



**ОПЫТ УСТАНОВКИ КОНДУКТОРОВ В ГРУНТАХ
ПРИ СООРУЖЕНИИ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН С ПОВЕРХНОСТИ**

А. С. Кондратенко, А. С. Смоленцев, В. Н. Карпов, А. Т. Сырямин

*Институт горного дела имени Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: kondratenko@misd.ru,
Красный проспект 54, г. Новосибирск 630091, Россия*

Обоснованы актуальность и преимущества технологии бурения с одновременной обсадкой применительно к проходке скважин с поверхности для дегазации угольных пластов. Приведены описание и принцип действия оборудования, применяемого при бурении с одновременной обсадкой. Описан опыт порционной очистки скважин от грунта. Представлены результаты исследования чистого бурения скважины в стратифицированном грунтовом массиве.

Скважина, дегазация, бурение, порционная очистка, одновременная обсадка

**EXPERIENCE OF CASING COLLARS INSTALLATION IN SOIL MASS
DURING CONSTRUCTION OF COAL-SEAM DEGASIFICATION WELLS FROM SURFACE**

A. S. Kondratenko, A. S. Smolentsev, V. N. Karpov, and A. T. Syryamin

*Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
E-mail: kondratenko@misd.ru, Krasny pr. 54, Novosibirsk 630091, Russia*

The relevance and advantages of borehole drilling technology with simultaneous casing applied to drilling CBM (coal-bed methane) wells from surface in advance of mining are discussed. The description and principle of operation of the equipment used for the casing collar installation in soil mass are given. The practice of batchwise removal of soil plug from the well is described. The results of the study of well drilling in stratified rock masses with bottomhole cleaning are presented.

Well, degassing, drilling, batchwise cleaning, simultaneous casing

Для повышения взрывобезопасности российских угольных шахт при извлечении метана из сближенных пластов, газоносных пород и выработанных пространств компания АО “СУЭК-Кузбасс” применяет передовой способ газоизвлечения с использованием глубоких вертикальных скважин, пробуренных с поверхности. Внедрение способа позволило разграничить в пространстве работы по добыче угля, дегазации очистных забоев угольных шахт и увеличить объемы добычи угля за счет снижения простоев на предприятиях [1, 2].

Известно, что газопроницаемость разгруженного массива угольных шахт на 2–4 порядка выше, чем в естественном природном состоянии и представляет собой газовый аккумулятор. Параметры извлечения метана из таких “хранилищ” зависят от распределения концентрации метана и давления газа в пространстве разгруженного массива, местоположения фильтрующей скважины и характера ее воздействия на газодинамическое состояние массива [3]. Местоположение дегазационной скважины с поверхности выбирается так, чтобы ее проекция на пласт была впереди очистного забоя на расстоянии не менее 30 м. Для участков пласта, имеющих выработанные пространства с обеих сторон, вертикальные скважины располагают в ряд посредине выемочного столба.

Параметры вертикальных скважин и расстояние между ними определяется опытным путем с учетом горно-геологических и горнотехнических условий залегания угольных пластов, применяемых систем отработки и действующих методических рекомендаций о порядке дегазации угольных шахт [3]. В производственной практике шаг сетки бурения дегазационных скважин варьирует от 50 до 120 м [4].

Сооружение вертикальных дегазационных скважин с поверхности в АО «СУЭК-Кузбасс» выполняется с помощью самоходных буровых комплексов Sandvik DE-880 (Швеция) и Prakla RB-50 (Германия), которые обеспечивают высокопроизводительное бурение скважин на глубину до 500 м с конечным диаметром скважины до 244 мм [5]. Немецкая буровая установка является основой бурового парка компании и обеспечивает проходку скважин шарошечным и пневмоударным способами бурения. На рис. 1а представлена буровая установка Prakla RB-50 при эксплуатации на горном отводе шахты «Полысаевская» с вариантами вооружения для прохождения коренных (рис. 1б) и вскрышных горных пород (рис. 1в).

