пыли и повышенной влажности атмосферы в выработках.

Также технология гидродобычи обеспечила рост технико-экономических показателей рассматриваемых шахт в 1,8–3 раза (табл. 2), так как позволяет снизить энергоемкость добычи до 40–60 кВт*ч/т и не требует больших капиталовложений [15, 16].

Таблица 2 / Table 2

Технико-экономические показатели гидрошахт / Technical and economic performance of hydraulic mines.

Название / Name	Среднесуточная добыча, т / Average daily output, tons	Производительность рабочего, т/мес / Worker performance, tons/month	Себестоимость добычи, руб/т / Coal cost price, rub/tonne
Юбилейная / Yubileynaya	4130	69,5	19,0
Заречная / Zarechnaya	1391	70,6	18,7
Красногорская / Krasnogorskaya	2027	67,4	21,1
Тырганская / Tyrganskaya	3331	51,9	20,0

Заключение

На основании анализа опыта применения гидродобычи в шахтах СССР и России были определены горно-геологические условия, при которых использование гидротехнологии с целью повышения производственных характеристик предприятия целесообразно и эффективно: мощность пластов (0,7–20 м и более); угол падения пластов (5–90°); категория по газу (от негазовых до сверхкатегорийных); нарушенность пластов (от залегания без нарушений до сильно нарушенных). Таким образом, гидротехнология представляет собой перспективное направление технологического развития угледобычи, ввиду широкого спектра условий применения,

безопасности и доказанной экономической эффективности. Негативными факторами, лимитирующими эффективность и масштабы использования традиционной гидротехнологии являются: ненадежная энергоемкая система гидроподъема пульпы, сложная организация водопользования, требующая наличия на поверхности шахт обезвоживающих фабрик и прудов отстойников.

Одним из направлений может служить разработка комплексов эффективного подземного обезвоживания и рециркуляции воды, что поднимет удельную энергоэффективность добычи [17]. В свою очередь, повышение давления струи способствует снижению удельных затрат воды на отбойку тонны угля, ввиду повышения ее кинетической энергии. Разработка насосов повышенного давления, а также использование инновационных материалов для продления их срока службы позволит таким образом сократить объем циркулирующей воды [18].

Также повышения производительности труда и безопасности можно добиться при применении автоматизированных комплексов гидродобычи [19, 20]. Ввиду ее малооперационности, автоматизация гидрокомплексов является не такой сложной задачей, как комплексов для других технологий добычи.

Выводы

1. В статье выполнен анализ традиционного технического и технологического обеспечения подземной гидравлической технологии добычи угля на примерах функционирования четырех гидрошахт.

2. Определены условия эффективного применения гидродобычи. Показана перспективность дальнейшего развития гидромеханизации в направлениях создания комплексов эффективного подземного обезвоживания и рециркуляции воды и автоматизации (роботизации) основных технологических процессов.

3. Результаты исследований могут быть полезны широкому кругу специалистов, занимающихся совершенствованием технологий разработки месторождений угля и других полезных ископаемых. ■

ЛИТЕРАТУРА

- Fernandez-Lozano J., Carrasco R., Pedraza J., Bernardo-Sanchez A. The anthropic landscape imprint around one of the largest Roman hydraulic gold mines in Europe: Sierra del Teleno (NW Spain) // *Geomorphology*, 2020, T. 357, 107094. DOI: 10.1016/j.geomorph.2020.107094
- J. Rotaru, D. Gaunt. The Wallachian Gold-Washers. Unlocking the Golden Past of the Rudari Woodworkers. Brill | Schöningh, 2023. ISBN: 978-3-657-79038-8
- Grove Karl Gilbert. Hydraulic-mining debris in the Sierra Nevada. Washington government printing office, 1917, 154 с.
- Joseph J. Hagwood, Jr. The California Debris Commission: A History of the Hydraulic Mining Industry in the western Sierra Nevada of California, and of the governmental agency charged with its regulation. U.S. Army, Corps of Engineers, Sacramento District, 1981, 102 с.
- Грачев Н.П. Состояние и перспективы научных исследований гидромеханизации горных работ // *Записки Горного института*. 1959. Т. 41, N1. С. 135–139.
- Зубарев В.П., Харитонов В.Г., Крючков В.А. Влияние технического прогресса на промышленную безопасность в ОАО «Шахта «Заречная» // *Безопасность труда в промышленности*. 2002. N7. С. 15–16.
- Харитонов В.Г., Ремезов А.В. Дальнейшее повышение экономической эффективности производственной деятельности ОАО «Шахта «Заречная» // *Вестник КузГТУ*. 2008. N1. С. 25–30.
- Баскаков В.П., Ефимов В.И. Дегазация пластов выемочного участка ООО «Шахта «Красногорская» // *Известия Тульского государственного университета. Науки о земле*. 2011. N1. С. 35–41.
- Fryanov V.N., Pavlova L.D. Scientific substantiation of the technological scheme of robotized mine with the use of underground hydraulic mining equipment // *International Scientific and Research Conference on Knowledge-based technologies in development and utilization of mineral resources*, Новокузнецк, Россия, 4–7 июня 2019. N377. DOI: 10.1088/1755-1315/377/1/012030

