

**ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ
РАЗРАБОТКЕ ФОСФОРИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**
**Арипов А.Т.¹, Меликулов А.Д.², Умедов Ш.Х.³, Шамаев М.К.⁴, Меликулов У.А.⁵,
Ойдинов М.Б.⁶**

¹Арипов Аброржон Турсунбаевич – генеральный директор;

²Меликулов Абдусаттар Джаббарович – заместитель генерального директора,
ООО «Спецуправление № 75», г. Ташкент;

³Умедов Шерали Халлокович – доктор технических наук, профессор,
Ташкентский государственный технический университет им. И.А. Каримова, г. Ташкент;

⁴Шамаев Мурат Курбанбаевич – старший преподаватель,
Алмалыкский филиал, Ташкентский государственный технический университет им. И.А. Каримова, г. Алмалык;

⁵Меликулов Умиджон Абдусаттор угли – базовый докторант,
Ташкентский государственный технический университет им. И.А. Каримова, г. Ташкент;

⁶Ойдинов Мамарасул Бобокүлович – начальник участка №6 буровзрывных работ,
ООО «Спецуправление № 75», г. Навои,
Республика Узбекистан

Аннотация: в статье рассматриваются особенности горно-геологических условий разработки фосфоритового месторождения. Мало мощные пласты фосфоритов покрыты вскрышными осадочными породами, которые содержат хаотично расположенные включения плотных глин, мергелей, гравелитов, известняков и песчаников, прочностные свойства которых до 8-15 раз отличаются от свойств вмещающих пород. Эти включения распределены хаотично в объеме вскрышных пород и полезного ископаемого и ощутимо усложняют работу выемочных машин, затрудняют выполнение буровзрывных работ. Использована методика определения величины удельного расхода взрывчатого вещества по данным бурения взрывных скважин, которая позволяет учитывать корреляционную зависимость между энергетическими характеристиками процессов бурения и взрывного разрушения массива горных пород.

Ключевые слова: карьер, массив пород, месторождение, буровзрывные работы, экскавация, разнопрочные породы.

**FEATURES OF DRILLING AND BLASTING WORKS DURING DEVELOPMENT
OF PHOSPHORITE DEPOSIT**

**Aripov A.T.¹, Melikulov A.D.², Umedov Sh.Kh.³, Shamaev M.K.⁴, Melikulov U.A.⁵,
Oyidinov M.B.⁶**

¹Aripov Abrorzhon Tursunbaevich – General Director;

²Melikulov Abdusattar Jabbarovich – Deputy General Director,
LLC "SPECIAL ADMINISTRATION NO. 75", TASHKENT;

³Umedov Sherali Hallokovich – Doctor of Technical Sciences, Professor,
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER. I.A. KARIMOVA, TASHKENT;

⁴Shamaev Murat Kurbanbaevich – senior lecturer,
ALMALYK BRANCH, TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER. I.A. KARIMOVA, ALMALYK;

⁵Melikulov Umidjon Abdusattor coals – basic doctoral student,
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER. I.A. KARIMOVA, TASHKENT;

⁶Oyidinov Mamarasul Bobokulovich – head of drilling and blasting section No. 6,
LLC "SPECIAL ADMINISTRATION NO. 75", NAVOI,
REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Abstract: the article discusses the features of mining and geological conditions for the development of a phosphorite deposit. Thin layers of phosphorite are covered with overburden sedimentary rocks, which contain chaotically located inclusions of dense clays, marls, gravelites, limestones and sandstones, the strength properties of which differ up to 8-15 times the properties of the host rocks. These inclusions are distributed chaotically throughout the volume of overburden and minerals and significantly complicate the work of excavation machines drilling and blasting operations. A technique was used to determine the specific consumption of explosives based on blast hole drilling data, which makes it possible to take into account the correlation between the energy characteristics of the drilling processes and the explosive destruction of rock massif.

Keywords: quarry, rock mass, deposit, drilling and blasting, excavation, rocks of different strengths.