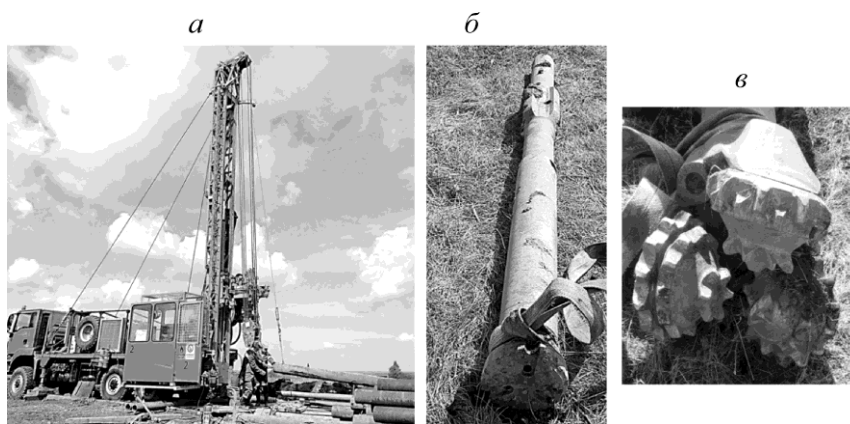


Рис. 1. Оборудование для бурения глубоких дегазационных скважин с поверхности: а — буровая установка Prakla RB-50; б — погружной пневмоударник; в — шарошечное долото

Важно отметить, что при сооружении дегазационных скважин свыше 90 % их протяженности выполняется ударно-вращательным способом бурения погружными пневмоударниками. Требуемые точность и производительность пневмоударного бурения по породам различной твердости и трещиноватости обеспечивает высокую технико-экономическую эффективность в сравнении с другими известными способами прохождения скважин, что свидетельствует о динамичном расширении областей применения пневмоударного бурения в России и за рубежом [5, 6].

Сооружение глубоких дегазационных скважин происходит в несколько этапов в соответствии с количеством обсадных труб. Каждый этап состоит из трех технологических операций: бурения скважины, ее обсадки и бетонирования затрубного пространства на заданную высоту [7]. Переход на меньший диаметр скважины осуществляется после прохождения грунтового слоя или отработанного пласта. При этом от сооружения первой ступени в конструкции скважины в грунтовом массиве во многом зависит конечный результат. Это обусловлено тем, что отклонение скважины от проектной вертикали на начальном этапе, а также ее недообсадка вызывают аварии и, следовательно, простои на последующих этапах [8]. Согласно действующей технологии сооружения вертикальных дегазационных скважин при прохождении грунтового слоя в АО «СУЭК-Кузбасс» используется шарошечный способ бурения. Протяженность его применения с поверхности варьирует от 10 до 65 м, что не превышает 10 % от общей глубины бурения дегазационных скважин. На рис. 2а приведена конструкция обсадной колонны дегазационной скважины в лаву № 24-62 шахты им. С. М. Кирова, а также фрагмент геолого-технического наряда на бурение дегазационной скважины на начальном этапе ее сооружения (рис. 2б).



Рис.2. Конструктивные параметры дегазационных скважин: *а* — конструкция скважины согласно геолого-техническому наряду для шахты им. С. М. Кирова; *б* — фрагмент геолого-технического наряда на сооружение скважины в грунтовом массиве

Рассмотрим характерные проблемы, возникающие при бурении шарошечным способом в ходе строительства дегазационных скважин [9]:

— при бурении слабоуплотненных песчано-галечных прослоек имеет место обрушение стенок скважины, что приводит к заклиниванию бурового инструмента и проблемам с ее обсаживанием, а крупные и твердые обломки пород отклоняют ось бурения скважины от проектной;

— при пересечении водоносных горизонтов происходит потеря бурового раствора. Это требует дополнительных энергозатрат на его восполнение и затрат времени на затирание глиной зоны поглощения раствора с помощью возвратно-поступательных перемещений шарошечного долота на проблемных интервалах бурения;

— бурение водонасыщенных глинистых плывунов сопряжено с налипанием глины на породоразрушающий элемент бурового долота, что существенно снижает производительность прохождения скважины; водонасыщенная глина чрезмерно диффундирует с буровым раствором, ослабляя его очистную функцию, и ведет к прекращению циркуляции бурового раствора. Это требует подъема буровой колонны к устью скважины из-за риска аварии; устойчивость стенок скважины в водонасыщенной глине низкая, что вызывает проблемы сужения диаметра скважины после ее прохождения;

— с увеличением глубины бурения возникают риски отклонения буримой скважины от проектного положения, что влечет за собой перекося обсадной трубы при обсаживании скважины.