10. Мельник В.В., Абрамкин Н.И., Фомичев С.Г., Сергеев С.В. Разработка вариантов гидромеханизированной технологии отработки запасов мощных крутых угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. N3 (1). С. 31-47.
11. Абрамкин Н.И., Сергеев С.В. Исходные данные для разработки технического задания // Горный информационно-аналитический бюллетень. N3 (1), 2013, С. 48-60.
12. Tingkan Lu, Zhijian Zhao, Hefeng Hu. Improving the gate road development rate and reducing outburst occurrences using the waterjet technique in high gas content outburst-prone soft coal seam // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2011, T 48, N8. С. 1271-1282. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2011.09.003
13. Yiyu Lu, Yangkai Zhang, Jiren Tang, Qi Yao. Switching mechanism and optimisation research on a pressure-attitude adaptive adjusting coal seam water jet slotter // International Journal of Mining Science and Technology. 2022, T. 32, N6. С. 1167-1179. DOI: 10.1016/j.ijmst.2022.09.005
14. Jun, X, Yunpei, L, Quanle, Z, Lei, L, Xuelong, L. Elimination of coal and gas outburst risk of low-permeability coal seam using high-pressure water jet slotting technology: A case study in Shihuatian Coal Mine in Guizhou Province, China // Energy Sci Eng. 2019, T. 7. С. 1394-1404. DOI: 10.1002/ese3.359
15. Кузнецова Е.В. Перспективы внедрения гидродобычи на шахтах УД АО «Испат-Кармет» // Труды университета «Карагандинский государственный технический университет». 2000. N1. С. 22-25.
16. Казаков С.П., Атрушкевич А.А., Одинокоев Б.П. и др. Развитие гидравлической технологии добычи угля. Обзорная информация. Москва: ЦНИИУголь, 1992. 32 с.
17. Атрушкевич А. ., Тулеев А.Г., Мазикин В.П. и др. Новые научные технико-технологические направления при добыче угля и строительстве шахт // Безопасность труда в промышленности. 2002, N8, С. 2-7.
18. Cai M. Peng L., Wenhui T., Fenhua R. Key engineering technologies to achieve green, intelligent, and sustainable development of deep metal mines in China // Engineering. 2021. T. 9. N 11. С. 1513-1517. DOI: 10.1016/j.eng.2021.07.010
19. Кравцов А.А., Анищенко В.И., Атрушкевич В.А., Пыталов И.А. Перспективы применения технологии WEBRTC для дистанционного управления горным оборудованием // Устойчивое развитие горных территорий. 2020. T. 12, N4 (46). С. 592-599. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-592-599
20. Zhang, K., Kang, L., Chen, X., He, M. et al. A Review of Intelligent Unmanned Mining Current Situation and Development Trend // Energies. 2022. T. 15 (2), N513. DOI: 10.3390/en15020513