Джерой–Сардаринское месторождение фосфоритов расположено в Центральных Кызылкумах на территории Навоийской области Узбекистана и занимает площадь более 500 км². Разработка месторождения начата в 1996г. Навоийским горно-металлургическим комбинатом, в составе которого в суровых пустынных условиях был возведен и введен в действие Кызылкумский фосфоритовый комплекс [19].

Выявленные здесь фосфориты относятся к широко распространенному зернистому карбонатному типу и по фациальному составу являются аналогами крупнейших месторождений фосфоритов Африкано-Аравийской провинции, но отличаются относительно низким содержанием в руде полезного компонента. Перерабатываемые на действующих предприятиях целого ряда стран (Марокко, Алжира, Туниса, Иордании, Израиля, Египта, Ирана и др.) фосфориты подобного типа содержат 20-30% P₂O₅, товарные фосфоконцентраты содержат от 27 до 35% P₂O₅, которые используются в производстве минеральных удобрений

Разведанная часть в пределах Джерой-Сардаринского месторождения была условно разделена на восемь участков, из них до начала разработки были детально разведаны запасы на 3-х участках. Утвержденные геологические запасы только по этим участкам до глубины 50 м составили 223,9 млн.т руды со средним содержанием фосфорного ангидрида 19,42%.

Зернистые фосфориты этого месторождения представляют собой оолиты с песчаным ядром, окруженным фосфатным веществом, и чаще всего сцементированы глинистым и карбонатным материалом, вследствие чего достаточно легко обогащаются по стандартным схемам.

Пластовые месторождения осадочного происхождения характеризуются значительными размерами в плане и мощной толщей рыхлых песчано-глинистых пород, покрывающих относительно маломощные пласты полезного ископаемого, что предопределило возможность строительства карьеров большой производительности с применением поточных технологических схем ведения горных работ. При этом в качестве основного выемочно-погрузочного оборудования в таких схемах использовались роторные экскаваторы с невысоким усилием копания [5].

Практика разработки таких месторождений показала, что использование на ряде карьеров поточных технологических схем затруднено из-за наличия в рыхлых породах включений плотных глин, мергелей, гравелитов, известняков и песчаников, прочностные свойства которых резко (до 8-15 раз) отличаются от свойств вмещающих пород. Эти включения распределены неравномерно и хаотично не только в толще рыхлых вскрышных пород, но и в пластах полезного ископаемого. Кроме того, они, как правило, не поддаются непосредственному разрушению рабочим органом выемочной машины, поскольку сопротивление таких включений копанию превышает усилие копания экскаваторов не только непрерывного, но даже и циклического действия. Модернизация рабочих органов роторных экскаваторов с повышенным усилием копания расширило область применения поточных технологических схем, но проблему не решило. Затем были реализованы программы исследований по практическому обеспечению эффективности технологии разработки разнопрочных породных массивов на основе взрывного способа их подготовки к селективной экскавации и транспортированию. При этом возникла необходимость решения комплекса задач исследовательского характера, поскольку обычные инженерные методики технического управления энергией взрыва, основанные на принципе пропорциональности расхода взрывчатых веществ (с учетом всей совокупности свойств ВВ и характера воздействия на разрушаемый массив) объему взрываемых пород, не позволяют в условиях взрывания разнопрочных массивов обеспечить требуемое качество взрывного рыхления [6, 8].

Применение способа взрывного рыхления разнопрочных породных массивов потребовало изучения закономерностей распределения крепких включений в породном массиве, а также разработки методов и средств оперативного определения их пространственного положения, геометрических параметров и основных физико-механических свойств [13].