Из изложенного следует, что на начальном этапе сооружения дегазационных скважин в грунтовом массиве технология строительства с последовательным разделением операций на шарошечное бурение и обсаживание скважин трубным ставом недостаточно надежна. Перспективным решением обозначенных проблем является технология бурения скважин с одновременной обсадкой трубами [10], суть которой сводится к погружению в массив обсадной трубы при помощи пневмомолота [11, 12]. Технология применима в широком диапазоне горных пород: от песка, ила и пластичной глины до выветренных пород, мергелей, сланцев, слабых алевролитов или аргиллитов [13–20].

При динамическом погружении во внутреннюю полость трубы поступает порода, которая постепенно уплотняется и образует пробку. Поскольку очередные порции породы уже не могут поступать в трубу, происходит ее вытеснение в стенки скважины, что приводит к росту деформаций окружающего массива в радиальном направлении и труба продолжает перемещаться с заметно меньшей скоростью до полной остановки [21]. Возможность своевременного удаления грунтового керна в процессе бурения является важным фактором, определяющим эффективность технологии в целом [22].

Наиболее логичным и привлекательным в условиях вертикального погружения трубы представляется порционное удаление керна из трубы по мере его формирования без дополнительных средств механизации. Схема работы технологии при забивке трубы пневмомолотом представлена на рис. 3 [10].

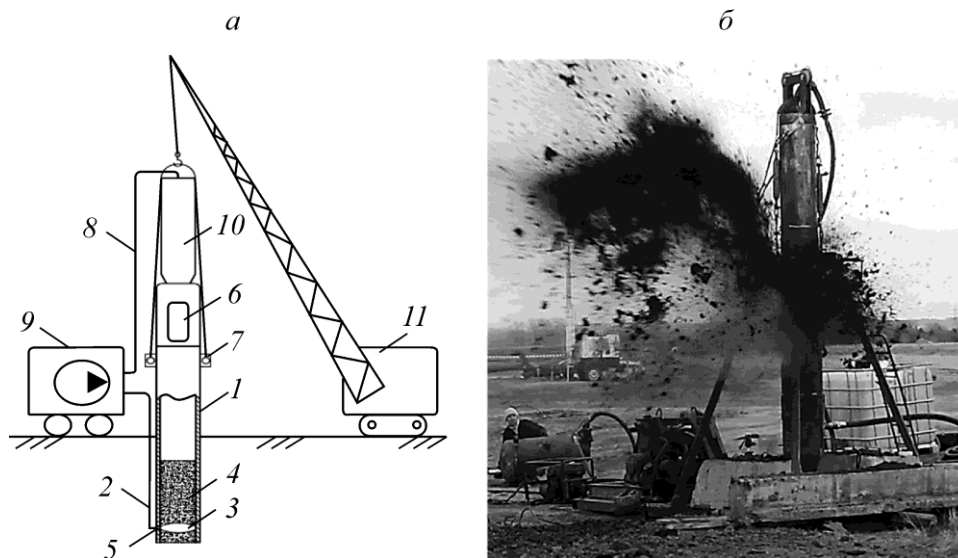


Рис. 3. Погружение трубы с порционным удалением керна: *а* — схема работы технологии бурения с одновременным обсаживанием скважины трубным ставом (*1* — погружаемая труба; *2* — трубопровод; *3* — воздушная камера; *4* — керн; *5* — отверстие для подачи сжатого воздуха; *6* — адаптер с разгрузочным окном; *7* — стяжное устройство; *8* — воздухоподводящий шланг; *9* — компрессор; *10* — пневмомолот; *11* — подъемный кран); *б* — процесс погружения трубы и выхода грунта при опытно-промышленном испытании технологии на горном отводе ш. им. С. М. Кирова

Технологическое решение заключается в подведении к забойному торцу трубы *1* по отдельному трубопроводу *2* сжатого воздуха, который после формирования очередной порции керна *4* через отверстие *5* под давлением подается во внутреннюю полость трубы. Он отсекает часть керна, образует воздушную камеру *3* и перемещает порцию керна в верхнюю часть трубы *1*, откуда через разгрузочное окно адаптера *6* выдавливается наружу. Указанные операции повторяются с появлением новой порции керна. Циклы погружения и очистки продолжаются до проектной глубины погружения (рис. 2б).