REFERENCES

1. Javier Fernandez-Lozano, Rosa M. Carrasco, Javier Pedraza, Antonio Bernardo-Sanchez. The anthropic landscape imprint around one of the largest Roman hydraulic gold mines in Europe: Sierra del Teleno (NW Spain), Geomorphology, Volume 357, 2020, 107094, ISSN 0169-555X, 10.1016/j.geomorph.2020.107094.
2. J. Rotaru, D. Gaunt. The Wallachian Gold-Washers. Unlocking the Golden Past of the Rudari Woodworkers. Brill | Schöningh, 2023. ISBN: 978-3-657-79038-8
3. Grove Karl Gilbert. Hydraulic-mining debris in the Sierra Nevada. Washington government printing office, 1917, 154 p.
4. Joseph J. Hagwood, Jr. The California Debris Commission: A History of the Hydraulic Mining Industry in the western Sierra Nevada of California, and of the governmental agency charged with its regulation. U.S. Army, Corps of Engineers, Sacramento District, 1981, 102 p.
5. Grachev N. P. State and perspectives of hydrojet mining scientific research. Zapiski gornogo instituta [Notes of Mining Institute]. 1959, vol. 41, no. 1, pp. 135-139. (in Russian).
6. Zubarev V.P., Kharitonov V.G., Kruchkov V.A. Influence of technical progress on JSC «Mine «Zarechnaya» industrial safety. Bezopasnost truda v promishlennosti [Industrial labour safety]. 2002, no 7, pp. 15-16. (in Russian).
7. Kharitonov V.G., Remezov A.V. Further increase of JSC «Mine «Zarechnaya» economic efficiency. Vestnik KuzGTU [Journal of KuzGTU]. 2008, no 1, pp. 25-30. (in Russian).
8. Baskakov V.P., Efimov V.I. Seam gas removal of LLC «Mine «Krasnogorskaya» mining site. Izvestiya tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle. [Journal of Tula state university. Earth sciences]. 2011, no. 1, pp. 35-41. (in Russian).
9. Fryanov V.N., Pavlova L.D. Scientific substantiation of the technological scheme of robotized mine with the use of underground hydraulic mining equipment. International Scientific and Research Conference on Knowledge-based technologies in development and utilization of mineral resources, Novokuznetsk, Russia, 4-7 June 2019. Vol. 377. DOI: 10.1088/1755-1315/377/1/012030
10. Melnik V.V., Abramkin N.I., Fomichev S.G., Sergeev S.V. Developing options for hydromechanized mining technology of hard coal seams. Gorniy informatsionno-analiticheskiy bulletin [Mining informational and analytical bulletin]. 2013, no 3 (1), pp. 31-47 (in Russian).
11. Abramkin N.I., Sergeev S.V. Background to the development of specification. Gorniy informatsionno-analiticheskiy bulletin [Mining informational and analytical bulletin]. 2013, no 3 (1), pp. 48-60 (in Russian).
12. Tingkan Lu, Zhijian Zhao, Hefeng Hu. Improving the gate road development rate and reducing outburst occurrences using the waterjet technique in high gas content outburst-prone soft coal seam. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2011, vol 48, no. 8, pp. 1271-1282. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2011.09.003
13. Yiyu Lu, Yangkai Zhang, Jiren Tang, Qi Yao. Switching mechanism and optimisation research on a pressure-attitude adaptive adjusting coal seam water jet slotter. International Journal of Mining Science and Technology, 2022, vol. 32, no. 6, pp. 1167-1179. DOI: 10.1016/j.ijmst.2022.09.005
14. Jun, X, Yunpei, L, Quanle, Z, Lei, L, Xuelong, L. Elimination of coal and gas outburst risk of low-permeability coal seam using high-pressure water jet slotting technology: A case study in Shihuatian Coal Mine in Guizhou Province, China. Energy Sci Eng. 2019, vol. 7, pp. 1394-1404. DOI: 10.1002/ese3.359
15. Kuznetsova E.V. Perspectives of hydrojet mining deployment on «Ispat-Karmet» mines. Trudy universiteta «Karagandinsky gosudarstvenny tekhnicheskyy universitet» [Proceedings of Karagandinsky state university]. 2000, no. 1, pp. 22-25 (in Russian).

16. Kazakov S.P., Atrushkevitch A.A., Odinsonov B.P. et al. Razvitie gidravlicheskoj tehnologii dobichi uglya. Obzornaya informacija. [Development of hydraulic coal mining technology. Review]. Moscow, CNIEIUgol, 1992, 32 p.
17. Atrushkevitch A.A., Tuleev A.G., Mazikin V.P. et al. Novel scientific and technical developments in coal mining and underground construction. Bezopasnost truda v promishlennosti [Industrial labour safety]. 2002, vol. 8, pp. 2-7.
18. Cai M. Peng L., Wenhui T., Fenhua R. Key engineering technologies to achieve green, intelligent, and sustainable development of deep metal mines in China // Engineering. 2021, vol. 9. no. 11, pp. 1513-1517. DOI: 10.1016/j.eng.2021.07.010
19. Kravtsov A.A., Anischenko V.I., Atrushkevich V.A., Pytalev I.A. Perspectives of applying WEBRTC for remote-controlled mining equipment. Sustainable Development of Mountain Territories, 2020, vol. 12, no. 4 (46), pp. 592-599. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-592-599
20. Zhang, K., Kang, L., Chen, X., He, M. et al. A Review of Intelligent Unmanned Mining Current Situation and Development Trend. Energies, 2022, vol. 15 (2), 513. DOI: 10.3390/en15020513

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS



Кравцов Алексей Александрович:
аспирант,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт проблем комплексного
освоения недр им. академика Н.В. Мельникова
Российской академии наук,
г. Москва, Россия,
e-mail: alexey.kravtsov08@gmail.com

Kravtsov Alexey Aleksandrovich:
postgraduate student,
Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral
Resources Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,
e-mail: alexey.kravtsov08@gmail.com



Дмитрак Юрий Витальевич:
доктор технических наук,
профессор,
главный научный сотрудник отдела Моделирования
геотехнических систем,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт проблем комплексного
освоения недр им. академика Н.В. Мельникова
Российской академии наук,
г. Москва, Россия,
e-mail: dmitrak@yandex.ru

Dmitrak Yuriy Vitalievich:
Doctor of Technical Sciences,
professor,
chief research scientist of the Department of Design
Theory of Subsoil Development. Institute of
Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,
e-mail: dmitrak@yandex.ru



Атрушкевич Виктор Аркадьевич:
доктор технических наук,
профессор,
ведущий научный сотрудник отдела Моделирования
геотехнических систем,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт проблем комплексного
освоения недр им. академика Н.В. Мельникова
Российской академии наук,
г. Москва, Россия,
e-mail: iugi@mail.ru

Atrushkevich Victor Arkadievich:
Doctor of Technical Sciences,
professor,
leading research scientist of the Department of Design
Theory of Subsoil Development,
Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral
Resources Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,
e-mail: iugi@mail.ru

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей. / The authors participated equally in the writing and collection of the material, as well as its processing.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.