Неопределенность пространственного положения крепких включений в толще рыхлых или относительно малопрочных пород в сочетании с изменчивостью их геометрических размеров потребовала разработки новых методик расчета параметров буровзрывных работ, ориентированных на создание максимальных взрывных напряжений именно там, где залегают такие включения. Причем, взрывное рыхление крепких включений в пластах полезного ископаемого неизбежно ведет к перемешиванию разных сортов горной массы, увеличению потерь и разубоживания кондиционного сырья. Поэтому возникла необходимость разработки технологических приемов ведения буровзрывного комплекса работ с возможным сохранением геологической структуры разрушаемого массива. Краткие сведения об основных физико-механических свойствах пород приведены в таблице.

Применение высокопроизводительных роторных экскаваторов связано с отработкой массивов высокими (до 30-40 м и более) уступами. Взрывное рыхление пород в таких уступах потребовало бурения взрывных скважин больших (более 300 мм) диаметров.

Это потребовало разработки способа буровзрывных работ на основе применения имеющегося

современного бурового оборудования передовых мировых производителей, которое обеспечивает высокую эффективность взрывного рыхления пород высокими уступами.

Таблица 1. Основные физико-механические свойства пород.

Показатели	Песок эоловый, супеси, суглинки, дресва	Гравелиты загипсованные на известняковистом цементе	Глина плотная известковистая, загипсованная	Мергель глинистый	Фосфориты крепкоцементированные
Мощность слоя, $\left(\frac{\text{от-до}}{\text{средн}}\right)$, м	$\frac{0,5-4,0}{1,2}$	$\frac{0,8-9,0}{3,2}$	$\frac{0-25}{10,2}$	$\frac{8-15}{10,2}$	$\frac{0,35-1,05}{0,63}$
Объемная масса, $\left(\frac{\text{от-до}}{\text{средн}}\right)$, т/м ³	$\frac{1,36-1,96}{1,78}$	$\frac{2,0}{-}$	$\frac{1,61-2,09}{1,85}$	$\frac{1,64-2,0}{1,86}$	$\frac{2,17-2,37}{2,27}$
Влажность, %	$\frac{2,8}{-}$	$\frac{3,2}{-}$	$\frac{15,6}{-}$	$\frac{6,6}{-}$	$\frac{2,24}{-}$
Пористость, %	$\frac{39,0}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{31,0}{-}$	$\frac{31,9}{-}$	$\frac{13,9}{-}$
Предел прочности на сжатие, МПа	$\frac{0,06-1,42}{0,42}$	$\frac{\text{До } 50}{-}$	$\frac{1,4-22,1}{11,0}$	$\frac{3,1-34,3}{15,0}$	$\frac{38,9-49,4}{45,7}$
Коэффициент крепости по М.М. Протодяконову	$\frac{0,2-1,4}{-}$	$\frac{4-5}{-}$	$\frac{2}{-}$	$\frac{2-4}{-}$	$\frac{3-5}{-}$
Коэффициент разрыхления	$\frac{1,2}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{1,29}{-}$	$\frac{1,28-1,36}{-}$	$\frac{1,42}{-}$

Разработанные технологические методы и средства подверглись практической проверке в условиях действующих карьеров с разнообразными горно-геологическими условиями. При этом использовался также опыт взрывного рыхления скальных пород для циклично-поточной технологии. Это связано с тем, что в ряде случаев при разработке пластовых месторождений с разнопрочными породами возникала необходимость в трансформации поточной технологии в циклично-поточную [25].

С инженерно-технологических позиций на месторождении выделяются следующие группы пород. Продуктивная толща, в состав которой входят шесть фосфоритовых пластов, из них промышленное значение имеют лишь I и II (сверху вниз) фосфоритовые пласты. Вмещающими пласты породами являются эоценовые мергели, которые вблизи кровли II пласта имеют коэффициент крепости от 2 до 4-5.

Средняя мощность I и II фосфопластов составляет соответственно 0,63 и 0,66 м. Пласты выдержаны на большом протяжении и характеризуются устойчивой сплошностью и очень незначительными колебаниями мощности. Пласты (I и II) разделяются пустыми породами мощностью от 10 м до 13 м. Верхний пласт перекрыт четвертичными суглинками, песком со слоями песчаника, гравия, глины и мергелей, мощность которых увеличивается от краев к середине от 0 до 50 м. На первоочередных участках горных работ средняя мощность над кровлей I-пласта составляет в среднем 15 м. Средний коэффициент вскрыши составляет 10,2 м³/т [20, 23].