Процесс порционного удаления керна состоит из трех этапов: формирование порции керна, ее отделение и транспортирование по трубе на разгрузку. На этапе формирования важно, чтобы в зоне отрыва порция была достаточно плотной и заполняла все поперечное сечение трубы. Это условие требуется для создания и поддержания давления сжатого воздуха в зоне отрыва, способного стронуть отрываемую порцию керна и продвигать ее на разгрузку. Однако при переуплотнении керна отрыв может не состояться, а при малосвязанном грунте может образоваться свищ, что вызовет потерю давления. Основным сигналом к необходимости очистки керна является резкое снижение скорости погружения. Дополнительными факторами, влияющими на отрыв и транспортирование керна, могут быть колебание трубы с присоединенной частью массива и упругая деформация стенок при прохождении ударных импульсов, которые способны снизить силы сопротивления на 30–90 % [23].

Предложенная технология прошла опытно-промышленные испытания в условиях горного отвода шахты им. С. М. Кирова. При сооружении дегазационных скважин с поверхности были установлены два пилотных кондуктора, которые использовались для дальнейшего бурения скважин. Для работы пневмомолота и удаления грунта из трубы подача сжатого воздуха осуществ-

лялась от компрессора Sullair Combo 900XНН-1150XН с давлением $p = 2.5$ МПа и расходом $Q = 32.6$ м³/мин. Погружаемая труба была оснащена шламоочистным трубопроводом и соединена с пневмомолотом. Длина одной забуриваемой секции трубного става диаметром 426 мм составляла 9 м. Перед началом буровых работ на стартовой платформе выполнялось позиционирование виброударного комплекта в проектное вертикальное положение. В процессе погружения порционная очистка грунта из трубы осуществлялась непосредственно при работающем пневмомолоте (рис. 3б).

На глубине 8 м бурение прекращалось для проведения вспомогательных операций по наращиванию новой секции трубного става. Происходила расстыковка пневмомолота с уже погруженной секцией и его монтаж на новой. Секции соединялись по торцу с помощью сварки. По времени и энергозатратам процесс наращивания сопоставим с наращиванием труб при обсаживании скважин по классической технологии.

Требуемая глубина бурения была известна по данным геологического разреза, тем не менее, контроль за изменением состава буримых пород проводился непрерывно до вхождения в коренные породы. Известно, что геологические данные не всегда имеют точное совпадение по глубине и составу. Геологические изменения буримых грунтов и скальных пород осуществлялось по шламу. С учетом изменения геологии бурения выполнялся отбор грунта для определения его физико-механических свойств и гранулометрического состава. К примеру, при бурении глубоких вертикальных дегазационных скважин расхождения по глубине залегания скальных пород нередко составляют 5–10 м. При пневмоударном бурении вхождение в новый породный слой нередко фиксируют качественно по шуму и вибрации буровой колонны. При высоких скоростях бурения по малопрочным породам качественные признаки проявляются достаточно быстро, особенно при существенной разнице горных пород по прочностным свойствам и трещиноватости. Своевременное определение вхождения в новый слой позволяет снизить риски аварии путем изменения режима бурения на безаварийный и высокопроизводительный. Мировая практика пневмоударного и шарошечного бурения установила “правило трех диаметров”. Оно выражается в том, что в процессе бурения при обрушении стенок скважины или схода шламовой постели на три размера диаметра бурового долота от забоя происходит заклинивание буровой колонны и, следовательно, авария, которая грозит потерей бурового оборудования (инструмента, пневмоударника, бурового става и т. д.), а также самой скважины.

В данном случае контроль за изменением пород при бурении скважин осуществлялся для углубленного изучения процесса внедрения в различные горные породы, а также для своевременного прекращения буровых работ при вхождении в коренную породу и снижения риска замятия кромки обсадной трубы. На рис. 4 показана эволюция пород в процессе бурения скважины длиной 15 м.

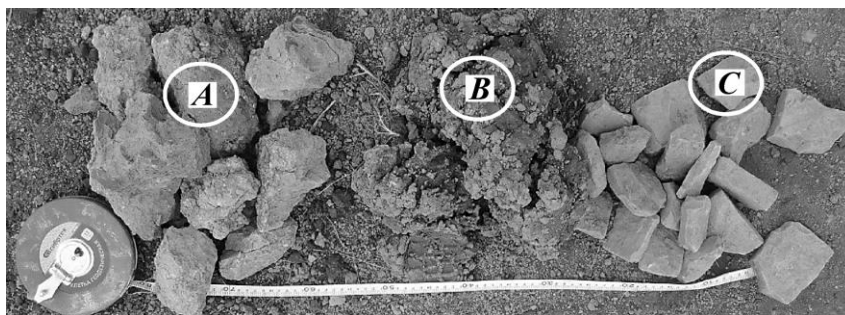


Рис. 4. Эволюция породы по глубине погружения: А — глина желтого цвета; В — глина сероголубого цвета; С — алевролит

В таблице приведены результаты определения физико-механических свойств грунтов (рис. 4), полученные в лаборатории ООО “Новосибирский инженерный центр” по [24].