При таких значениях коэффициента вскрыши необходимо выполнение значительных объёмов вскрышных работ, что является главным фактором эффективности при выборе техники и технологии вскрышных работ. Преобладание слабых вскрышных пород является основанием для использования поточных технологических схем разработки с применением роторных экскаваторов, машин послыйного резания и конвейерного транспорта.

Внешняя вскрыша – это породы, расположенные над первым пластом. Их мощность колеблется от 5 до 50 м (в основном 12-20 м). Они представлены сверху вниз лессовидными суглинками с прослоями песчано-гравийной смеси, глинами, известковистыми глинами и мергелями. Последние располагаются непосредственно над первым пластом, их мощность 0 ÷ 4 м, в среднем 2 м, коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова изменяется до 3.

Эксплуатационная разведка месторождения и последующий опыт выявили, что среди четвертичных отложений внешней вскрыши встречаются крепкие пропластки, цементированные гипсом и карбонатом с коэффициентом крепости до 4 и более, среди глин – участки плотных и карбонатизированных глин повышенной крепости с коэффициентом крепости до 3. К внутренней вскрыше отнесены полускальные мергели, которые залегают между первым и вторым фосфопластами. Их отличает повышенный коэффициент крепости, достигающий значений 4 ÷ 5. Мощность мергелей колеблется от 8–9 до 15 м и в среднем – 10,2м [29].

Буровзрывные работы в значительной мере определяют себестоимость добычи полезных ископаемых. При этом качество взрывной подготовки горной массы к выемке существенным образом зависит от выбора параметров буровзрывных работ в соответствии со свойствами пород в границах выемочного

блока [24, 39]. В этой связи большую научно-практическую значимость имеет разработка способов экспрессного исследования свойств грунтов.

Наиболее точно свойства горных пород характеризуются трудностью и энергоёмкостью бурения взрывных скважин [1, 14, 28, 36]. Если буримость и крепость пород по хронометражу бурения может быть определена достаточно точно, то взрываемость [3, 9, 38] без учёта среднего размера отдельности в массиве не может быть определена. Этим и обусловлено то, что при производстве БВР параметры процесса бурения скважин не измеряются и не учитываются при корректировочных расчётах [2, 15, 30, 32].

С другой стороны, следует обратить внимание на формулы В.В. Ржевского по расчёту эталонного удельного расхода ВВ и показателя трудности бурения в зависимости от физико-механических свойств горных пород [26, 31, 33, 34]. Известно, что показатель буримости и удельный расход ВВ связаны через физико-механические свойства горных пород. Следовательно, эталонный расход ВВ можно выразить через информацию о показателе трудности бурения массива. Эта информация формируется в результате обуривания всего блока (поскважинно). На этой стадии руководителем взрывных работ обычно производится корректировочный расчет массового взрыва на карьере [21, 35].

На рис.1 показан пример зависимости энергоёмкости бурения взрывных скважин от крепости горных пород на основе данных хронометража бурения взрывных скважин. Аналогичные зависимости рассматривались в разное время также и другими исследователями [16, 17].

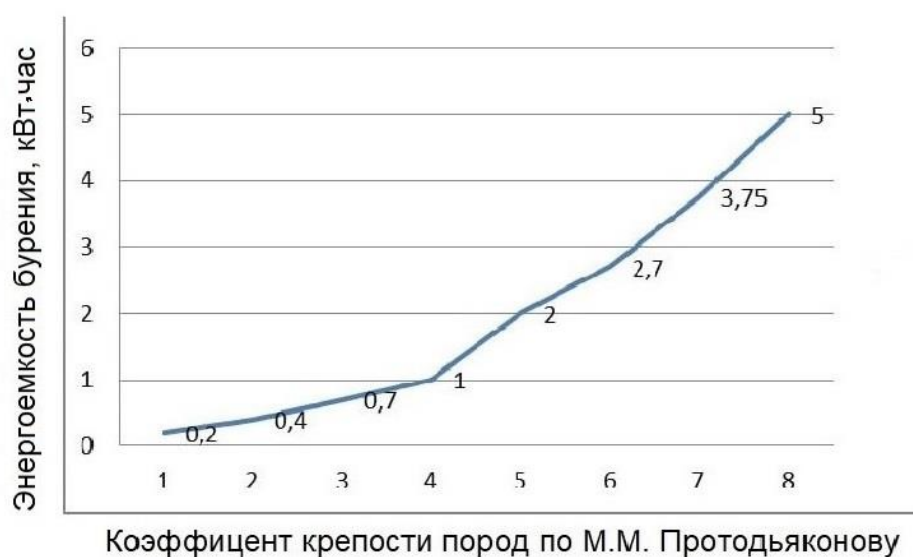


Рис.1. График зависимости энергоёмкости бурения от коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М. Протоdjяконова.

На основании полученных результатов использована методика определения величины удельного расхода ВВ по данным бурения взрывных скважин, которая позволяет учитывать корреляционную зависимость между энергетическими характеристиками процессов бурения и взрывного разрушения массива горных пород, а также уточнять массу зарядов ВВ по каждой скважине выемочного блока [10, 11, 12].

Другое направление совершенствования буровзрывных работ на карьерах должно обеспечить снижение затрат на производство и использование эмульсионных ВВ. После ввода в эксплуатацию завода по производству ЭВВ (в 2005 г.) себестоимость взрывания 1 м³ горной массы снизилась в 1,5 раза и составила 0,20-0,24 \$ [7, 37].

При расчетном обосновании параметров взрывных работ за основной критерий оптимизации затрат принимается размер среднего куска взорванной массы, которым определяется эффективность конкретного технологического процесса – взрывных работ [4, 18]. Например, одним из важнейших требований к параметрам БВР является обеспечение во взорванной руде содержания фракций –100 мм до 80 %, что оптимизирует в последующем процесс самоизмельчения на гидromеталлургическом заводе [22, 27]. В связи с этим, на карьере внедрена технология БВР, обеспечивающая оптимальную интенсификацию взрывного воздействия на дробление руды. В результате выход негабарита в рудной зоне снизился с 1,5 до 0,9±0,02 %. Такая технология существенно сокращает энергоёмкость и тем самым повышает эффективность последующих стадий рудоподготовки (механическое дробление и измельчение) и позволяет получить экономический эффект в условиях всего горно-перерабатывающего комплекса.