Физико-механические свойства грунтов

Пластичность и консистенция грунтов							Физико-механических свойства скального грунта			
Образец	Глубина отбора, м	Природная влажность, д.е.	Предел пластичности, д.е.			Показатель текучести	Плотность, г/см ³	Плотность сухого грунта, г/см ³	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа	
			граница текучести	граница раскатывания	число пластичности				в воздушно-сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии
A	4	0.10	0.37	0.20	0.17	< 0				
B	8	0.13	0.38	0.24	0.14	< 0				
C	14.5	0.002	—	—	—	—	2.47	2.46	32.87	10.09

Оценка эффективности бурения по грунтовому массиву выполнялась на основе данных изучения воздействия исполнительных органов горных и строительных машин на разрабатываемый массив геосреды [25]. На рис. 5 представлены результаты исследования чистого бурения в стратифицированном грунтовом массиве, зависимости изменения времени бурения скважины t на каждые 0.5 м пути (буримость) и показателей удельного перемещения обсадной трубы за удар пневмомолота J , которые определялись с учетом фактической частоты ударных воздействий на каждом контрольном отрезке пути.

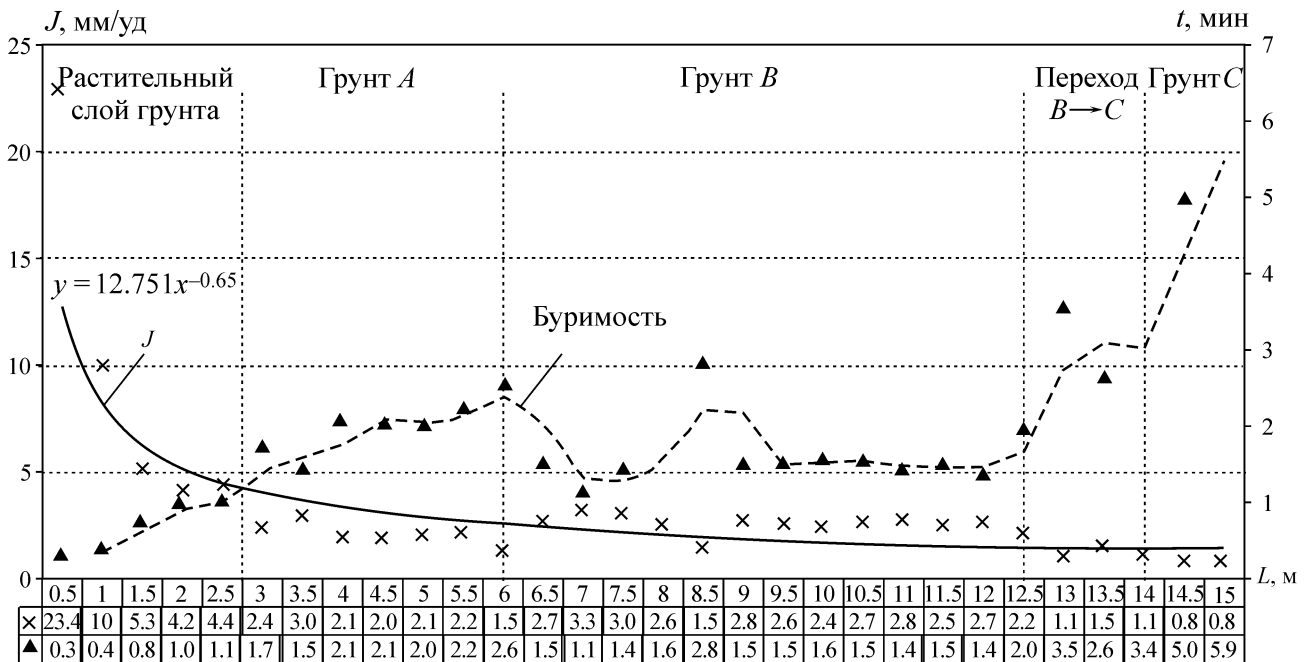


Рис. 5. Оценка эффективности виброударного бурения по грунтам

Видно, что скорость прохождения скважины с ее одновременным обсаживанием трубного става зависит от физико-механических свойств грунта и уменьшается при снижении пластичности. Показатель J , характеризующий механическую скорость бурения, изменяется умеренно, что свидетельствует о возможности применения виброударного бурения на объектах с более мощными грунтовыми слоями. Бурение предложенным способом по скальным грунтам (алевролитам) осуществлено впервые в мировой практике, из чего следует, что он имеет потенциал

более широкого применения, например, для образования скважин (котлованов) под опоры контактной сети электрифицируемых железных дорог в сложных горно-геологических и горно-технических условиях БАМа.

На основании проведенных полевых испытаний можно утверждать, что представленная технология позволяет исключить из действующего технологического цикла АО “СУЭК-Кузбасс” операции по бурению шарошечными долотами, обсадке и бетонированию затрубного пространства. Дальнейшие усилия по ее совершенствованию будут направлены на повышение производительности бурения путем снижения времени вспомогательных операций за счет автоматизации процессов позиционирования буровой платформы и обсадной трубы, монтажа и демонтажа ударного модуля, а также выбора рациональных параметров пневмомолота и интервалов очистки трубы при порционном удалении керна.

ВЫВОДЫ

Технология установки кондукторов в грунтах при сооружении дегазационных скважин с поверхности исключает аварийные ситуации, связанные с неустойчивостью стенок скважины как на этапе бурения, так и при обсадке. Способ виброударного бурения обеспечивает прохождение скважин с их одновременным обсаживанием трубой диаметром 426 мм по пластичным и скальным грунтам прочностью от 0 до 32.8 МПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Kurta I. V., Korshunov G. I., Pavlov I. A., and Yutyaev E. P. Metanoobilnosti high dependence on the speed of lava podviganiya stope (for example, the mines of OAO “SUEK-Kuzbass”), Mining Information Analytical Bulletin, 2012, no. 4, pp. 200–203 (in Russian) [Курта И. В., Коршунов Г. И., Павлов И. А., Ютяев Е. П. Зависимость метанообильности высокопроизводительных лав от скорости подвигания очистного забоя (на примере шахт ОАО “СУЭК-Кузбасс”) // ГИАБ. — 2012. — № 4. — С. 200–203.]
2. Malyshev Yu. N. and Litvinenko V. S. Analysis of the state and technology of coal mining in Russia and abroad, Coal, 1995, no. 7 (832), pp. 28–31 (in Russian) [Малышев Ю. Н., Литвиненко В. С. Анализ состояния и технологии добычи угля в России и за рубежом // Уголь. — 1995. — № 7 (832). — С. 28–31.]
3. RD 15-09-2006. Guidelines on the procedure for degassing coal mines, Moscow, JSC “Scientific and Technical Center for Safety in Industry”, 2007, Ser. 05, vol. 14, 256 pp. (in Russian) [РД 15-09-2006. Методические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт. — М.: ОАО “Научно-технический центр по безопасности в промышленности”, 2007. — Сер. 05. — Вып. 14. — 256 с.]
4. Lekontsev Yu. M., Sazhin P. V., Temiryayeva O. A., Khoreshok A. A., and Ushakov S. Yu. Two-side sealer operation, Journal of Mining Science, 2013, vol. 49, no. 5, pp. 757–762 (in Russian) [Леконцев Ю. М., Сажин П. В., Темиряева О. А., Хорешок А. А., Ушаков С. Ю. Исследование режимов работы уравновешенного герметизатора // ФТПРПИ. — 2013. — № 5. — С. 91–98.]
5. SUEK-Kuzbass enterprise for degassing works received new PRAKLA RB-50 drilling rigs, Access mode: <http://www.miner.ru/info/1262/> (in Russian) [Предприятие компании СУЭК-Кузбасс для дегазационных работ получило новые буровые установки “PRAKLA RB-50” [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.miner.ru/info/1262/>]
6. Timonin V. V., Alekseev S. E., Karpov V. N., and Chernienkov E. M. Influence of DTH hammer impact energy on drilling-with-casing system performance, Journal of Mining Science, 2018, vol. 54, no. 1, pp. 53–60 [Тимонин В. В., Алексеев С. Е., Карпов В. Н., Черниенков Е. М. Влияние энергетических параметров погружного пневмоударника на технико-экономические показатели бурения скважин с одновременной обсадкой // ФТПРПИ. — 2018. — № 1. — С. 61–70.]