Список литературы / References

1. Андриевский А.П., Ахпашев Б.А. О повышении эффективности взрывного дробления породного массива с использованием рассредоточенных скважинных зарядов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2017. №2. С.46-51.
2. Анистратов К.Ю., Донченко Т.В., Опанасенко П.И., Строгий И.Б. Анализ рынка буровых станков для открытых горных работ горнодобывающих предприятий России // Горная промышленность, 2018. №2. С. 84 – 89. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-2-138-84-98.
3. Анищенко В.И., Атрушкевич В.А. Влияние конструкции бурового станка на эффективность бурения скважин // Устойчивое развитие горных территорий. 2021. Т.13. №4(50). С. 383 – 393. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-3-383-393.
4. Арипов А.Т., Меликулов А.Д., Умедов Ш.Х., Сагдиев Х.С., Меликулов У.А. Натурные экспериментально-геофизические замеры изменчивости характеристик сейсмозрывных волн на карьерах // Горные машины и технологии, 2023. № 4. С. 52 – 59.
5. Бибик И.П., Ивановский Д.С. Технологические особенности производства буровзрывных работ в условиях разработки пластового месторождения фосфоритов // Горн. вестн. Узб-на. 2006. № 1. С. 27–30.
6. Бибик И.П., Лунин С.В., Джос В.Ф. Взрывание высоких уступов в карьере Мурунтау // Горный журнал. 2007. №5. С. 52 – 54.
7. Бибик И.П., Рахманов Р.А., Ивановский Д.С. Повышение эффективности взрывного рыхления разнопрочных массивов при разработке месторождения фосфоритов // Горный журнал. 2008. – № 8. – С. 43–47.
8. Гилёв А.В., Шигин А.О., Чесноков В.Т., Белозеров И.Р. Повышение эффективности эксплуатации буровой техники на горных предприятиях. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2013. – 372 с.
9. Гришин А.Н., Гаврилов В.Л., Немова Н.А., Резник А.В. О цифровом проектировании процессов взрывания на открытых горных работах // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук, 2021. Т.8. № 2. С. 138 – 145. DOI: 10.15372/FPVGN2021080221.
10. Жариков С.Н. О способах изучения свойств грунтов для повышения эффективности буровзрывных работ // Вестник Кузбасского государственного университета. 2016. № 6. С. 3 – 7.
11. Ишейский В.А., Мартынушкин Е.А., Васильев А.С., Смирнов С.А. Особенности сбора данных в процессе бурения взрывных скважин для формирования геоструктурных блочных моделей // Устойчивое развитие горных территорий. 2021. Т.13. №4(50). С. 608 – 619. DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-4-608-619.
12. Карпов В.Н., Тимонин В.В., Конуринов А.И., Черниенков Е.М. О проблемах повышения производительности буровых работ на отечественных рудниках // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук, 2018. Т.5. № 2. С.46–56.
13. Коломникова С.С. Управление энергией скважинных зарядов ВВ в условиях разработки разнопрочных горных массивов при циклично–поточной технологии // ГИАБ, 2007. № S5. С. 81 – 93.
14. Котенко Е.А., Мальгин О.Н., Рубцов С.К., Филь В.И. Опыт буровзрывной подготовки мергелей и плотных глинистых пород для поточной технологии их разработки // Горн. вестн. Узб-на. 2001. № 1. С. 63 – 67.
15. Котьяшев А.А. Закономерности изменения условий и показателей эксплуатации буровзрывного комплекса на открытых горных разработках // Известия вузов. Горный журнал. 2018. №8. С. 34 – 40. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-8-34-40.
16. Крюков Г.М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании. Ч.2. Разрушение горных пород при бурении. – М.: МГГУ, 2007. – 106 с.
17. Кузнецов В.А. Обобщенная прогнозная оценка себестоимости бурения взрывных скважин и шпуров // ГИАБ, 2007. №5. С. 126-136.
18. Кургузов В.Д. Сравнительный анализ критериев разрушения искусственных строительных материалов и горных пород // ФТПРПИ, 2019. № 5. С.79-81.
19. Кучерский Н.И., Толстов Е.А., Михин О.А., Мазуркевич А.П., Иноземцев С.Б. Кызылкумский фосфоритный комплекс: поэтапное освоение месторождения фосфоритов // Горн. вестник Узб-на. 2001. № 1. С. 4 – 9.
20. Мальгин О.Н., Иноземцев С.Б., Кох Р. Селективная отработка фосфопластов фрезерным горным комбайном MTS-250 // Горный вестник Узбекистана. 2001. № 1. С. 42 – 65.
21. Мальгин О.Н., Сытенков В.Н., Рубцов С.К. Взрывное рыхление разнопрочных пород для поточных технологий разработки пластовых месторождений. Ташкент: Фан, 2006. – 220 с.
22. Мальгин О.Н., Сытенков В.Н., Рубцов С.К. Оптимизация типов взрывчатых веществ для карьера Мурунтау // Записки Горного института. 2001. Т.148. №1. С. 197-199.
23. Медников Н.Н., Шеметов П.А., Федеянин С.Н. Основные положения формирования технологических