7. **Jungmeister D. A., Lavrenko S. A., Isaev A. I., Maksarov V. V., Sokolova G. V., and Ivanov A. V.** Modernized complex for driving special workings at the metrostroy mines in difficult mining and geological conditions, *Mining Equipment and Electromechanics*, 2014, no. 4 (101), pp. 30–10 (in Russian) [**Юнгмейстер Д. А., Лавренко С. А., Исаев А. И., Максаров В. В., Соколова Г. В., Иванов А. В.** Модернизированный комплекс для проходки специальных выработок на шахтах “метростроя” в сложных горно-геологических условиях // *Горное оборудование и электромеханика*. — 2014. — № 4 (101). — С. 30–10.]
8. **Dvoynikov M. V.** Studies of technical and technological parameters of drilling deviated wells, *Notes of the Mining Institute*, 2017, vol. 223, pp. 86–92 (in Russian) [**Двойников М. В.** Исследования технико-технологических параметров бурения наклонных скважин // *Записки Горного института*. — 2017. — Т. 223. — С. 86–92.]
9. **Nikolaev N. I. and Ivanov A. I.** Improving the efficiency of drilling oil and gas wells in difficult conditions, *Notes of the Mining Institute*, 2009, vol. 183, pp. 308–310 (in Russian) [**Николаев Н. И., Иванов А. И.** Повышение эффективности бурения нефтяных и газовых скважин в осложненных условиях // *Записки Горного института*. — 2009. — Т. 183. — С. 308–310.]
10. **Danilov B. B., Kondratenko A. S., Smolyanitsky B. N., and Smolentsev A. S.** Improvement of Pipe Pushing Method, *Journal of Mining Science*, 2017, vol. 53, no. 3, pp. 478–483 (in Russian) [**Данилов Б. Б., Кондратенко А. С., Смоляницкий Б. Н., Смоленцев А. С.** Совершенствование технологии проходки скважин в грунте методом продавливания // *ФТПРПИ*. — 2017. — № 3. — С. 57–64.]
11. **Danilov B. B., Smolyanitskii B. N.** Methods to gain better efficiency of driving steel pipes into the ground by the pneumatic hammers, *Journal of Mining Science*, 2005, vol. 41, issue 6, pp. 566–572 [**Данилов Б. Б., Смоляницкий Б. Н.** Пути повышения эффективности забивания в грунт стальных труб пневматическими молотами // *ФТПРПИ*. — 2005. — № 6. — С. 81–88.]
12. **Chervov V. V. and Kondratko A. S.** Research of operating modes balanced dock, *Machinery for construction*, 2006, no. 1, pp. 8–12 (in Russian) [**Червов В. В., Кондратенко А. С.** Исследование режимов работы уравновешенного герметизатора // *Механизация строительства*. — 2006. — № 1. — С. 8–12.]
13. **Aleksandrova N. I.** Influence of soil plug on pipe ramming process, *Journal of Mining Science*, 2017, vol. 53, no. 6, pp. 1073–1084 [**Александрова Н. И.** О влиянии внутренней грунтовой пробки на процесс ударного забивания трубы // *ФТПРПИ*. — 2017. — № 6. — С. 114–126.]
14. **Aksenov V. V., Khoreshok A. A., Ananyev K. A., and Ermakov A. N.** Development of circuit designs of subterrene operating members, *News of the higher institutions, Mining Journal*, 2014, no. 3, pp. 73–76 (in Russian) [**Аксенов В. В., Хорешок А. А., Ананьев К. А., Ермаков А. Н.** Разработка схемных решений исполнительных органов геоходов // *Изв. вузов. Горн. журнал*. — 2014. — № 3. — С. 73–76.]
15. **Aleksandrova N. I.** Numerical-analytical investigation into impact pipe driving in soil with dry friction. Part II: Deformable external medium, *Journal of Mining Science*, 2013, vol. 49, no. 3, pp. 413–425 [**Александрова Н. И.** Численно-аналитическое исследование процесса ударного погружения трубы в грунт с сухим трением. Ч. II. Внешняя среда деформируема // *ФТПРПИ*. — 2013. — № 3. — С. 91–107.]
16. **Wu W., El Naggar M. H., Abdllahem M., Mei G., and Wang K.** A new interaction model for the vertical dynamic response of pipe piles considering soil plug effect, *Can. Geotech. J.*, 2017, vol. 54, no. 7, pp. 877–1001.
17. **Zheng C. J., Liu H. L., Kouretzis G. P., Sloan S. W., and Ding X. M.** Vertical response of a thin-walled pipe pile embedded in viscoelastic soil to a transient point load with application to low-strain integrity testing, *Computers and Geotechnics*, 2015, vol. 70, pp. 50–59.
18. **Schrank J. S., Havekost M. D., and Njoloma S. M.** Pipe ramming under three active railroad lines in difficult soil conditions, *International no-dig show 2009*, The North American Society (NASTT) and the International Society for Trenchless Technology (ISTT), Toronto, Canada, 2009, Paper F-2-05, pp. 1–10.

19. **Meskele T. and Stuedlein A.** Attenuation of pipe ramming-induced ground vibrations, *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 2016, vol. 7, no. 1, 04015021, pp. 1–12.
20. **Geleta V. P., Wanag Y. V., and Tishchenko I. V.** Increase in efficiency of the driving of wells by method of vibro-impact pushing, *Bulletin KuzGTU*, 2016, no. 6, pp. 82–89 (in Russian) [Гилета В. П., Ваняг Ю. В., Тищенко И. В. Повышение эффективности проходки скважин методом виброударного продавливания // Вестник КузГТУ. — 2016. — № 6. — С. 82–89.]
21. **Kondratenko A. S., Timonin V. V., Abirov A. A., Gosmanov M. K., Esenov B. U., and Zharkenov E. B.** Safe trenchless horizontal and inclined hole-making technology, *Bulletin KuzGTU*, 2014, no. 1, pp. 40–44 (in Russian) [Кондратенко А. С., Тимонин В. В., Абиров А. А., Госманов М. К., Есенов Б. У., Жаркенов Е. Б. Технология безопасного сооружения бестраншейных горизонтально-наклонных скважин // Вестник КузГТУ. — 2014. — № 1. — С. 40–44.]
22. **Smolyanitsky B. N., Oparin V. N., Denisova E. V., et al.** Modern technologies of construction of extended wells in soil massifs and technical means of control of their trajectory, Publishing house of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, 2016, 237 pp. (in Russian) [Смоляницкий Б. Н., Опарин В. Н., Денисова Е. В. и др. Современные технологии сооружения протяженных скважин в грунтовых массивах и технические средства контроля их траектории. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. — 237 с.]
23. **Pat. 2662743 RF.** Mining and construction machinery actuators impact process on the developed geo-environment solid mass study method / V. N. Karpov, V. V. Timonin, A. K. Tkachuk, A. I. Kokurin, E. M. Chernenko, and N. N. Zabolotskaya, *Vyull. Izobret.*, 2017, no. 22 (in Russian) [Пат. 2662743 РФ. Способ исследования процесса воздействия исполнительных органов горных и строительных машин на разрабатываемый массив геосреды / В. Н. Карпов, В. В. Тимонин, А. К. Ткачук, А. И. Кокурин, Е. М. Черниенков, Н. Н. Заболоцкая // Оpubл. в БИ. — 2017. — № 22.]
24. **GOST P 58325-2018.** Soils. Field description, Moscow, Standartinform, 2018, 27 pp. [ГОСТ P 58325-2018. Грунты. Полевое описание. — М.: Стандартинформ, 2018. — 27 с.]
25. **Repin A. A., Karpov V. N., Vorontsov D. S., Timonin V. V., Alekseev S. E., and Shakhtorin I. O.** Railway drilling pack for overhead structures installation in permafrost zone in Siberia and the Russian Far East, *Fundamental and Applied Mining Science*, 2014, vol. 2, no. 1, pp. 162–169 (in Russian) [Репин А. А., Карпов В. Н., Воронцов Д. С., Тимонин В. В., Алексеев С. Е., Шахторин И. О. К созданию железнодорожного комплекса для бурения скважин под опоры контактной электросети в криолитозоне Сибири и Дальнего Востока // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. — Т. 2. — № 1. — 2014. — С. 162–169.]