- схем и грузопотоков руды и вскрыши при эксплуатации фосфоритового карьера // Горный вестник Узбекистана. 2001. № 1. С. 49 – 52.
24. *Норкин Н.А., Тарзиев Р.А., Кочегаров Е.Н.* Анализ и оценка проектных решений разработки фосфоритового месторождения Ташкура // Горный вестник Узбекистана. 2001. № 1. С. 36 – 65.
 25. *Образцов А.И., Норкин Н.А., Тарзиев Р.А., Мамохин И.И., Кулешов А.Ю.* Горно-геологические особенности разработки участка Ташкура Джерой-Сардаринского фосфоритового месторождения // Горный вестник Узбекистана. 2001. № 1. С. 17 – 19.
 26. *Ракишев Б.Р., Кушпанов М.С.* Удельные энергозатраты при различных уровнях дробления горных пород // Записки Горного института. 2001. Т.148(1). С.150-154.
 27. *Рахимов В.Р., Пьянков А.Г., Шеметов П.А., Петросов Ю.Э.* Совершенствование параметров БВР в глубоких карьерах с циклично-поточной технологией // Горный журнал. 2013. № 8-1. С. 26 – 29.
 28. *Рубцов С.К., Ершов В.П., Бибик И.П.* Определение безопасной величины «недобура», обеспечивающего сохранность фосфопластов от взрывного воздействия // Горный вестник Узбекистана, 2005. №3(22). С. 50 – 51.
 29. *Рубцов С.К., Шеметов П.А.* Управление взрывным воздействием на горный массив при открытой разработке месторождений. Ташкент: Фан, 2011. 400 с.
 30. *Рубцов С.К., Шлыков А.Г., Бибик И.П.* Буровое оборудование для бурения взрывных скважин на карьере месторождения Ташкура // Горный вестник Узбекистана, 2001. №1. С. 91 – 93.
 31. *Снитка Н.П., Насиров У.Ф., Мислибаев И.Т., Нутфуллоев Г.С.* Ресурсосберегающие технологии ведения буровзрывных работ на карьерах. Ташкент: Фан, 2017. 256 с.
 32. *Сытенков В.Н., Бибик И.П., Рахманов Р.А.* Результаты опытно-промышленных работ по уточнению параметров БВР в карьере Ташкура // Горный вестник Узбекистана, 2007. № 4. С. 30–38.
 33. *Сытенков В.Н.* Энергопотребление технологических процессов как критерий выбора наилучших доступных технологий в системе «Карьер-ОФ» // Известия Тульского гос. технич. университета. Науки о Земле. 2020. Вып.1. С. 315 – 327. DOI: 10.46689/2218-5194-2020-1-1-315-327.
 34. *Тангаев И.А.* Буримость и взрываемость горных пород. М.: Недра, 1978. 184с.
 35. *Толстов Е.А., Мальгин О.Н., Рубцов С.К.* Технологические схемы разработки вскрышных пород фосфоритового карьера и их технико-экономическая оценка // Горн. вестн. Узб-на. 2001. № 1. С. 40 – 65.
 36. *Тюпин В.Н., Игнатенко И.М., Марков К.Б.,* Автоматизированный расчет параметров взрывных работ на основе показателя буримости трещиноватого массива // Горный журнал, 2021. № 21. С. 75 –79.
 37. *Шеметов П.А.* Основные технологические решения по расширению георесурсного потенциала при освоении месторождения Мурунтау // Горный вестник Узбекистана, 2005. № 3. С.39–49.
 38. *Шлыков А.Г., Вахрушев Ю.П., Мальгин В.О.* Совершенствование техники и технологии бурения взрывных скважин в карьере «Мурунтау» // Горный журнал. 2007. №5. С. 54 – 57.
 39. *Яковлев А.В., Рождественский В.Н., Пьянзин С.Р.* Влияние структурных и физико-механических свойств пород на параметры буровзрывных работ // Известия вузов. Горный журнал. 2013. №5. С. 75–79.